

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Уфимский государственный авиационный технический университет»

МАВЛЮТОВСКИЕ ЧТЕНИЯ

XVI Всероссийская молодежная научная конференция

Том 1



Уфа 2022

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Уфимский государственный авиационный технический университет»

МАВЛЮТОВСКИЕ ЧТЕНИЯ

XVI Всероссийская молодежная научная конференция

Том 1

Научное электронное издание сетевого доступа

© УГАТУ
ISBN 978-5-4221-1643-0
ISBN 978-5-4221-1644-7 (Т. 1)

Уфа 2022

Мавлютовские чтения : материалы XVI Всероссийской молодежной научной конференции : в 6 томах [Электронный ресурс] / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа : УГАТУ, 2022.

Том 1. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – URL: https://www.ugatu.su/media/uploads/MainSite/Ob%20universitete/Izdateli/El_izd/2022-199.pdf

Содержатся статьи, включенные в программу XVI Всероссийской молодежной научной конференции, состоявшейся в УГАТУ 25–27 октября 2022 г.

Организационный комитет конференции:

Председатель оргкомитета:

Новиков С. В. – ректор ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ), канд. экон. наук, доцент (г. Уфа, Россия).

Зам. председателя оргкомитета:

Еникеев Р. Д. – первый проректор по науке УГАТУ, д-р техн. наук, профессор (г. Уфа, Россия);

Агеев Г. К. – проректор по инновационной деятельности УГАТУ, канд. техн. наук, доцент (г. Уфа, Россия).

Члены оргкомитета:

Вдовина И. В. – и. о. декана ФЗЧС, канд. хим. наук, доцент (г. Уфа, Россия);

Ахмедзянов Д. А. – декан ФАДЭТ, д-р техн. наук, профессор (г. Уфа, Россия);

Ларцева С. А. – директор ИНЭК, канд. экон. наук, доцент (г. Уфа, Россия);

Хусаинов Ю. Г. – директор ИАТМ, канд. техн. наук, доцент (г. Уфа, Россия);

Уразбахтина Ю. О. – декан АВИАЭТ, канд. техн. наук, доцент (г. Уфа, Россия);

Ковтуненко А. С. – и. о. декана ФИРТ, канд. техн. наук, доцент (г. Уфа, Россия);

Разяпов Т. В. – начальник отдела проектных инициатив (г. Уфа, Россия);

Бикбулатова О. Ф. – начальник УИТ (г. Уфа, Россия).

Отв. секретарь оргкомитета:

Никонова А. И. – аналитик отдела проектных инициатив (г. Уфа, Россия).

При подготовке электронного издания использовались следующие программные средства:

- Adobe Acrobat – текстовый редактор;
- Microsoft Word – текстовый редактор.

Материалы публикуются в авторской редакции

Ответственный за выпуск *Т. В. Разяпов*

Предпечатная подготовка *Р. М. Мухамадиева*

Программирование и компьютерный дизайн *О. М. Толкачёва*

Все права защищены. Книга или любая ее часть не может быть скопирована, воспроизведена в электронной или механической форме, в виде фотокопии, записи в память ЭВМ, репродукции или каким-либо иным способом, а также использована в любой информационной системе без получения разрешения от издателя. Копирование, воспроизведение и иное использование книги или ее части без согласия издателя является незаконным и влечет уголовную, административную и гражданскую ответственность.

Подписано к использованию: 19.10.2022

Объем: 17,1 Мб.

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет»

450008, Уфа, ул. К. Маркса, 12.

Тел.: +7-908-35-05-007

e-mail: rik@ugatu.su

СЕКЦИЯ 1.1
ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ
ВОЗДУШНЫХ СУДОВ И СИЛОВЫХ УСТАНОВОК

УДК 336.648

Р. И. АРСЛАНОВ

ruslanarсланov2001@gmail.com

Науч. руковод. – канд. экон. наук, доц. Ю. Т. МАНСУРОВА

Уфимский государственный авиационный технический университет

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ АСПЕКТОВ СТРАХОВАНИЯ
ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКИХ РИСКОВ

В условиях сложившейся экономической ситуации в наше время, предпринимательская деятельность активно развивается, но даже при самых благоприятных обстоятельствах она всегда будет подвергаться рискам.

Существует ряд основных методов снижения предпринимательских рисков, таких как диверсификация, лимитирование, страхование, хеджирование и создание резервных фондов. В настоящее время наиболее эффективным методом воздействия на риск считается страхование, что говорит об актуальности данного вопроса.

Как видно на рисунке 1 делится на страхование финансовых и предпринимательских рисков.

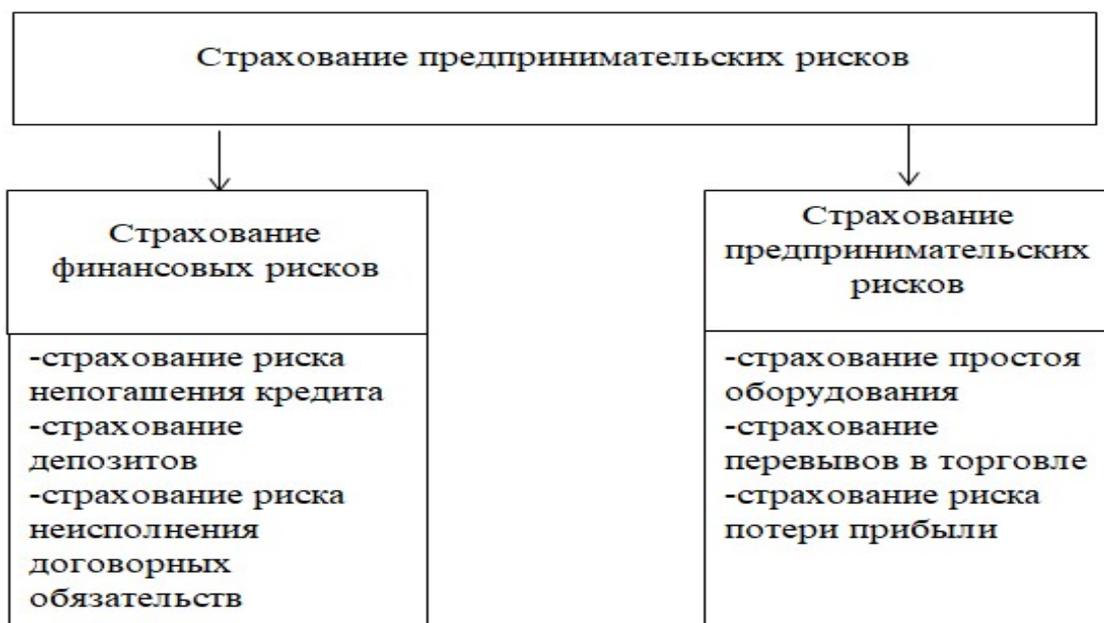


Рис. 1. Количество и объем ВС фондов в России

Страхование предпринимательских рисков позволяет полностью (либо частично) возместить убытки и потери прибыли, которые возникли по вине контрагента (партнера) либо по другим обстоятельствам, независимым от страхователя. На правовом уровне страхование рисков предпринимательской деятельности регулируют:

- Ст. 929 ГК РФ (о страховании предпринимательских рисков).
- Ст. 933 ГК РФ (страхование предпринимательских рисков исключительно самого страхователя и исключительно в его пользу).
- Ст. 947 ГК РФ (расчет, определение страховой суммы).
- Ст. 951 ГК РФ (о последствиях страхования сверх страховой стоимости).

На сегодняшний день страхование предпринимательских рисков помогает добиться компенсации не только потерянного дохода, но и ущерба от невозвращения имущества при невыполнении своих обязательств одной из сторон договора.

В качестве объектов выступают, прежде всего, различные имущественные интересы. При этом большую часть интересов можно защитить при помощи обычных видов страхования, таких как страхование имущества, транспортных средств и грузов. Именно поэтому, данное имущество традиционно не является предметом для страхования предпринимательских рисков. Этот вид страхования может защитить такое продаваемое имущество, как товары, которые нельзя застраховать в качестве груза, услуги, ценные бумаги, оборудование, а также энергетические ресурсы. Кроме того, при помощи такой услуги можно застраховать деньги, находящиеся на депозитных вкладах или банковских счетах, а также всевозможные кредиты.

Предпринимательские риски – именно на них следует обращать внимание руководителям и собственникам компаний.

На рисунке 2 представлены преимущества и недостатки страхования предпринимательских рисков.

Преимущества	Недостатки
<ul style="list-style-type: none"> – снижение риска и неопределенности; – покрытие ущерба за счет страховых выплат; – эффективность инструмента управления риском; – относительно невысокая стоимость по сравнению с другими методами управления риском; – возможность перераспределения риска среди других участников страхового рынка; – предоставление налоговых льгот по страховым операциям. 	<ul style="list-style-type: none"> – снижение заинтересованности страхователя в проведении других мероприятий по управлению риском; – в некоторых случаях длительное согласование условий договора; – рисковый и авансовый характер предоставления страховой услуги; – ограничения емкости страхового рынка могут снижать эффективность страховой защиты.

Рис. 2. Преимущества и недостатки страхования предпринимательских рисков

Страхование предпринимательских и финансовых рисков осуществляется точно так же, как и любой другой вид страхования. Предприниматель оплачивает страховую премию, и при наступлении страхового случая получает компенсацию. При этом застрахованными рисками могут быть нарушение обязательств партнера или вынужденное приостановление предпринимательской деятельности.

Показательный пример – пандемия, которая негативно отразилась на компаниях из разных сфер бизнеса: клиенты не оплачивали вовремя счета, поставщики задерживали поставки, а многим просто пришлось приостановить все операции, соблюдая предписания органов власти.

Для оказания страховых услуг заключается договор, который составлен по всем правилам страхования предпринимательских рисков и содержит следующие обязательные пункты:

- дату подписания и номер договора;
- юридические реквизиты обеих сторон;
- название объекта страхования;
- прописанные все права и обязанности сторон;
- указание, что конкретно является страховым случаем;

- сумма страховых выплат и порядок получения компенсации;
- прочие дополнительные условия, если таковые имеются.

К обязательным условиям соблюдения договора относят:

- непреднамеренность действий, которые привели к страховому случаю;
- возможность точно оценить сумму компенсации;
- универсальность рисков: пожар, например, наносит вред любому объекту;
- указание минимальной суммы выплачиваемой компенсации (в случае минимального ущерба при страховом случае).

На фоне пандемии в первые шесть месяцев 2021 года резко вырос спрос на договоры от предпринимательских и финансовых рисков по сравнению с аналогичным периодом 2020 года. Число купленных полисов увеличилось на 170% и 67% соответственно, превысив 29 тыс. и 10,7 млн штук, видно из статистики ЦБ.

При этом объем страховых сборов по ним повысился меньше – на 16% и 56%, достигнув 10,4 млрд и 17 млрд рублей. Этот рост приходится на премии, выплаченные крупным и средним бизнесом на случай убытков из-за перерыва в производстве или коммерческой деятельности.

По данным Банка России, число выплат клиентам в январе – июне 2021 года по полисам от финансовых рисков увеличилось в 4,1 раза, до 266 тыс., а по договорам от предпринимательских рисков – в 3,2 раза, до 1,5 тыс. Однако размер страховых случаев по сравнению с первым полугодием 2020 года даже снизился: показатели упали на 45% и 60%, до 1,2 млрд рублей и 820 млн рублей соответственно.

Так, например, в «СберСтраховании» объем сборов по финансовым и предпринимательским рискам в первом полугодии 2021 года вырос в 2,4 раза по сравнению с аналогичным периодом 2020 года, до 600 млн рублей. Отдельно в сегменте юрлиц показатель увеличился в 1,4 раза, до 214 млн рублей, а для физлиц – в 3,5 раза, до 386 млн рублей. Причем число заключенных договоров с физлицами повысилось в 63 раза. Такая популярность связана с негативным опытом пандемии 2020 года, когда многим предприятиям пришлось приостановить работу. Поэтому у бизнеса вырос спрос на защиту от подобных рисков.

Кроме того, из-за перевода сотрудников на «удаленку» увеличился интерес к киберстрахованию. По итогам сегмент хеджирования этих рисков может увеличиться до 50%.

Таблица 1

Количественные показатели страховых компаний по итогам 2020 года

Наименование компании	Город	Сумма полученных страховых премий за 2020 год, млн руб.	Доля рынка	Сумма страховых выплат за 2020 год, млн руб.	Уровень выплат
АО "СОГАЗ"	Москва	6 992.78	40.012%	3 478.58	49.7%
ООО "Кредендо – Ингосстрах Кредитное Страхование"	Москва	1 578.16	9.030%	576.47	36.5%
АО "АльфаСтрахование"	Москва	1 162.41	6.651%	190.63	16.4%
ООО "СК "Согласие"	Москва	410.40	2.348%	6.30	1,5%
ПАО СК "Росгосстрах"	Люберцы	181.09	1.036%	169.75	93.7%
ООО СК "Сбербанк страхование"	Москва	62.03	0.355%	3.05	4.9%

Таким образом развитие предпринимательского бизнеса в России создает предпосылки для процветания страхового бизнеса, обе эти структуры в процессе своей деятельности находятся в тесной зависимости друг от друга.

Хозяйственная среда вносит в предпринимательскую деятельность дополнительные элементы неопределенности, расширяет зоны рискованных ситуаций, увеличивает степень предпринимательского риска, в связи с этим страховщик предлагает новые виды страхования предпринимательской деятельности, которые могут быть актуальны в подходящий период времени.

Уровень развития страхования в стране является показателем стабильности экономики и является фактором, оказывающим влияние на эту стабильность.

УДК 621.9.044.4

Е. С. БАЖЕНОВА

bale01@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Л. Г. КЕСЕЛЬ

***Казанский национальный научно-исследовательский университет
им. А. Н. Туполева***

ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТЕ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Аннотация. В работе представлены особенности применения лазерных технологий для очистки эксплуатационных загрязнений в процессе эксплуатации и ремонта газотурбинных двигателей авиационного и наземного применения.

Ключевые слова: газотурбинный двигатель, эксплуатация, ремонт, эксплуатационные загрязнения, лазерная очистка, волоконный импульсный лазер.

В процессе эксплуатации газотурбинных двигателей (ГТД) авиационного и наземного применения имеет место процесс образования эксплуатационных загрязнений на элементах газоздушного тракта (ГВТ). Эксплуатационные загрязнения имеют совершенно различную природу и характер образования для различных элементов ГВТ. Образования на лопатках компрессора имеют достаточно рыхлую и легко удаляемую углеродистую структуру, определяемую в литературных источниках как пригар. На трактовых элементах «горячей части» ГТД – камере сгорания и турбине имеют место наиболее трудно удаляемые загрязнения, известные под названием «нагар». Нагар представляет собой структуру, образуемую сочетанием окисных пленок и продуктов газовой коррозии металлов, входящих в состав сплавов, из которых изготовлены трактовые элементы «горячей части» ГТД.

Кроме указанных видов эксплуатационных загрязнений, образующихся на трактовых элементах ГВТ, в каналах и полостях элементов топливной системы и системы смазки имеют место отложения, обусловленные продуктами низкой термостабильности жидких углеводородных топлив и масел, представляющих собой коагулянты продуктов окисления ароматических углеводородов. На элементах ГТД наземного применения в каналах топливной системы данные отложения не образуются из-за ее работы на газовом топливе. Данные виды загрязнений не являются предметом рассмотрения данной статьи.

Известно, что эксплуатационные загрязнения ГВТ оказывают отрицательное влияние на эксплуатационные характеристики ГТД и приводят к увеличению удельного расхода топлива и снижению к.п.д.

Современная практика эксплуатации ГТД авиационного и наземного применения в качестве средств эффективного противодействия образованию эксплуатационных загрязнений применяет технологические процессы промывки ГВТ через определенные интервалы эксплуатационной наработки. Однако промывка ГВТ имеет эффективное воздействие только на трактовые элементы компрессора ГТД и улучшает к.п.д. компрессора. В свою очередь, технология промывки ГВТ не оказывает какого-либо существенного влияния на трактовые элементы «горячей части» ГТД. Кроме того, реализация процессов промывки ГВТ в условиях эксплуатации имеет серьезные экологические последствия, связанные со сбором и утилизацией использованных моющих растворов. Экологические последствия особо контролируются в условия аэропортов.

В практике проведения капитального ремонта ГТД процессы очистки трактовых деталей составляют значительную долю общей трудоемкости ремонта. В среднем величина трудоемкости процессов очистки при ремонте ГТД составляет 12-16% от общей трудоемкости капитального ремонта и 22-24% от общей величины энергетических затрат при капитальном ремонте ГТД. Ликвидация экологических последствий технологических процессов очистки деталей ГТД при ремонте также составляет значительную долю финансовых затрат. Эти затраты связаны с нейтрализацией использованных моющих растворов при очистке трактовых элементов компрессора и растворов электролитов и продуктов абразивно-жидкостной обработки при очистке трактовых деталей «горячей части» ГТД

Перечисленные выше особенности процессов очистки трактовых деталей ГТД обуславливают необходимость их дальнейшего совершенствования в плане снижения энергоемкости, трудоемкости и экологических последствий [1].

Адаптация технологии лазерной очистки, применяемая в различных отраслях промышленности, представляет для реализации задачи - повышения комплексной эффективности технологических процессов очистки деталей ГТД в эксплуатации и ремонте, значительный интерес.

Особенность данной технологии заключается в том, что воздействие лазерного импульса на металлическую поверхность определяется закономерностью распространения светового излучения в веществе законом Бугера – Ламберта – Бэра:

$$q(x) = q_0(1 - R)\exp(-\lambda x) \quad , \quad (1)$$

где q_0 – плотность мощности излучения, падающего на поверхность материала; $q(x)$ – плотность мощности излучения на глубине x ; R – коэффициент отражения вещества; λ – показатель поглощения вещества. Согласно данным [2], механизм лазерной очистки может быть представлен в следующем виде. Будем считать, что лазерный луч, попадая на загрязненную поверхность, проходит сквозь загрязнение без ослабления и поглощается в приповерхностном слое материала, как это показано на рис.1а [2]. Показатель поглощения металлов на длине волны 1,06 мкм составляет 10^{-3} - 10^{-4} см $^{-1}$, тогда как показатель поглощения неметаллических веществ на несколько порядков ниже и составляет 10^{-1} – 10^{-3} см $^{-1}$. Из выражения (1) следует, что металлы на этой длине волны поглощают излучение лазера в тонком поверхностном слое, тогда как неметаллические вещества имеют объемное поглощение. Согласно [2], для толщин в несколько микрометров допустимо считать, что слой загрязнения относительно прозрачен.

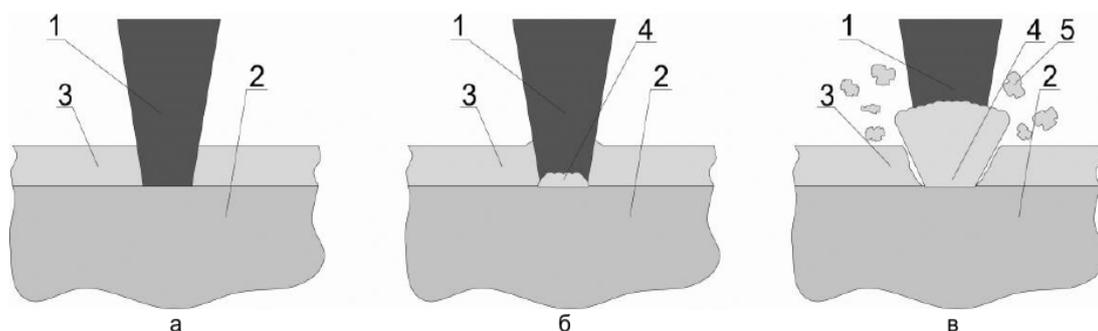


Рис. 1. Механизм лазерной очистки: 1 – лазерный луч; 2 – загрязненный материал; 3 – загрязнение; 4 – облако испаренного вещества; 5 – частицы загрязнения, удаленные с поверхности материала. Лазерный луч, проходя через пленку загрязнения и попадая на поверхность материала (а), испаряет часть материала на обрабатываемой поверхности (б). Под давлением горячих паров слой загрязнения разрушается (в)

С учетом изложенного, в случае когда плотность мощности лазерного излучения достаточна для того, чтобы разогреть материал до температуры кипения, на границе раздела загрязнение – основной металл начинается испарение материала (рис.1б). Под давлением разогретых до высоких температур паров слой неметаллического загрязнения разрушается и удаляется с поверхности ос-

нового материала (рис.1в). Одновременно можно предположить, что в ряде случаев давление разогретого газа разрушает слой загрязнения не только в области прямого газового воздействия, но и в ближайшей зоне, что повышает производительность лазерной очистки [2],

Режим работы лазера с точки зрения энергетических затрат и их оптимизации сводится к обеспечению в импульсном режиме воздействия – минимального порога испарения вещества основного металла. Существенным фактором при этом является и время воздействия. Чем меньше длительность воздействия, тем меньше глубина прогретого слоя вещества и меньше количество образующегося расплава и пара (т.е. меньше повреждаемость основного материала детали). При этом давление паров расплава будет выше. Глубина прогретого слоя вещества может быть определена соотношением [2]:

$$x_{np} \sim \sqrt{\alpha \tau} , \quad (2)$$

где α - температуропроводность материала; τ – продолжительность импульса. По данным [2], при воздействии гигантского импульса длительностью 10 нс глубина прогретого слоя в стали x_{np} составляет 10^{-5} - 10^{-6} см, при этом, испарение происходило практически без расплава на поверхности вещества, и модификация исходной поверхности была минимальна. Приведенные данные позволяют сделать заключение о том, что оптимизация процесса очистки требует импульсного лазерного воздействия.

Адаптация положительных результатов опыта к эксплуатации и серийному производству должна содержать комплекс работ, подтверждающий отсутствие отрицательного воздействия лазерной очистки на показатели ресурса и надежности очищаемых деталей, разработку соответствующего отечественного лазерного оборудования данная технология может быть использована для очистки трактовых деталей турбины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кесель Л.Г., Милочкин В.А., Кесель Б.А. Квантово-электронный метод диагностики загрязнений газовоздушного тракта газотурбинного двигателя // Всероссийская научно-техническая конференция «Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций», 2022, С. 126-127.
2. В.П. Вейко, А.А. Кишалов, Т.Ю. Мутин, В.Н. Смирнов Перспективы промышленных применений лазерной очистки материалов // Научно-технический вестник информационных технологий, 2012. №3(79), С.50-54.

А. Ф. БАИМОВ, В. К. САЛИМОВА

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Д. З. ХУСНУТДИНОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ДЕКОМПОЗИЦИИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ДИНАМИКИ ДВИЖЕНИЯ БПЛА

Аннотация. Рассмотрены альтернативные методы исследования и разработки и пути развития методов исследования беспилотных летательных аппаратов для прикладного использования, основанные на имитационном и компьютерном моделировании.

Ключевые слова: БПЛА, система управления, метод декомпозиции.

Введение

Моделирование полетов БПЛА является отличным средством при проектировании управляемых наукоемких изделий. Аппараты, обеспеченные хорошей системой управления, имеют высокую цену. Цена систем управления аппаратами так же держаться на высоком уровне, так как являются некоторой средой для проектирования и являются инструментом для создания летательных аппаратов на основе научных исследований. Это говорит о том, что разработка алгоритмов управления для БПЛА является не шаблонным и доступным инженерным процессом.

Данное обстоятельство обусловлено многомерностью объекта управления. И несмотря на то, что методы исследования и разработки управляемых многомерных объектов хорошо разработаны и широко описаны, например, в работе [1] прикладное использование данных методов на основе теории о пространстве состояний динамических систем затруднено.

Еще одним направлением разработки является декомпозиция сложного объекта в виде простых подсистем, описываемых дифференциальными уравнениями максимум второго порядка. Такой метод, например, представлен в работе [2]. Достоинством данной работы является простота метода удобные для использования при проектировании. Выполненная работа является аналогом вышеназванной работы, и в ней рассмотрены методы декомпозиции в форме структурного моделирования.

Метод декомпозиции горизонтального движения реализуется посредством вывода уравнений движения вращения, уравнений горизонтального, вертикального движений БПЛА отдельно и осуществлении более адекватных реальному объекту связей между подсистемами. При разности сил тяги, БПЛА совершает вращательное движение относительно горизонтальной оси, которая изменяет свое положение в зависимости от величины тяги исполнительных механизмов. Нужно отметить, что мы вынуждены использовать понятие «мгновенный центр вращения» при рассмотрении одномерного движения одного из доменов. Одновременно с появлением горизонтальной проекции тяговой силы БПЛА движется горизонтально [2]. (Рисунок 1)

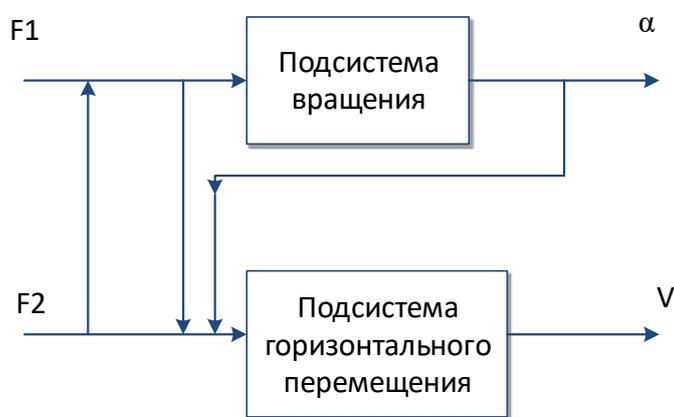


Рис. 1. Структура метода декомпозиции

Найдем уравнение, описывающее вращательное движение БПЛА из уравнения равновесия моментов сил по расчетной схеме (Рисунок 3).

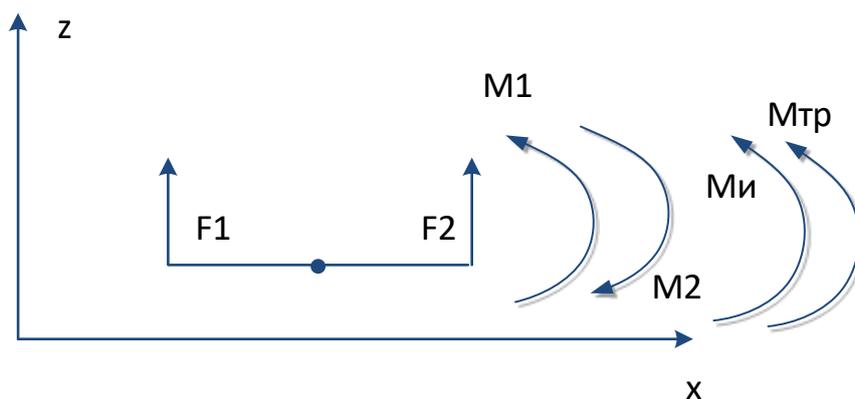


Рис. 2. К расчету суммы момента сил для α

$$M_1 - M_2 - M_i - M_{тр} = 0, \tag{1}$$

где M_i – момент инерции, $M_{тр}$ - момент трения.

Инерциальный момент определим по второму закону Ньютона:

$$M_u = J \frac{d^2\alpha}{dt^2} \quad (2)$$

где α - выходной угол положения БПЛА; J – момент инерции.

Момент трения о воздух определится по известной формуле:

$$M_{тр} = K_{mp} \frac{d\alpha}{dt}, \quad (3)$$

где K_{mp} - коэффициент трения.

Подставим компоненты в уравнение равновесия сил и запишем дифференциальное уравнение движения БПЛА по координате углового вращения:

Найдем операторное уравнение:

$$S = \frac{d}{dt}, \quad (4)$$

где S – оператор Лапласа

Операторное дифференциальное уравнение:

$$JS^2\alpha + K_{mp} S\alpha = F_1 h - F_2 h, \quad (5)$$

Передаточная функция найдется:

$$W_{вн}(s) = \frac{\alpha}{F_1 h - F_2 h} = \frac{1}{JS^2 + K_{mp} S}, \quad (6)$$

Найдем модель движения БПЛА по расчетной схеме (Рисунок 4)

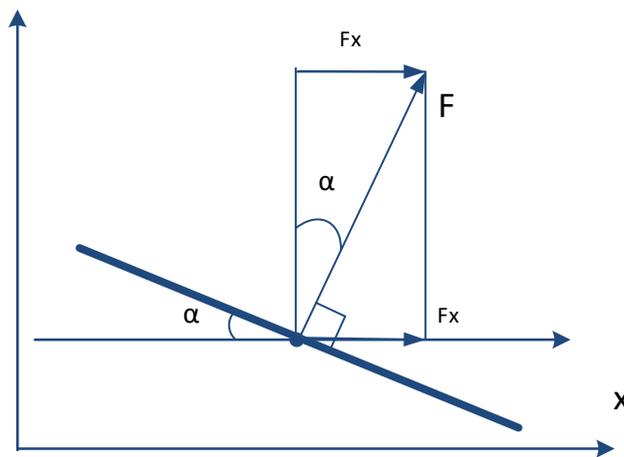


Рис. 3. Расстановка сил горизонтальной проекции БПЛА для координата (x , y)

Горизонтальная компонента тяговой силы БПЛА найдется по формуле:

$$F_x = (F_1 + F_2) \cdot \sin \alpha \quad (7)$$

где F_x - проекция тяговой силы на ось x , входная сила горизонтального движения.

Запишем уравнения равновесия сил по координате x :

$$F_x - F_u - F_{тр} = 0, \quad (8)$$

где F_u - сила инерции; $F_{тр}$ - сила трения.

$$F_u = m \frac{d^2v}{dt^2}, \quad (9)$$

где m - масса; v - скорость движения БПЛА.

$$F_{тр} = K_{тр}V, \quad (10)$$

$$msx + K_{тр}X = F_x, \quad (11)$$

$$W_{вн}(S) = \frac{x}{F_x} = \frac{1}{ms + K_{мп}}, \quad (12)$$

С учетом входных в звено связей:

$$W_{вн}(S) = \frac{x}{(F_1 + F_2) \cdot \sin \alpha} = \frac{1}{ms + K_{мп}}. \quad (13)$$

Компьютерная модель движения БПЛА

Реализуем компьютерную модель горизонтального движения БПЛА на ПО SimInTech. Учтем при реализации связи описываемые выражениями в качестве входных параметров в динамические блоки. Также учтем классическую для БПЛА обратную связь по угловому положению относительно оси y для ее стабилизации:

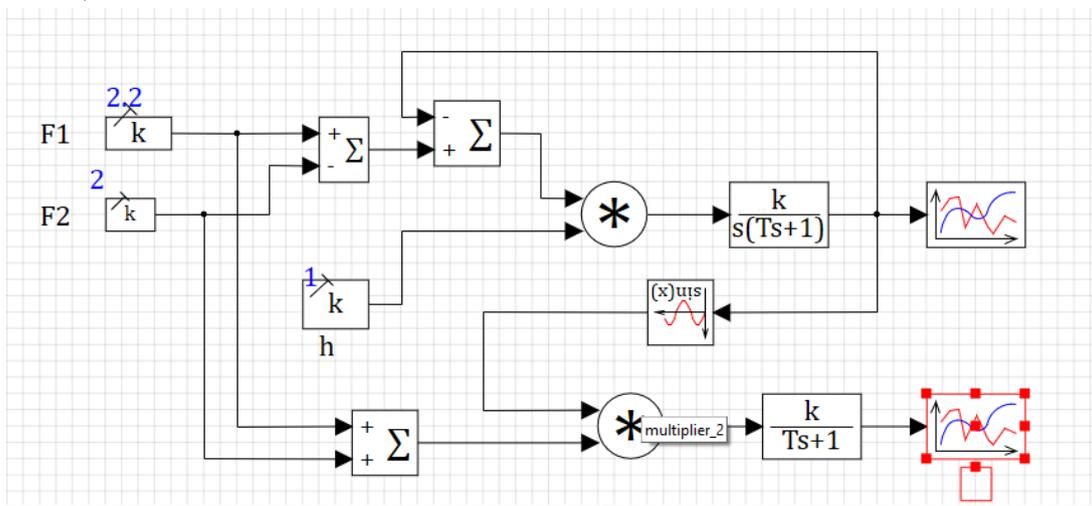


Рис. 4. Горизонтальное движение БПЛА при стабилизации угла тонгажа

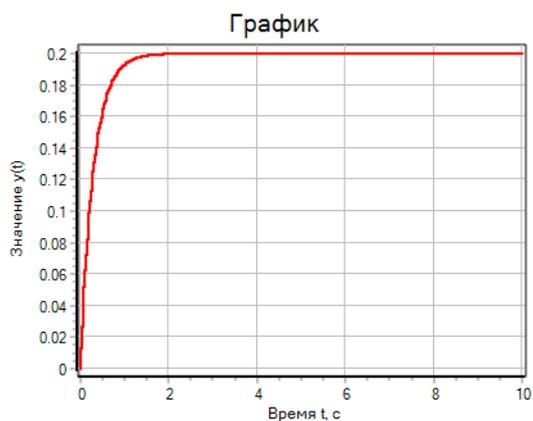


График 1. Кривая изменения углового положения по оси y

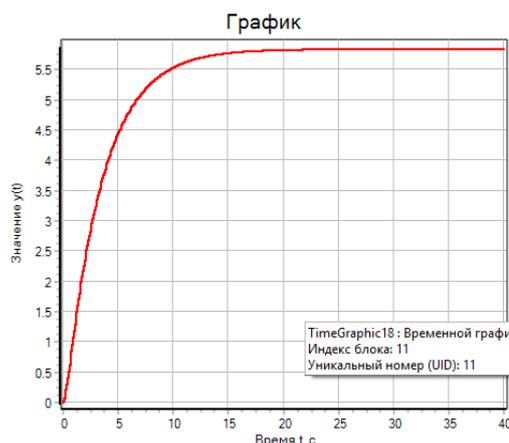


График 2. Кривая скорости движения по оси x

Как видно, БПЛА разгоняется в течение 15 с, что является не приемлемым. Реализуем систему управления скоростью БПЛА.

На рисунке представлена компьютерная модель системы управления:

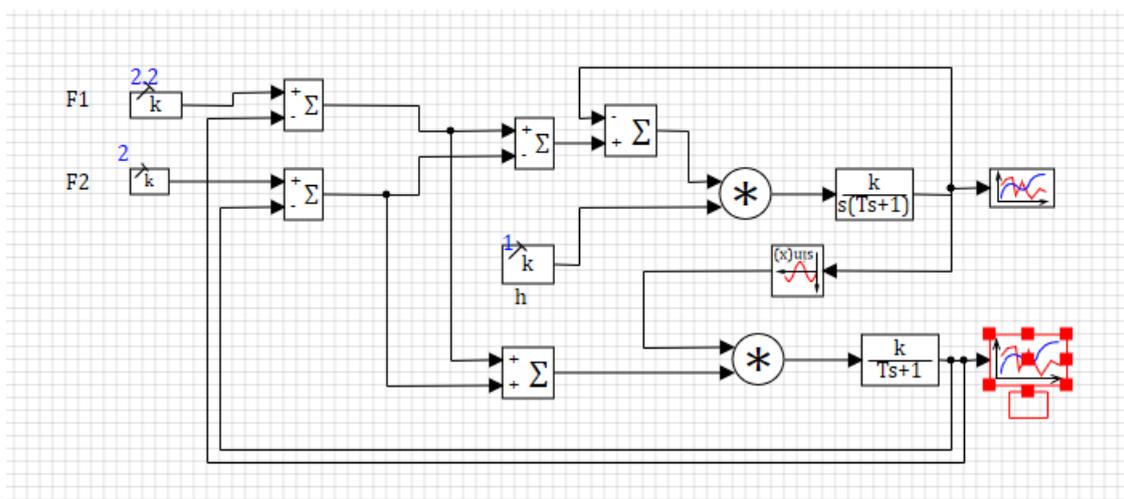


Рис. 5. Компьютерная модель с обратными связями по скорости

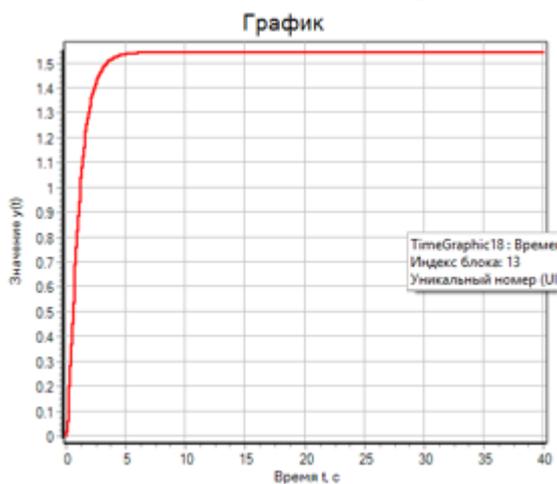


График 3. Скорость БПЛА

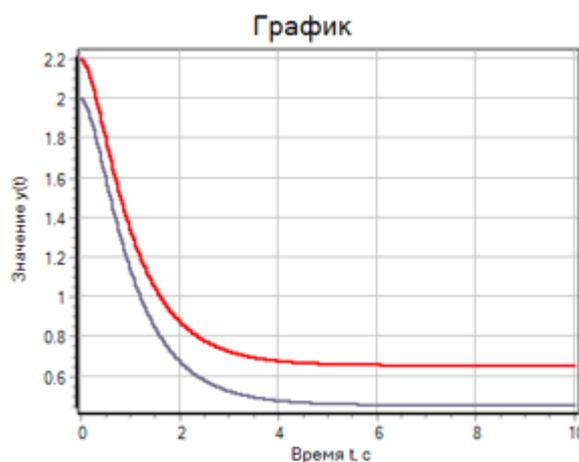


График 4. Ошибка системы

Заключение

Получен удобный и простой метод создания контуров управления беспилотными летательными аппаратами на основе декомпозиции их сложного движения на простые замены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 О возможности применения метода комбинированного управления в моделях роботов манипуляторов, полученных с использованием элементов теории сложного движения / Д.З. Хуснутдинов, Р.М. Баширова // Научные технологии в машиностроении УГАТУ – 2020. – с. 154-161 – EDN: QQHHA
- 2 Использование элементов теории сложного движения при анализе и синтезе систем управления многозвенными объектами / Д.З. Хуснутдинов, Р.М. Баширова // Научные технологии в машиностроении УГАТУ – 2020. – с. 113-119 – EDN: YMAOIT
3. Анализ и синтез системы управления гидравлической трансмиссией двухзвенного гусеничного снегоболотохода на основе имитационного моделирования / Д. З. Хуснутдинов, М. Ю. Некрасова, П. Н. Чариков [и др.] // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2020. – Т. 24. – № 4(90). – С. 133-139. – EDN QIJAXZ.\

Л. Н. БАНГА

leocentbanga@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук М. Н. ДАВЫДОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБЛЕДЕНЕНИЯ НА ПРОФИЛЕ КРЫЛА САМОЛЕТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ANSYS FENSAP-ICE

Аннотация. При полете самолетов в атмосфере, содержащей переохлажденные капли воды (вода в жидкой фазе при отрицательной температуре), происходит обледенение летательного аппарата. Барьерный лед - обледенение крыла в форме валика или отдельных затеков за обогреваемой зоной крыла. Наличие барьерного льда приводит к ухудшению аэродинамических характеристик крыла летательного аппарата, что приводит к аварийным происшествиям.

Ключевые слова: моделирование; обледенение; NASA0012; FENSAP-ICE.

В области моделирования обледенения основная цель состоит в том, чтобы понять и смоделировать физику образования льда, чтобы попытаться предсказать форму ледяных щитов на основе условий полета и условий окружающей среды. Для этого необходимо предсказать траекторию капель и определить эффективность захвата (Collection Efficiency) на рассматриваемом теле. Чтобы запустить новый расчет, сначала вводится файл «grid», содержащий геометрию, которую нужно изучить, а также ее сетку[1].

В этом исследовании решено проанализировать влияние различных параметров на обледенение и, следовательно, на ухудшение летно-технических характеристик самолета (профиль крыла NASA0012 в нашем случае) [2].

- Статическое давление и температура воздуха;
- относительная скорость самолета;
- влияние профиля NASA0012;
- шероховатость исследуемой поверхности;
- диаметр и распределение частиц воды;
- содержание жидкой воды (LWC: Liquid Water Content);
- температура обледенения (температура наружного воздуха).

Для каждого исследования выбраны 3 разных значения каждого параметра, которые нужны, чтобы показать влияние, поэтому все остальные параметры сохранены постоянными на их среднем значении, которые выбраный (табл.1).

Статическое давление – это давление, оказываемое покоящейся жидкостью, оно зависит от его веса или, другими словами, от гравитационной силы, приложенной к частицам жидкости. Таким образом, статическое давление воздуха изменяется с высотой в соответствии со следующей функцией:

$$p(z) = p_0 \cdot e^{-\frac{M \cdot g}{R \cdot T} z} \quad (1)$$

Где: $P(z)$ – атмосферное давление на высоте z [Па]; P_0 – атмосферное давление на уровне моря [Па]; M – молярная масса воздуха $M=28,966 \cdot 10^{-3}$ [Кг · моль⁻¹]; g – сила тяжести земли $g = 9,805$ [м · с⁻²]; R – универсальная постоянная идеального газа $R=8,314$ [Дж · моль⁻¹ · К⁻¹]; T – стандартная температура воздуха в Кельвинах $T = (15+273,15)$ [К]; Z – высота [М].

Эти данные можно использовать для выполнения расчетов на FENSAP-ICE, выбрав «высота» вместо «статического давления воздуха» в условиях.

Были выбраны произвольные давления в диапазоне полета гражданского самолета.

Как и давление, температура воздуха меняется в зависимости от высоты, а также в соответствии с сезонами. Поэтому важно учитывать влияние этой вариации, для изучения, предотвращения и ликвидации обледенения. Температура воздуха изменяется согласно следующей функции:

$$T(z) = T_0 - a \cdot z \quad (2)$$

Где: $T(z)$ – температура [К]; T_0 – стандартная температура $T_0=(15+273,15)$ [К]; $a = 6,5 \cdot 10^{-3}$ [Км⁻¹]; z – высота [М].

Для этого расчета мы выбрали температуры в пределах дальности полета гражданского самолета.

Рассматриваемая скорость является истинной скоростью самолета. это относительная скорость самолета относительно воздуха, в котором он движется (или, в случае аэродинамической трубы, скорость воздуха по сравнению с моделью самолета). Она равна скорости относительно земли, когда нет ветра. Она связано с числом Маха соотношением:

$$V = M \cdot a \quad (3)$$

V – истинная скорость самолета; M – число Маха; a – скорость звука в м с-1.

$$a = \sqrt{\gamma R T} \quad (4)$$

γ – тепловое отношение удельный $\gamma=1,4$ для воздуха; r – газовая постоянная для воздуха $R=287,035$ Дж/кг·К; T – температура наружного воздуха [К].

В идеале, чтобы система уравнений сходилась, решатель GMRES (обобщенный Минимальная невязка) должны сходиться, по крайней мере, на порядок на каждой итерации Ньютон. Если это не так, есть два (2) возможных решения: увеличить количество максимальные итерации (ценой дополнительного вычислительного времени) или увеличить «крыловское пробел» (не рекомендуется, так как сильно увеличивается требуемая память)[3].

Далее рассматривается таблица 1.

Таблица 1

Исходные значения

Постоянные параметры	Давление, [Па]		78190		
	Температура, [°C]		1		
	Скорость, [м/с]		200		
	Угол атаки, [°]		4		
	Шероховатость, [мм]		0		
	Диаметр частиц, [мкм]		30		
	LWC, [г/м ³]		0,55		
	Температура обледенения, [°C]		-13		
Значения каждого параметра					
Статическое давление, [Па]		Температура воздуха [°C]		Скорость самолета. [м/с]	
P_1	101325	T_1	-57	V_1	100
P_2	78190	T_2	1	V_2	200
P_3	18820	T_3	15	V_3	300

Далее рассматриваются расчеты (рис. 1- 4).

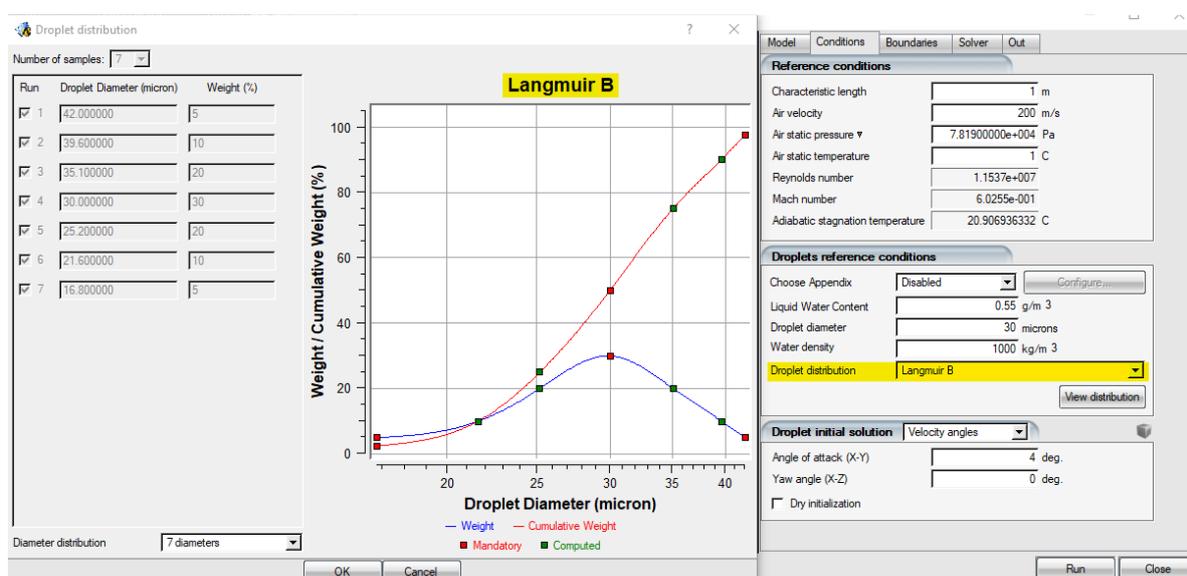


Рис. 1. Расчет модели Ленгмюра В

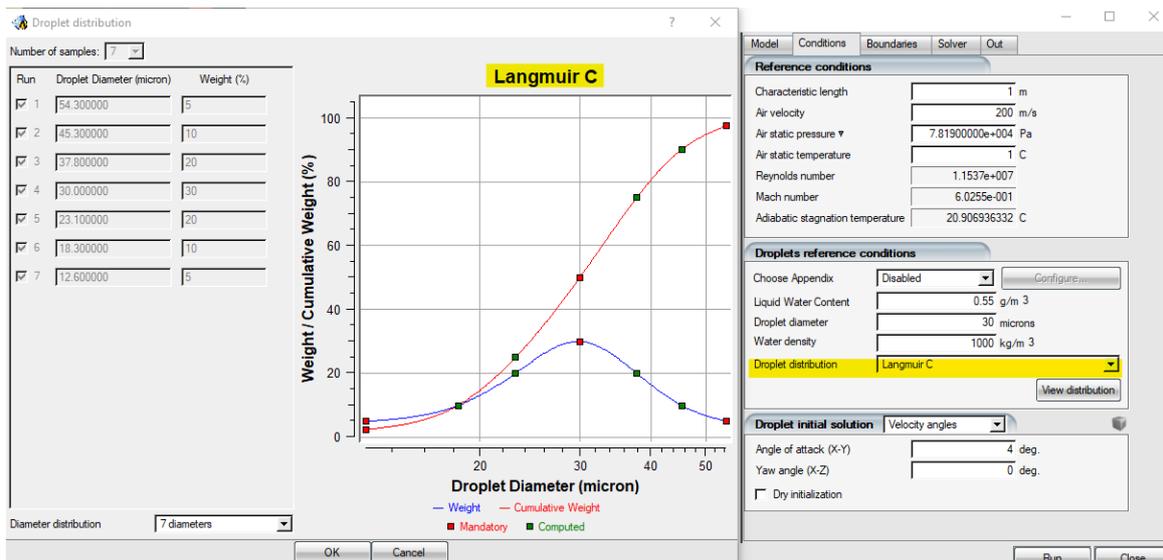


Рис. 2. Расчет модели Ленгмюра С

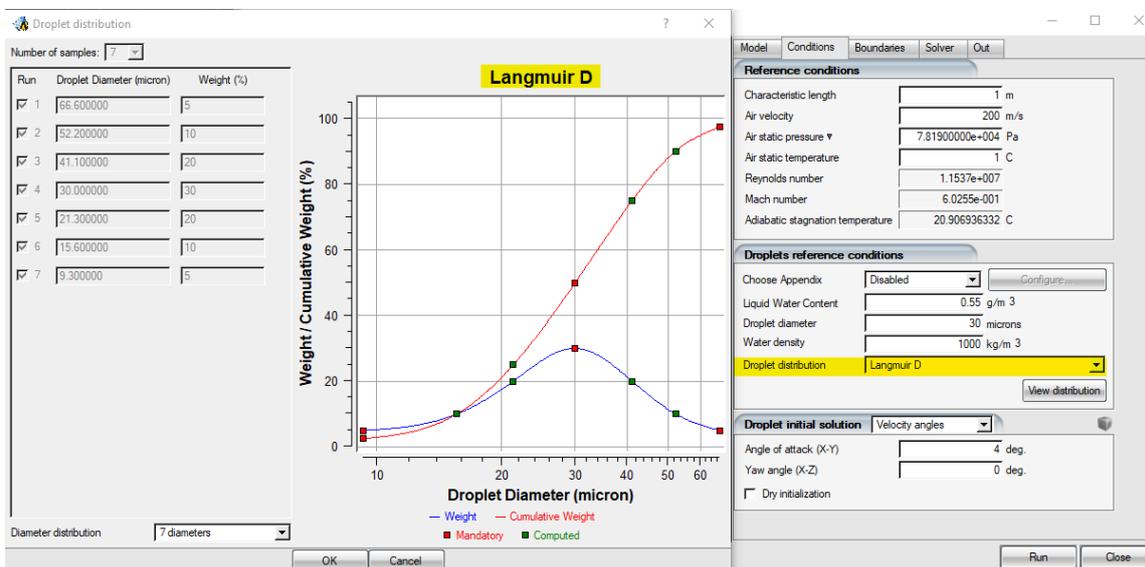


Рис. 3. Расчет модели Ленгмюра D

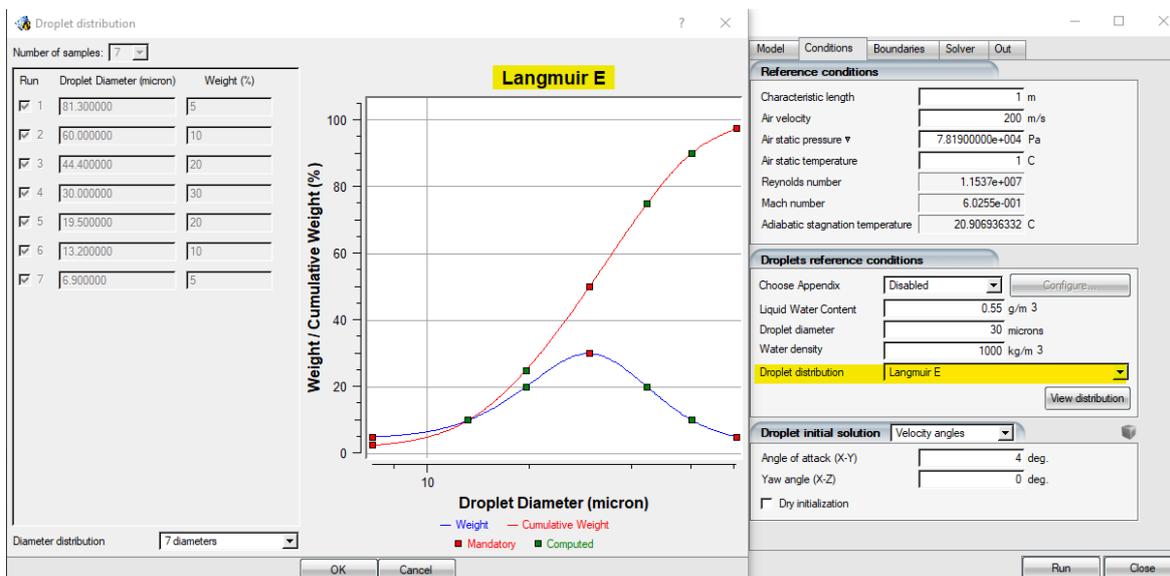


Рис. 4. Расчет модели Ленгмюра E

Вывод

Анализ полученных данных позволил увидеть некоторые характеристики программного обеспечения. FENSAP-ICE в области моделирования скопления льда на двумерной геометрии. Он также может быть использован в случае 3D. Благодаря расчетам, проведенным, можно обсудить влияние каждого из параметров на способ обледенения происходит воздухоплавание.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. URL;<https://ansyshelp.ansys.com/account/secured?returnurl=/Views/Secured/corp/v190/fen>.
2. Ansys FENSAP-ICE User Manual, 57-58.
3. Ansys FENSAP-ICE User Manual, 97.

УДК 629.7.024

А. Ф. ВАЛИЕВ

ar.valiyev@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, проф. А. В. ЗЫРЯНОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ПЕРЕОБОРУДОВАНИЕ ПАССАЖИРСКОГО САМОЛЕТА В ГРУЗОВУЮ МОДИФИКАЦИЮ НА ФОНЕ ПАНДЕМИИ

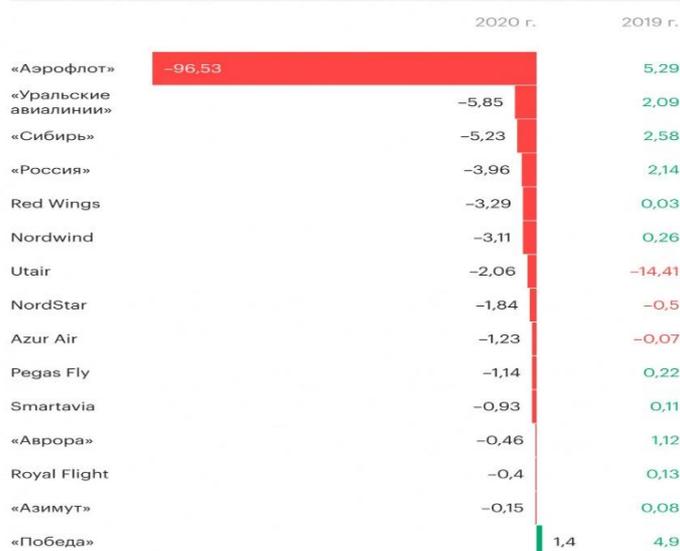
Аннотация. В статье рассмотрены вопросы переоборудования пассажирского самолета в грузовую модификацию на фоне пандемии. Проведен анализ пассажирских перелетов во время пандемии и экономической целесообразности модернизации. Проведен обзор возможных компоновочных схем переоборудования. По результатам проведенного анализа выбрана наиболее актуальная модель ВС для переоборудования.

Ключевые слова: переоборудование; грузовая модификация; пандемия; Boeing 737-800.

По анализу авиаперелетов в мире в марте 2020 года количество авиарейсов в мире сократилось на 63% относительно аналогичного периода 2019-го. В США пассажирских авиаперелетов стало на 95% меньше из-за пандемии коронавируса COVID-19 и введенных для борьбы с ней мер. К концу апреля 2020 года простаивали в общей сложности 16 тысяч пассажирских самолетов. Для двух третей лайнеров главной задачей является обеспечение таких условий на земле, чтобы техника сохраняла свою летную готовность к моменту восстановления рынка. Суммарные убытки 15 крупнейших в России пассажирских авиакомпаний по итогам 2020 года составили 125 млрд рублей против 4 млрд рублей прибыли, зарегистрированной годом ранее. Об этом пишет РБК со ссылкой на бухгалтерские отчетности перевозчиков. Большая часть убытков в 2020 году пришлось на «Аэрофлот» – 96,53 млрд рублей. На втором месте находятся «Уральские авиалинии» (5,85 млрд рублей), на третьем – «Сибирь» (бренд S7; 5,23 млрд рублей) (рисунок 1).

Убытки крупнейших пассажирских авиакомпаний России

Чистая прибыль (убыток), млрд Р



Источник: отчетность авиакомпаний

© РБК, 2021

Рис. 1. Анализ суммарных убытков Российских авиакомпаний

Зарубежный пассажиропоток российских авиакомпаний в 2020 году рухнул на 76,2% и составили 13,1 млн человек. Об этом говорится в статистике Росавиации. Пассажиропоток между Россией и странами СНГ составил 1,5 млн человек, перевозки за пределы стран Содружества были на уровне 11,6 млн человек. Динамика падения в обоих случаях измерялась 76%. Внутренний пассажиропоток в 2020 году сократился на 23%, до 56,2 млн человек. По данным Международной ассоциации аэропортов, пассажиропоток на авиатранспорте в России, по предварительным итогам 2020 года, снизился на 46% от уровня 2019 года. В следствии этого анализа и вносится предложение по переоборудованию пассажирского ВС в грузовой с целью получения дополнительных доходов авиакомпаниями из-за спада пассажирских авиаперелетов в период пандемии. Тогда как процент грузовых авиаперелетов во время пандемии не сократился.

Следующий анализ основан на существующих модификациях самолетов *Boeing*. Этим самолетом является *Boeing 737-200C*.

Boeing 737-200C (Combi) является комбинированным вариантом так как половина кабины самолета переоборудована под грузовую часть тогда как вторая половина так же остается пассажирской. Данный тип самолета подходит в

основном для коротких дистанций и полезен в местах с низкой плотностью населения, такие как: северная часть Канады, Аляска, северная и восточная часть России. Данный самолет имеет 5 конфигураций и грузовую дверь:

1. Полный груз: вмещает в себя 6 поддонов размером 108 "x 88"
2. 76 пассажирских мест и 2 поддона размером 108 "x 88"
3. 60 пассажирских мест и 3 поддона размером 108 "x 88"
4. 34 пассажирских мест и 4 поддона размером 108 "x 88"
5. 24 пассажирских мест и 5 поддонов размером 108 "x 88"

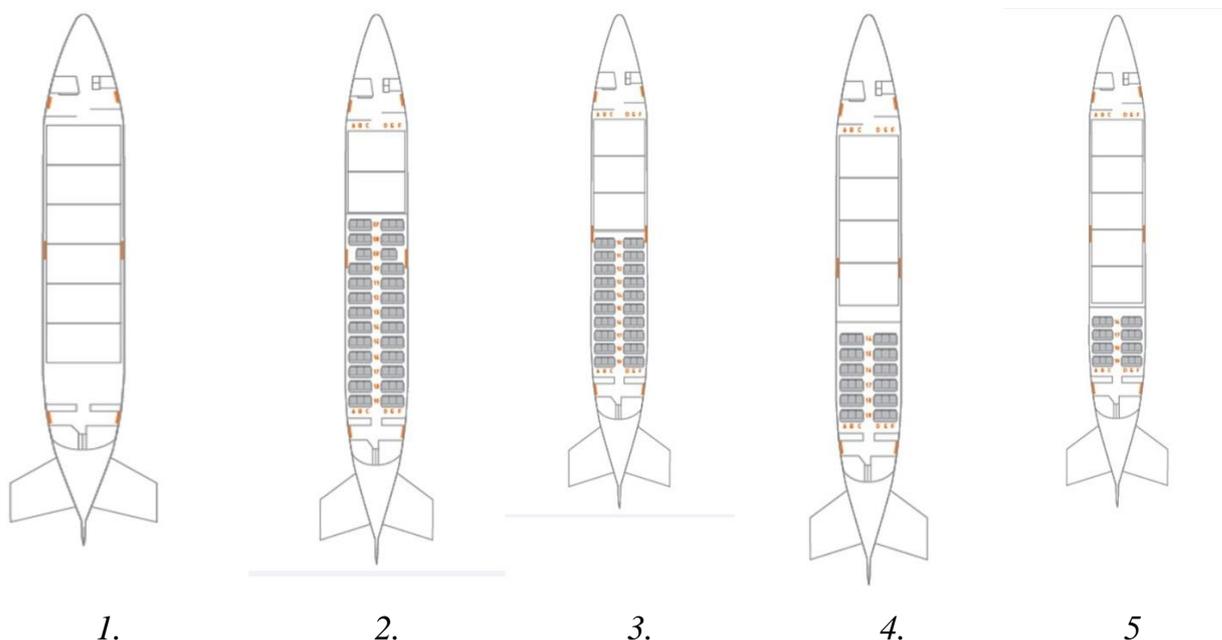


Рис. 1.

Проведя анализ экономической целесообразности модернизации пришли к выводу что: в период пандемии многие ВС находились в простое, экономически выгодно использовать имеющиеся *B737 – 800* чем закупать новые грузовые ВС. Boeing не выпускает готовые грузовые *B737 – 800* и модернизировать будет экономически целесообразно по сравнению с заказом *B757* под развоз мелких грузов.

Анализ используемых типов самолетов ведущими авиакомпаниями России показал, что самолет *Boeing 737 – 800* является наиболее эксплуатируемым и безопасным. Следовательно, в качестве модернизируемого самолета выбирается *Boeing 737–800* для перевозки груза с целью получения дополнительных

доходов авиакомпаниями, так как большое количество данного класса самолетов используются при перелетах, и большое количество данного типа ВС простаивало в период пандемии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Житомирский Г.И. Конструкция самолетов// – М.: Машиностроение, 1995г. – 415 с
2. Boeing 737-200С [Электронный ресурс] URL: <https://www.airinuit.com/en/charter/fleet/boeing-737-200c> (дата обращения 13.09.2022)
3. Убыток Российских пассажирских авиакомпаний в 2020г. [Электронный ресурс] URL: <https://www.rbc.ru/finances/14/04/2021/607406a69a7947fb223bd328> (дата обращения 13.09.2022)

УДК 91

М. Р. ВАХИТОВ

Malikufa2000@mail.ru

Науч. руковод. – Э. А. ХУЗИЯХМЕТОВА

Уфимский государственный авиационный технический университет

ИЗУЧЕНИЕ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Аннотация. Продуцирование новых научных теорий обеспечивает обществу адекватное взаимодействие с окружающей средой, повышает его устойчивость благодаря практическому использованию новых знаний в производстве и других сферах. Геоинформатика появилась на основе эмпирического познания как прикладная наука, связанная, в первую очередь, с решением практических задач.

Цель исследования: Изучить северные территории.

Объект исследования – возможность анализировать различные территории.

Предмет исследования – северная территория.

Методы исследования: анализ местности, практическая работа над проектом и анализ полученных результатов.

На рисунке 1 представлен пример выявления объектов в спутниковой карте с использованием NextGis.

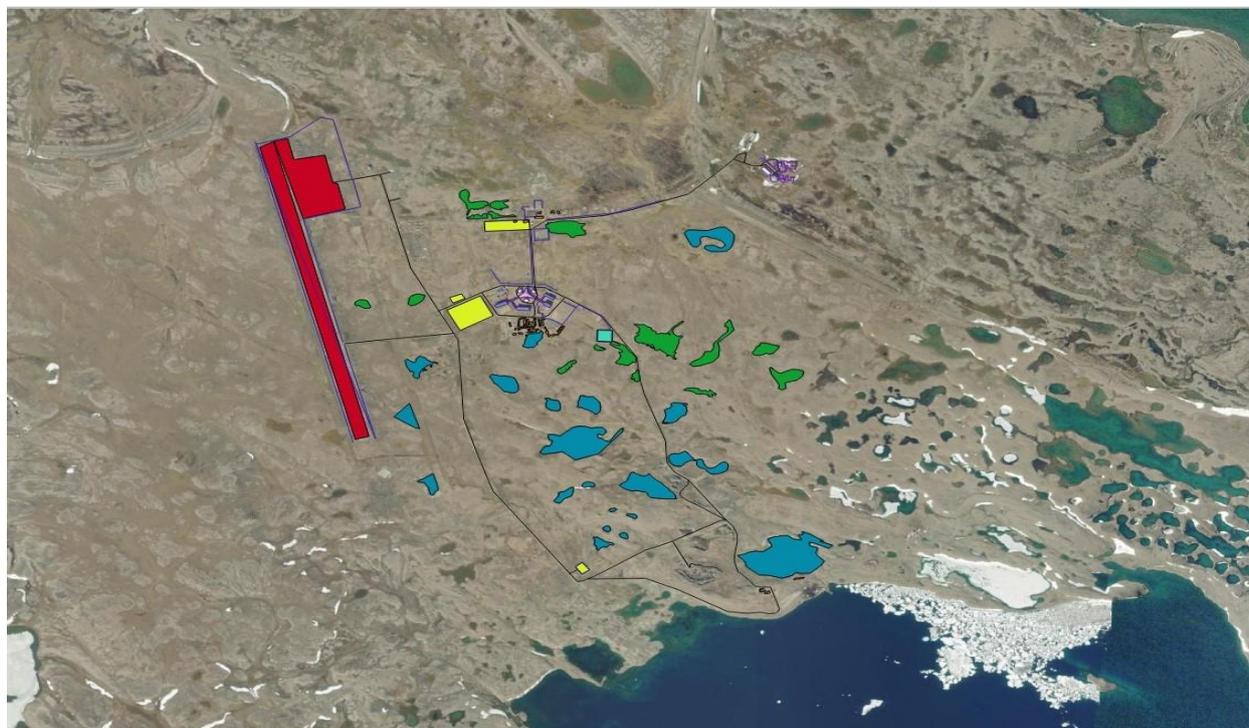


Рис. 1.

Продуцирование новых научных теорий обеспечивает обществу адекватное взаимодействие с окружающей средой, повышает его устойчивость благодаря практическому использованию новых знаний в производстве и других сферах. Геоинформатика появилась на основе эмпирического познания как прикладная наука, связанная, в первую очередь, с решением практических задач. Однако потребность решения задач в различных предметных областях привела к необходимости интеграции знаний из этих областей в область геоинформатики. Это создало механизм интеграции знаний на базе геоинформатики.

Интеграция не означает простое суммирование и объединение наборов теорий и технологий. Интеграция и геоинформатика этому яркий пример. Она основана на новых концепциях и методах, оптимально объединяющих разнообразие теоретических подходов, технологических решений и коллекций данных. Интеграция в геоинформатике дополняет и связывает различные науки в единый комплекс. Она позволяет осуществлять междисциплинарный перенос теоретических и технологических методов, чем существенно обогащает научное развитие в целом.

В реальных условиях при решении прикладных задач, в частности при работе с пространственно-распределенной информацией, может возникнуть ситуация, когда между методами разных наук нет внутренней связи и отсутствует единая концепция решения новых задач. Интеграция вообще, и в геоинформатике в частности, дает ключ к решению таких задач.

По мере развития и создания собственных методов исследования геоинформатика вышла на новый уровень как наука, которая кроме объяснения имеющихся эмпирических наблюдений может выдвигать новые идеи, ожидающие эмпирического воплощения. На определенном уровне развития геоинформатика стала обладать предсказательной функцией, т.е. способностью выдвигать проверяемые эмпирические высказывания.

В геоинформатике широко применяются методы геоинформационного визуального моделирования.

В геоинформатике исследуют и применяют пространственные отношения. В ней широко используют понятие «геореференция» как инструмент поиска, анализа и извлечения знаний. В сферу геореференции входят, в частности, зависимости между любой информацией (например, документами, наборами данных, картами, изображениями, биографической информацией) и географической локализацией с помощью местонаименований, кодов места (например, почтовые коды), координат и других методов, описывающих пространственные связи и отношения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 288 с.
2. Heywood I., Cornelius S., Carver St. An introduction to Geographical Information Systems / Third Edition / Pearson Education Limited, 2006. 426 p.
3. Максудова Л.Г., Савиных В.П., Цветков В.Я. Интеграция наук об окружающем мире в геоинформатике // Исследование Земли из космоса. 2000. № 1. С. 46–50.
4. Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоинформационный анализ данных дистанционного зондирования. – М.: Картоцентр-Геодезиздат, 2001. 224 с.
5. Цветков В.Я. Основы геоинформационного моделирования // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 1999. № 4. С. 147–157.
6. Hill Linda L. Georeferencing: The Geographic Associations of Information. – Cambridge; Massachusetts; London: The MIT Press, 2009. 272 p.
7. Майоров А.А., Цветков В.Я. Геореференция как применение пространственных отношений в геоинформатике // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2012. № 3. С. 87–89.
8. Tsvetkov V.Ya. Global Monitoring // European Researcher. 2012. Vol. (33). № 11–1. P. 1843–1851.
9. Chander G., Markham B. Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges // Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on. 2003. T. 41. № 11. С. 2674–2677.
10. Chevrel M., Courtois M., Weill G. The SPOT Satellite Remote Sensing Mission // Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 1981. T. 47. С. 1163–1171.
11. Shao Y. et al. Rice Monitoring and Production Estimation Using Multitemporal RADARSAT // Remote Sensing of Environment. 2001. T. 76. № 3. С. 310–325.
12. Нефть, газ Арктики // Материалы международной научно-технической конференции / под ред. В.П. Гаврилова. М.: Интерконтакт Наука, 2007. 352 с.
13. Николаев М.Е. Арктика в системе ценностей Планеты // Ресурсы регионов России. М.: ВНИИЦ, 1999.
14. Милованова М.С. Разработка содержания и технологии геоинформационного обеспечения космического топографического мониторинга арктических территорий: дис. ... канд. техн. наук по специальности: 25.00.35 «Геоинформатика». М.: МГУГиК, 2012. 180 с.
15. Геоэкология СССР. Западная Сибирь / под ред. Э.Д. Ершова. М.: Недра, 1989. 454 с.

16. Савиных В.П., Шаров А.И. Картографирование изменений приливных ледников Шпицбергена по данным спутниковой интерферометрии и альтиметрии. Комплексные исследования Арктики. М.: МИИГАиК, 2006. С. 243–260.
17. Савиных В.П., Малинников В.А., Сладкопечев С.А., Цыпина Э.М. География из космоса. М.: МИИГАиК, 2000.
18. Савиных В.П. Комплексные исследования Арктики с использованием данных дистанционного зондирования. М.: МИИГАиК, 2006. 266 с.
19. Савиных В.П., Цветков В.Я. Особенности интеграции геоинформационных технологий и технологий обработки данных дистанционного зондирования // Информационные технологии. 1999. № 10. С. 36–40.
20. Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоданные как системный информационный ресурс // Вестник Российской Академии наук. 2014. Т. 84. № 9. С. 826–829.

УДК 620

Р. Ю. ГАЛИАХМЕТОВА

t0986ggg@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А. И. ЖУК

Уфимский государственный авиационный технический университет

АНАЛИЗ ЗАКОНЦОВОК НЕСУЩЕГО ВИНТА

Аннотация. Рассмотрены законцовки несущего винта, их влияние на КПД несущего винта, геометрические характеристики и влияние скорости звука на лопасть.

Ключевые слова: несущий винт, законцовка, геометрические характеристики, вертолет.

Лопастей несущих винтов работают в сложных условиях, формируемых их вращением и увеличением скорости потока воздуха вдоль радиуса винта. При этом на концевом участке лопасти создается сложный вихревой поток обтекающего концы винта воздуха, что в значительной степени влияет на эффективность несущего винта в целом. Выбор рациональной геометрии концевой части лопасти (законцовки) может заметно улучшить аэродинамические характеристики работы винта. Помимо проблем возникновения вихревых потоков и срывов потока при высоких скоростях вращения возникают проблемы с поведением самой лопасти, обусловленные жесткостью и прочностными свойствами. Высокие скорости работы при классической конструкции лопастей приводят к резкому перепаду давлений между лобовой и тыльной сторонами лопасти. Этот перепад давлений инициирует возникновение концевых вихрей, на которые тратится до 30% полезной энергии. А при приближении скорости обтекания концов лопасти к скорости звука появляются ударные волны, срывы потоков на концах лопастей. Возникают продольные крутильные колебания и вибрации лопастей, высокие изгибающие моменты, приводящие к снижению эффективности работы винта, а порой к деформациям и разрушению. В связи с этим уделяется большое внимание разработке особых законцовок лопастей, снижающих подобные негативные явления.

Рассмотрены несколько вариантов законцовок несущего винта вертолета, такие как, законцовка в виде концевой шайбы, стреловидной законцовки, гибридной законцовки. Сравнивая конструкции можно выявить основные преимущества и недостатки:

1) Законцовка в виде концевой шайбы

Законцовка в виде концевой шайбы, рисунок 1, при больших углах атаки, например, на взлете или посадке, когда интенсивность концевого вихря на лопасти максимальна, передняя поверхность законцовки, создавая подсосывающую силу разворачивает концевой вихрь в сторону продолжения лопасти, увеличивая тем самым эффективное удлинение лопасти. За счет этого снижается индуктивное сопротивление законцовки и лопасти в целом.

Энергия набегающего потока почти полностью реализуется в обратную подъемную силу в зоне законцовки, в то время как в районе задней кромки законцовки образуется устойчивое вихревое течение, безотрывное по отношению к задней поверхности законцовки. Такое взаимодействие двух устойчивых безотрывных структур потока в зонах передней и задней кромок законцовки создаст безотрывное обтекание законцовки в целом. При этом, наличие отрицательной подъемной силы в зоне законцовки, благоприятно трансформирует общую эпюру распределения давления вдоль лопасти, сдвигая точку приложения равнодействующей подъемной силы к корню - за счет создания небольшой зоны отрицательной подъемной силы на законцовке, что соответственно уменьшает изгибающий момент.

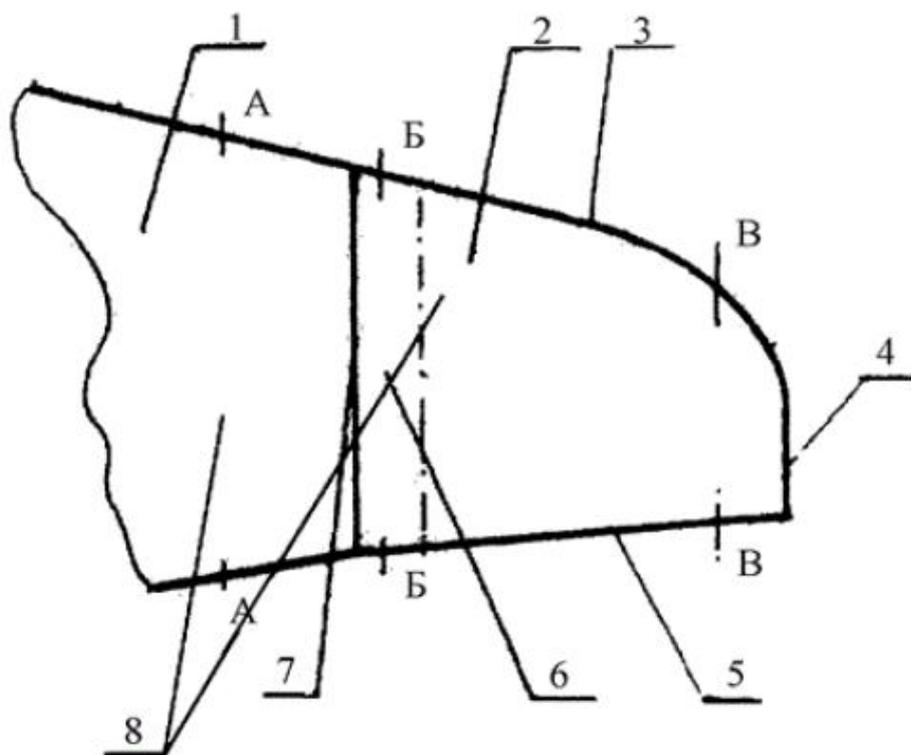


Рис. 1. Законцовка в виде концевой шайбы

Однако, выполнение профиля нижней поверхности законцовки выпуклой, а верхней - вогнутой приводит к усилению проявления эффекта воздействия радиального течения воздуха, направленного вдоль лопасти к комлю. На верхней части законцовки лопасти линии тока оказываются направлены в сторону комля винта, а на нижней - в противоположную сторону. Данный эффект нивелирует значение отрицательной подъемной силы на законцовке. При этом дополнительные негативные завихрения создает переход от лопасти к законцовке, когда выпуклая поверхность переходит в вогнутую на верхней поверхности лопасти, и от вогнутой или плоской поверхности к выпуклой - на нижней. Эти завихрения снижают общую подъемную силу винта. [1]

2) Стреловидная законцовка

Стреловидная законцовка, рисунок 2, по сравнению с обычной лопастью прямоугольной формы уменьшение хорды на наружном конце лопасти улучшает технические характеристики, в частности, при большой скорости. Это улучшение объясняется уменьшением сопротивления в результате уменьшения хорды на конце. Динамические нагрузки в этой зоне воздействуют на более тонкую часть, в то время как центральная часть лопасти, которая не подвержена ударам, обеспечивает основную подъемную силу с максимальными аэродинамическими качествами. Кроме того, для того, чтобы отодвинуть порог появления ударных волн и ограничить их интенсивность, отгибают свободный конец лопасти в направлении назад.

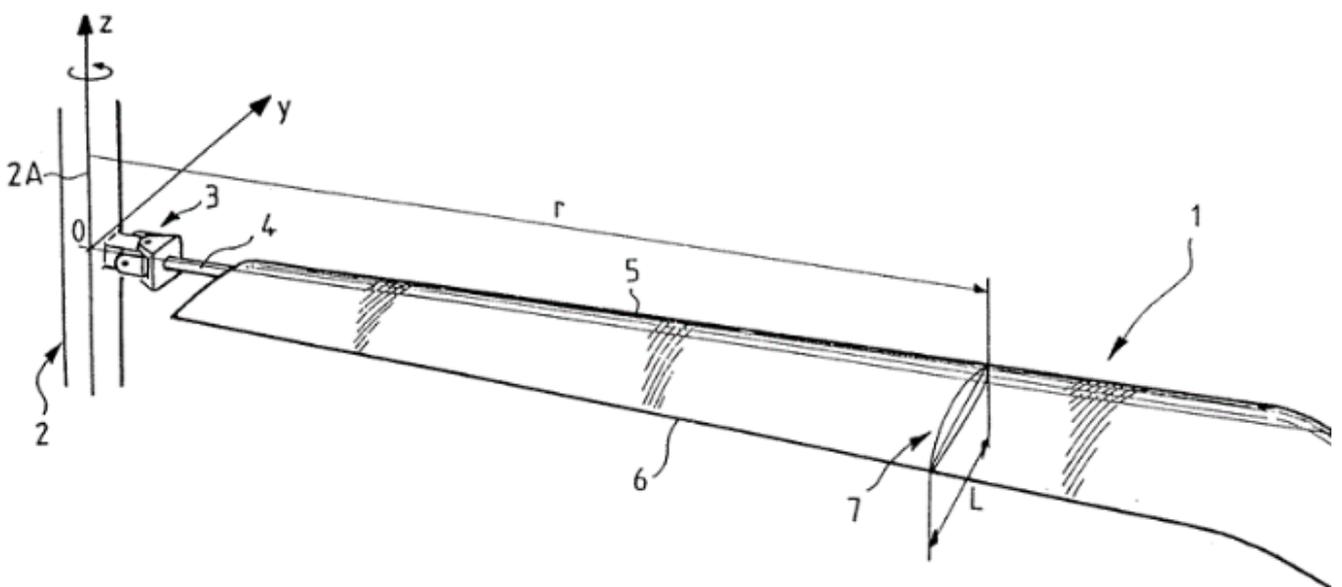


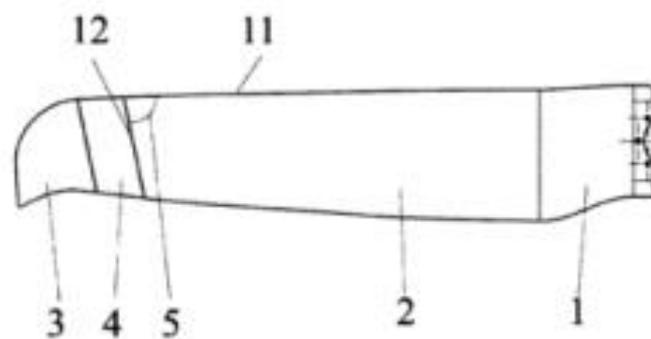
Рис. 2. Стреловидная законцовка

Стреловидная форма законцовки уменьшает эффективное число Маха, и, таким образом, придание стреловидности свободному концу лопасти является эффективным средством для уменьшения неблагоприятных последствий в виде завихрений и ударных волн.

Однако величина угла стреловидности и протяженность размаха ограничены скручивающими усилиями, которые возникают в результате смещения назад аэродинамической подъемной силы. Более того, при традиционной аэродинамической компоновке лопасти, когда установлен изогнутый вверх профиль по всему размаху лопасти до самого ее конца, имеет место известный концевой эффект лопасти. Сжатый на нижней поверхности лопасти воздух устремляется вверх в зону разрежения на верхней поверхности лопасти, создавая завихрения. Такие негативные явления не только снижают аэродинамическое качество лопасти, но и требуют повышения конструкционной прочности и жесткости лопастей, что неизбежно ведет к увеличению веса лопастей. Эти недостатки особенно актуальны для малых летательных аппаратов. [3]

3) Гибридная законцовка

Варианты конструкции концевой части лопасти со вставкой и гибридной законцовкой, рисунок 3, позволяют создавать повышенное давление на фронтальной стороне вставки и пониженное давление (разрежение) на обратной стороне вставки. При этом стреловидная закругленная законцовка, расположенная параллельно лопасти предотвращает формирование паразитных завихрений, образуемых на концах вставок при отсутствии таких законцовок, что также препятствует срыву потока на обратной стороне вставок при высоких оборотах. Такое перераспределение давления на периферийной части винта заметно снижает энергию вихреобразования и, соответственно, повышает КПД винта, а также уменьшает крутильные колебания и изгибающие моменты. Причем сама конструкция законцовок лопасти со вставками обеспечивает повышение продольной и поперечной жесткости, что еще более снижает вероятность вибраций и крутильных колебаний. Конкретные пределы величины углов подобраны в результате экспериментов по критерию максимальной подъемной силы под нагрузкой для двулопастных винтов. Проведенные натурные испытания заявленных вариантов конструкции под нагрузкой показали повышение подъемной силы на 13-15% на двулопастных винтах с относительно широкими лопастями. [2]



Фиг. 1

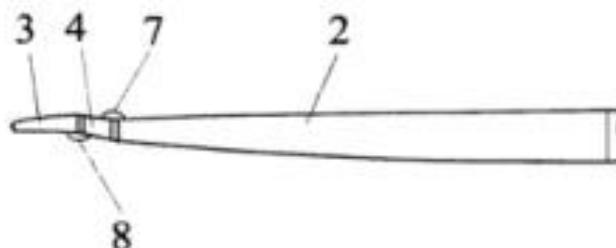


Рис. 3. Гибридная законцовка

Сравнительная таблица законцовок несущего винта вертолета представлена в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительная таблица законцовок НВ вертолета

	КПД	Влияние скорости звука на лопасть	Геометрическая характеристика
Классическая законцовка	Потеря до 30% полезной энергии.	Ударные волны, срывы потока.	Крутильные вибрации лопастей, увеличение изгибающих моментов.
Законцовка в виде концевой шайбы	Снижение подъемной силы.	-	Уменьшение индуктивного сопротивления, уменьшение изгибающего момента.
Стреловидная законцовка	Подъемная сила с максимальным аэродинамическим качеством.	Уменьшение завихрений и ударных волн.	Увеличение веса лопасти.
Гибридная законцовка	Повышение подъемной силы.	Нет паразитный завихрений.	Уменьшение крутильных моментов, изгибающего момента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электронный ресурс: <https://yandex.ru/patents> // «Законцовка лопасти вертолета» // URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU56329U1_20060910 - (Дата обращения 04.04.2022);
2. Электронный ресурс: <https://fips.ru> // «Лопасть несущего винта летательного аппарата» // URL: <https://fips.ru/iiss/document.xhtml?index=2> - (Дата обращения 04.04.2022);
3. Электронный ресурс: <https://yandex.ru/patents> // « Лопасть винта летательного аппарата вертолетного типа (варианты)» // URL: <https://fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=0befb8989a7a42ff398a1eb81eba5744> - (Дата обращения 04.04.2022);

УДК 621

М. О. ГОРЮХИН

terrorable2@yandex.com

Науч. руковод. – д-р. техн. наук, проф. Д. А. АХМЕДЗЯНОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОВОРОТА ЛОПАТОК РАБОЧЕГО КОЛЕСА ВЕНТИЛЯТОРА ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ ДИАПАЗОНА УСТОЙЧИВОЙ РАБОТЫ

Аннотация. Объектом исследования является вентилятор переменного шага для перспективного гражданского редукторного двухконтурного турбореактивного двигателя со сверхвысокой степенью двухконтурностью. В ходе расчета сформирован облик предполагаемого рабочего колеса вентилятора с предварительными термогазодинамическими данными для разработанной ранее силовой установки с тягой в 350 кН. Смоделирована и рассчитана модель вентилятора на различных углах установки в системе *ANSYS CFX*.

Ключевые слова: вентилятор с регулируемым шагом; расширение диапазона устойчивой работы.

Общие принципы

Вентиляторы с регулируемым шагом (Variable Pitch Fan – VPF) устраняют два препятствия на пути повышения эффективности силовой установки гражданских самолетов: требование расширенного стабильного рабочего диапазона вентилятора и нагрузку на реверсоры тяги, установленные на гондоле.

Основное направление совершенствования дозвуковых ТРДД – повышение степени двухконтурности m при одновременном повышении параметров цикла внутреннего контура – это ведет к повышению экономичности двигателя, при этом увеличиваются его размеры наружного контура и тяга, создаваемой в наружном контуре, снижаются оптимальная степень повышения давления и окружная скорость. При увеличении $m > 9 \dots 10$ может оказаться выгодным применение редукторного привода вентилятора. Это позволит значительно сократить число ступеней турбины и снизить общую массу двигателя при сохранении оптимальной частоты вращения вентилятора и турбины.

На крейсерских скоростях сопло заперто, а рабочая линия вентилятора довольно крутая и линейная. Однако на малых скоростях полета повышение давления в воздухозаборнике настолько мало, что сопло не запирается, следо-

вательно, рабочая линия вентилятора сильно изогнута и находится слева от рабочей линии крейсерской скорости полета, что потенциально снижает запас по устойчивой работе вентилятора до опасного уровня, особенно при более низких настройках дроссельной заслонки. Создание эффективной линии неустойчивой работы вентилятора можно осуществить, внедрив технологию постепенного уменьшения шага вентилятора по мере дросселирования двигателя [1].

Вентилятор с регулируемым углом наклона лопастей более эффективен в различных условиях, он может иметь почти постоянный КПД в широком диапазоне скоростей полета. Меньший угол атаки требует наименьшего крутящего момента, но более высоких оборотов в минуту, поэтому вентилятор с переменных шагом перемещает больше воздуха за один оборот и позволяет двигателю вращаться медленнее при перемещении эквивалентного объема воздуха, таким образом поддерживая необходимую скорость.

Винтовентилятор (ВВ) переменного шага обеспечивает максимальную тягу в большом диапазоне скоростей. Низкий шаг лопасти обеспечивает хорошее ускорение на низких скоростях (и скороподъемность самолета), а высокий шаг оптимизирует высокие скоростные характеристики и экономию топлива. Мелкий шаг используется во время взлета и посадки, тогда как более крупный шаг – для высокоскоростного крейсерского полета. Это связано с тем, что эффективный угол атаки лопасти уменьшается с увеличением воздушной скорости. Чтобы сохранить оптимальный эффективный угол атаки, необходимо увеличить шаг. Угол установки лопатки не совпадает с углом атаки. По мере увеличения скорости полета шаг увеличивается, чтобы угол атаки оставался постоянным. Углы установки лопастей вентилятора уменьшаются на низких скоростях самолета, чтобы избежать проблем с флаттером из-за заклинивания ВВ. Таким образом, усовершенствованные двигатели больше не нуждаются в добавлении сопла с изменяемой площадью на выходе из канала вентилятора, чтобы предотвратить флаттер, сэкономив дополнительный вес. На рис. 1 представлен обзор некоторых примечательных двигателей, использующих технологию переменного шага ВВ.

Также изменяя аэродинамические характеристики, можно оптимизировать не только рабочие характеристики, но и акустическое влияние вентилятора.

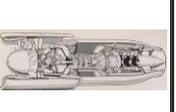
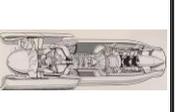
Тип АД	ТВВД с незакапотированным ВВ (Propfans)				ТРДД с закапотированным ВВ переменного шага и редуктором (Geared turbofan)	
	Кuznetsov NK-93	Progress D-27	Pratt & Whitney/Allison 578-DX	General Electric GE36	Rolls-Royce UltraFan	Turbomeca Astafan
Двигатель						
Вид						
Применение	Ил-96, Ту-204, Ту-330	Антонов Ан-70 Антонов Ан-180 Бериев А-42	Боинг 7J7, MD-91, MD-92 и MD-94X	Боинг 7J7, MD-94X	ЛА с сочлененным крылом	Rockwell 690A/TU Commander
Диаметр винтовентилятора (ВВ), м	2,9	4,5	3,54	3,25	3,56	0,665
Степень двухконтурности (m)	16,6	>20	56	35	15	8,8
Суммарная степень повышения давления (π_{Σ})	37	29,25	23,4/31,3	26	70	9
Максимальное полетное число Маха (Mп)	0,8	0,8	0,8-0,82	0,8	0,8	0,5
Удельный расход топлива на крейсерском режиме (Суд)	0,52 кг/(кгс·ч)	0,4 кг/(кгс·ч)	-	0,49 кг/(кгс·ч)	0,47 кг/(кгс·ч)	0,7 кг/(кгс·ч)
Год начала эксплуатации	1989	1988	1987	1985	2025	1969

Рис. 1. Обзор газотурбинных двигателей с изменяемым шагом ВВ

В оригинальной работе проводится исследование эффективности вентилятора с регулируемым шагом для расширения диапазона устойчивой работы с оглядкой на известные исследования в данной области [2–17].

Построение и расчет модели вентилятора с учетом анализа ограничений

Для данного вентилятора общие исходные данные по ступени приведены на рис. 2.

Исходные данные для вентилятора	
квх	1.400901423
Rвх, Дж/(кг*К)	287
Срвх, Дж/(кг*К)	1003.053105
A(квх,Rвх), ((кг*К)/Дж)^0.5	0.040427404
Нп, м	11000
Мп	0.8
m (ст. двух.)	15.4819
T*1вх, К	244.44
p*1вх, Па	34509
Gв сум, кг/с (физич.)	712.42
Gв out, кг/с (физич.)	669.196
Gв inn, кг/с (физич.)	43.224
пв*out (внеш.)	1.349
ηв*out (внеш.)	0.9186
пв*inn (внут.)	1.25
ηв*inn (внут.)	0.9195
пв* ср	1.342993465
ηв* ср	0.918654605
α1вх, град.	90
α1кП, град.	90
α1кI, град.	90
kG1 назначаем	0.98

Рис. 2. Общие исходные данные

Для выявления оптимальных параметров вентилятора на входе (окружной скорости на периферии $u_{1к}$, приведенной скорости λ_1 и относительного втулочного диаметра $\bar{d}_{1вх}$) проводится исследование, которое подразумевает под собой их варьирование в заданных диапазонах (рис. 3). Оценка производится на входе, так как межлопаточный канал вентилятора (компрессора) имеет диффузорный характер, а значит на входе наблюдаются наибольшие значения параметров скорости.

	d 1m ³ /var u _{1к} =320 м/с (const) λ ₁ =0.5 (const)	d 1m ³ /var u _{1к} =350 м/с (const) λ ₁ =0.5 (const)	d 1m ³ /var u _{1к} =380 м/с (const) λ ₁ =0.5 (const)	d 1m ³ /var u _{1к} =410 м/с (const) λ ₁ =0.5 (const)
1				
2				
3				
4				

Рис. 3. Таблицы варьирования параметров

По диаграмме Холла (рис. 4) определяется коридор значений для параметров $u_{1к}$ и λ_1 при различных значениях $\bar{d}_{1вх}$.

Рекомендуемые значения $u_{1к}$, м/с в зависимости от типа вентилятора: дозвуковая – 300...360; трансзвуковая – 360...420; сверхзвуковая – 420...500.

На рисунке 2.1.4 также оценивается ограничение по максимальной относительной приведенной скорости на входе в вентилятор (принимаемое предельное значение $\lambda_{w1к} = 1,35$ – не является «жестким» ограничением).

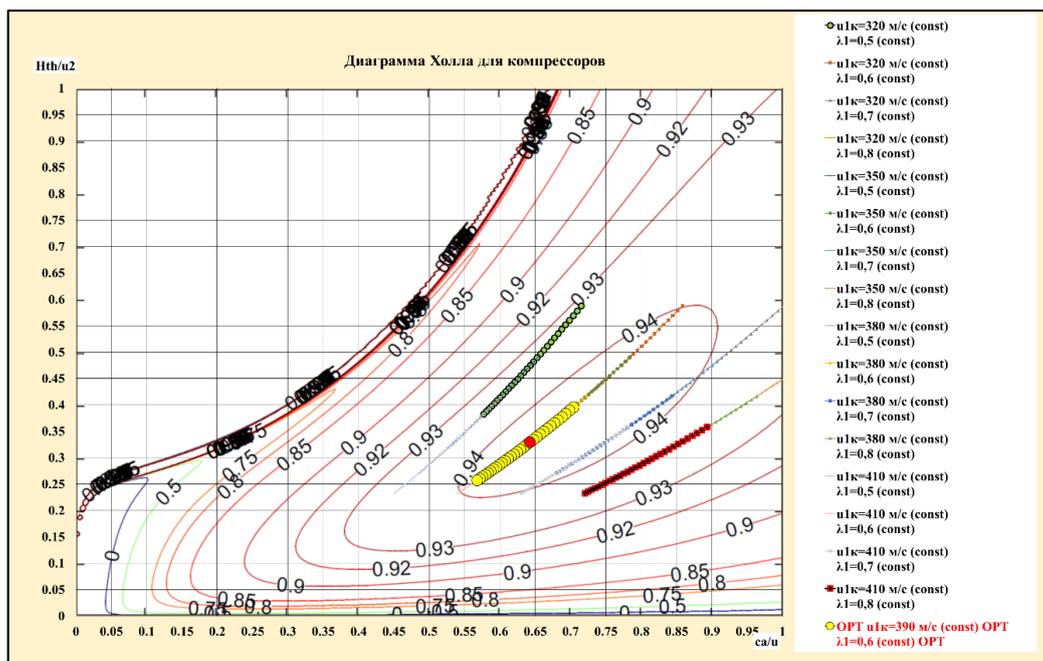


Рис. 4. Оценка прогнозируемого КПД вентилятора по диаграмме Холла

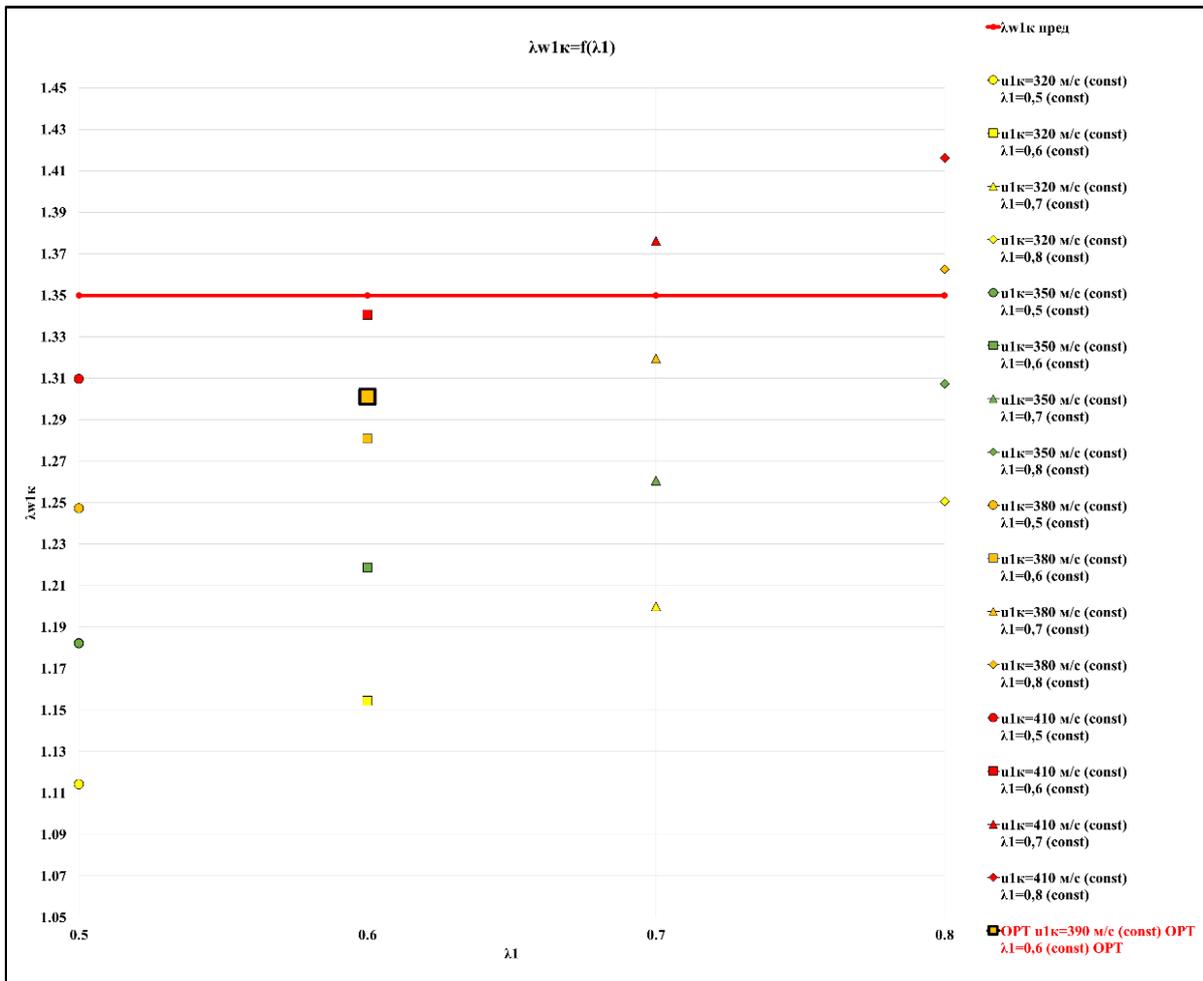


Рис. 5. Расчетные значения $\lambda_{w1\kappa}$ в сравнение с предельным

На рис. 6 приведено ограничение, применяемое при оценке производительности компрессора $\bar{G}_{K1} = (1 - \bar{d}_{1\text{BX}}^2) \cdot q(\lambda_1) \cdot \sin \alpha_1$ (диапазон выбирается по типу вентилятора 0,6...0,65 – для дозвуковых; до 0,7 – для трансзвуковых; до 0,78 – для сверхзвуковых).

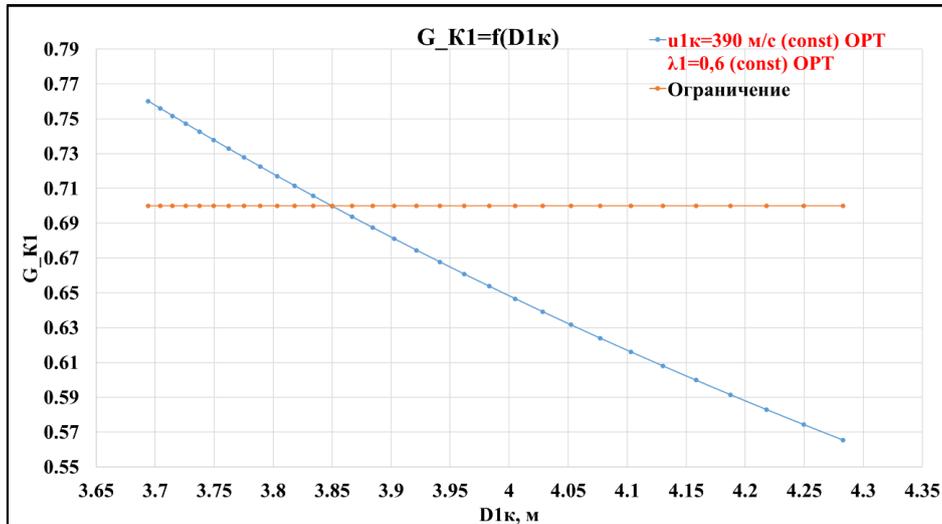


Рис. 6. Значения производительности вентилятора при оптимальных параметрах и переменной $\bar{d}_{1\text{BX}}$

Выбор оптимальных параметров производится из условия наилучшего значения КПД на диаграмме Холла и умеренных значений $\bar{d}_{1ВХ} = 0,3 \dots 0,4$ (влияет на габарит $D_{1К}$), чтобы при этом обеспечивалась необходимая производительность вентилятора.

Оптимальная точка (с принятым $\bar{d}_{1ВХ} = 0,37$) по результатам анализа данных приведена на рис. 7 (легенда которой на рис. 4–6 выделена красным).

$u_{1К}=390 \text{ м/с (const) OPT}$
 $\lambda_1=0,6 \text{ (const) OPT}$

Анализ влияния линейной скорости на поток в вентиляторе

Номер	$u_{1К}, \text{ м/с}$	λ_1	M	$q(\lambda_1)$	$\alpha_{кр}, \text{ м/с}$	$c^*_{кр}, \text{ м/с}$	$w_{1К}, \text{ м/с}$	$\Gamma^*_{w_{1К}, К}$	$\alpha_{кр}, \text{ м/с}$	$\lambda_{w_{1К}}$	$Fl, \text{ м}^2$	$d_{1ВХ}$	$D_{1ВХ}, \text{ м}$	$D_{2ВХ}, \text{ м}$	$D_{3ВХ}, \text{ м}$	$n, \text{ об/мин}$	$u_{cp}, \text{ м/с}$	$\eta_{аэ}$	$\eta_{мех}$	$G, \text{ Кг}$
1	300	0,6	0,56480464	0,810787316	286,1269117	171,676147	426,1134819	320,2885181	327,5087555	1,301075085	10,0480316	0,25	3,694110798	0,923277	2,308819249	2016,304259	243,75	0,704312398	0,395562957	0,760113109
2	300	0,6	0,56480464	0,810787316	286,1269117	171,676147	426,1134819	320,2885181	327,5087555	1,301075085	10,0480316	0,26	3,704199982	0,965809199	2,338495976	2010,812453	245,7	0,698726017	0,389309095	0,75978094
3	300	0,6	0,56480464	0,810787316	286,1269117	171,676147	426,1134819	320,2885181	327,5087555	1,301075085	10,0480316	0,27	3,714722868	1,002886674	2,38880771	2005,080492	247,65	0,693708641	0,383302381	0,751688021
4	300	0,6	0,56480464	0,810787316	286,1269117	171,676147	426,1134819	320,2885181	327,5087555	1,301075085	10,0480316	0,28	3,725841042	1,043233492	2,384583267	1999,132881	249,6	0,687890076	0,377283232	0,747221591
5	300	0,6	0,56480464	0,810787316	286,1269117	171,676147	426,1134819	320,2885181	327,5087555	1,301075085	10,0480316	0,29	3,737416735	1,083385083	2,410633760	1992,941078	251,55	0,682432584	0,371412247	0,742600103
6	300	0,6	0,56480464	0,810787316	286,1269117	171,676147	426,1134819	320,2885181	327,5087555	1,301075085	10,0480316	0,3	3,749512961	1,124853888	2,437183425	1986,511692	253,5	0,67722346	0,365720189	0,737816658
7	300	0,6	0,56480464	0,810787316	286,1269117	171,676147	426,1134819	320,2885181	327,5087555	1,301075085	10,0480316	0,31	3,762145446	1,166284499	2,464204022	1979,842408	255,45	0,672353015	0,360157986	0,732870655
8	300	0,6	0,56480464	0,810787316	286,1269117	171,676147	426,1134819	320,2885181	327,5087555	1,301075085	10,0480316	0,32	3,77532317	1,208103414	2,491713292	1972,930793	257,4	0,666962498	0,354721717	0,727726205
9	300	0,6	0,56480464	0,810787316	286,1269117	171,676147	426,1134819	320,2885181	327,5087555	1,301075085	10,0480316	0,33	3,789067426	1,250392251	2,519729838	1965,74292	259,35	0,66147743	0,349407609	0,722492578
10	300	0,6	0,56480464	0,810787316	286,1269117	171,676147	426,1134819	320,2885181	327,5087555	1,301075085	10,0480316	0,34	3,803392874	1,293153377	2,548272725	1958,37022	261,3	0,657070834	0,344212029	0,717803032
11	300	0,6	0,56480464	0,810787316	286,1269117	171,676147	426,1134819	320,2885181	327,5087555	1,301075085	10,0480316	0,35	3,818317103	1,336410966	2,577364845	1950,71572	263,25	0,652114109	0,339131479	0,71346857
12	300	0,6	0,56480464	0,810787316	286,1269117	171,676147	426,1134819	320,2885181	327,5087555	1,301075085	10,0480316	0,36	3,833838803	1,380180169	2,607023986	1942,807941	265,2	0,647449554	0,334161586	0,709370928
13	300	0,6	0,56480464	0,810787316	286,1269117	171,676147	426,1134819	320,2885181	327,5087555	1,301075085	10,0480316	0,37	3,850003783	1,4245414	2,63727591	1934,64367	267,15	0,64262408	0,3293201	0,699790853
14	300	0,6	0,56480464	0,810787316	286,1269117	171,676147	426,1134819	320,2885181	327,5087555	1,301075085	10,0480316	0,38	3,866875303	1,469412615	2,668143959	1925,219687	269,1	0,637964129	0,324546902	0,693709628
15	300	0,6	0,56480464	0,810787316	286,1269117	171,676147	426,1134819	320,2885181	327,5087555	1,301075085	10,0480316	0,39	3,88439367	1,514913311	2,699653601	1917,53256	271,05	0,633374459	0,319789396	0,687166565
16	300	0,6	0,56480464	0,810787316	286,1269117	171,676147	426,1134819	320,2885181	327,5087555	1,301075085	10,0480316	0,4	3,902616823	1,561045729	2,731831776	1908,876698	273	0,628850355	0,31545367	0,681161346
17	300	0,6	0,56480464	0,810787316	286,1269117	171,676147	426,1134819	320,2885181	327,5087555	1,301075085	10,0480316	0,41	3,921570196	1,60784378	2,764769688	1899,354331	274,95	0,624390424	0,311883316	0,674493968
18	300	0,6	0,56480464	0,810787316	286,1269117	171,676147	426,1134819	320,2885181	327,5087555	1,301075085	10,0480316	0,42	3,941280879	1,655337969	2,798309424	1889,855497	276,9	0,619993308	0,308523095	0,66774434
19	300	0,6	0,56480464	0,810787316	286,1269117	171,676147	426,1134819	320,2885181	327,5087555	1,301075085	10,0480316	0,43	3,961777752	1,703564433	2,832671093	1880,078036	278,85	0,615657691	0,305224809	0,660872741
20	300	0,6	0,56480464	0,810787316	286,1269117	171,676147	426,1134819	320,2885181	327,5087555	1,301075085	10,0480316	0,44	3,983091616	1,752560111	2,867828963	1870,017578	280,8	0,61138229	0,301966776	0,653718892
21	300	0,6	0,56480464	0,810787316	286,1269117	171,676147	426,1134819	320,2885181	327,5087555	1,301075085	10,0480316	0,45	4,005255353	1,802368091	2,903810131	1859,669529	282,75	0,60716586	0,298767715	0,646612825
22	300	0,6	0,56480464	0,810787316	286,1269117	171,676147	426,1134819	320,2885181	327,5087555	1,301075085	10,0480316	0,46	4,028230493	1,853019883	2,940661988	1849,029062	284,7	0,60300719	0,29559455	0,63923272
23	300	0,6	0,56480464	0,810787316	286,1269117	171,676147	426,1134819	320,2885181	327,5087555	1,301075085	10,0480316	0,47	4,052275403	1,904569438	2,978224319	1838,091097	286,65	0,5989051	0,292422009	0,631843938
24	300	0,6	0,56480464	0,810787316	286,1269117	171,676147	426,1134819	320,2885181	327,5087555	1,301075085	10,0480316	0,48	4,07729485	1,957060553	3,017135019	1826,850292	288,6	0,59485844	0,289271891	0,624919519
25	300	0,6	0,56480464	0,810787316	286,1269117	171,676147	426,1134819	320,2885181	327,5087555	1,301075085	10,0480316	0,49	4,103149426	2,010542219	3,056846232	1815,30102	290,55	0,59086418	0,286130072	0,616117252
26	300	0,6	0,56480464	0,810787316	286,1269117	171,676147	426,1134819	320,2885181	327,5087555	1,301075085	10,0480316	0,5	4,130141431	2,065070715	3,097606073	1803,437355	292,5	0,586926998	0,283046498	0,60809487
27	300	0,6	0,56480464	0,810787316	286,1269117	171,676147	426,1134819	320,2885181	327,5087555	1,301075085	10,0480316	0,51	4,158231516	2,120699901	3,139467513	1791,25305	294,45	0,583030065	0,280107011	0,599901535
28	300	0,6	0,56480464	0,810787316	286,1269117	171,676147	426,1134819	320,2885181	327,5087555	1,301075085	10,0480316	0,52	4,187483827	2,177491519	3,182487709	1778,741517	296,4	0,579234275	0,26751201	0,591550426
29	300	0,6	0,56480464	0,810787316	286,1269117	171,676147	426,1134819	320,2885181	327,5087555	1,301075085	10,0480316	0,53	4,217944986	2,235510843	3,226727014	1765,8998	298,35	0,57548626	0,264024698	0,583071359
30	300	0,6	0,56480464	0,810787316	286,1269117	171,676147	426,1134819	320,2885181	327,5087555	1,301075085	10,0480316	0,54	4,249698049	2,294827465	3,272383078	1752,708952	300,3	0,571862141	0,26011874	0,574561755
31	300	0,6	0,56480464	0,810787316	286,1269117	171,676147	426,1134819	320,2885181	327,5087555	1,301075085	10,0480316	0,55	4,282757156	2,355516436	3,319136796	1739,170002	302,25	0,567993869	0,257259987	0,565524153

Рис. 7. Оптимальные значение параметров

Оценка влияние различных параметров $u_{1К}$ и λ_1 при переменных значениях $\bar{d}_{1ВХ}$ приведена на рис. 8.

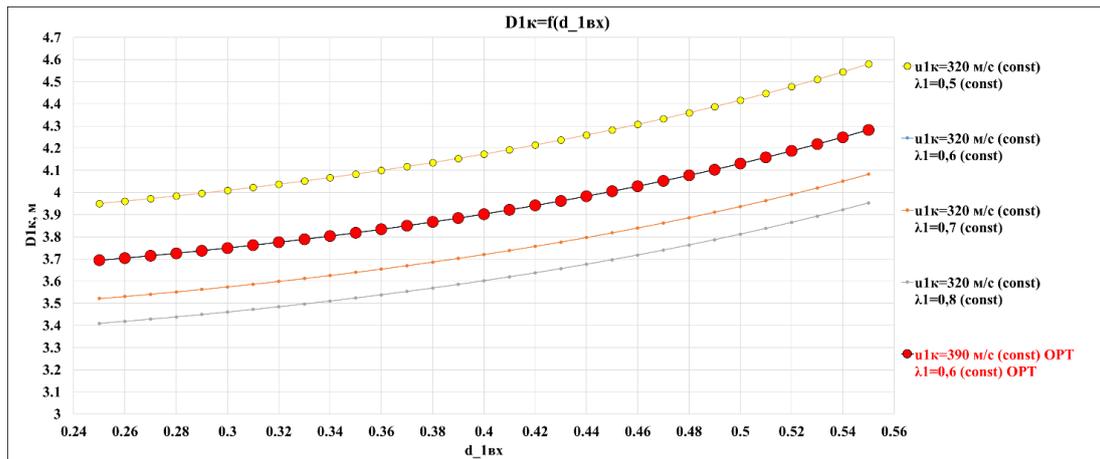


Рис. 8. Влияние изменения $u_{1К}$, λ_1 и $\bar{d}_{1ВХ}$ на значения размера $D_{1К}$

На рис. 9 изображен предварительный расчет вентилятора.

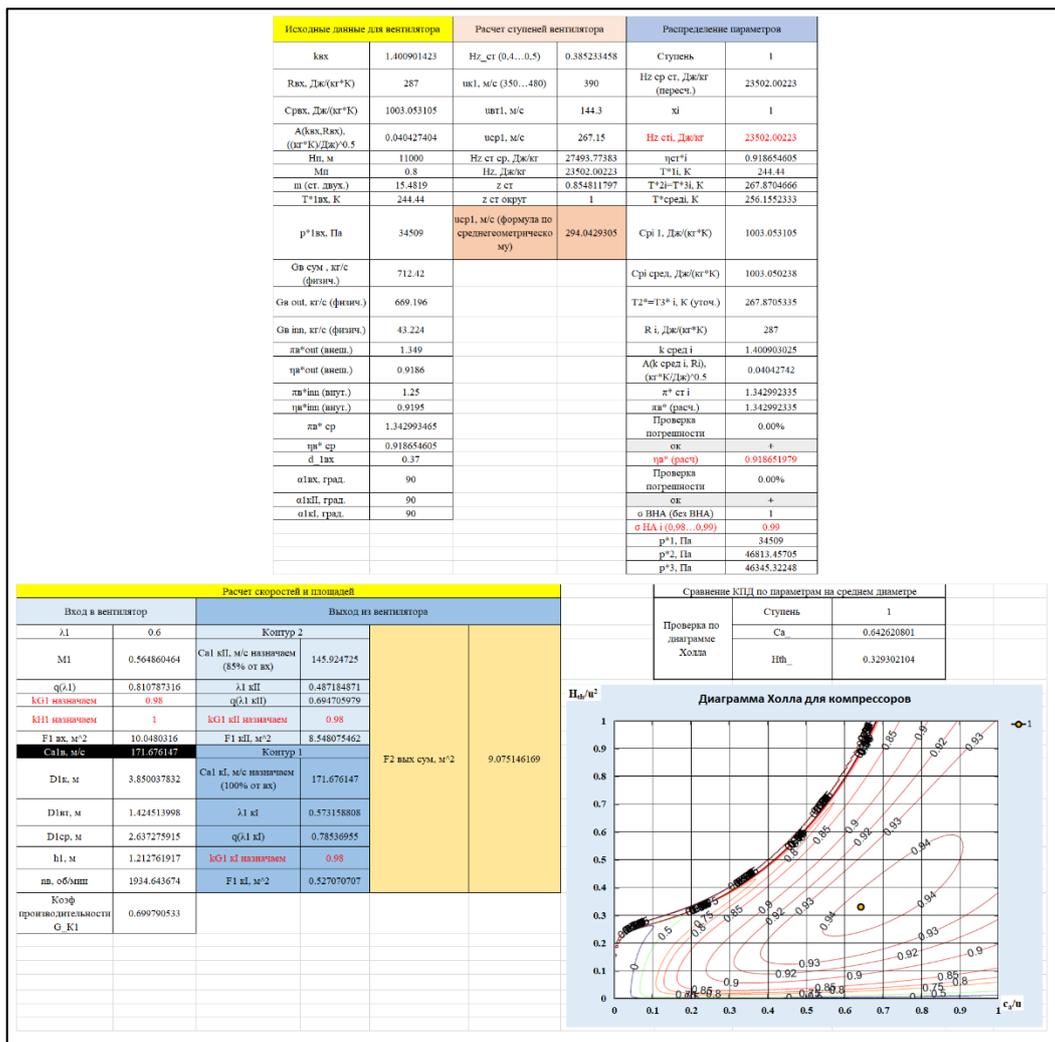


Рис. 9. Предварительный расчет вентилятора

Использование проточной части (далее ПЧ) $D_{ВТ} = const$ имеет под собой обоснование: при данной ПЧ возвышение основания лопатки РК в вентиляторе с поворотной конструкцией этих РК имеет наименьшую высоту на раскрытых или прикрытых углах установки, что дает наименьшее перекрытие ПЧ, а значит и наименьшие потери. К тому же большинство существующих двигателей с ВВ переменного шага имеют подобную ПЧ (НК-93, Д-27, GE-36 и др.).

Для последующего расчета вентилятора по параметрам на среднем радиусе и профилирования по высоте применяется СИМ *TURBOCOM* (рис. 10–11).

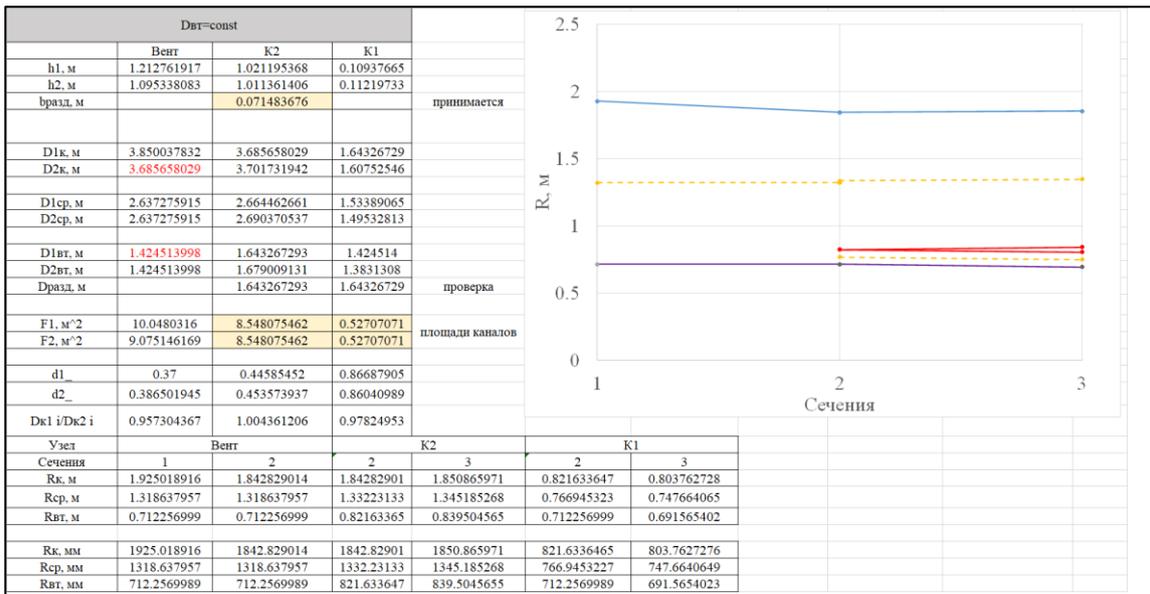


Рис. 10. Расчет вентилятора при $D_{BT} = const$

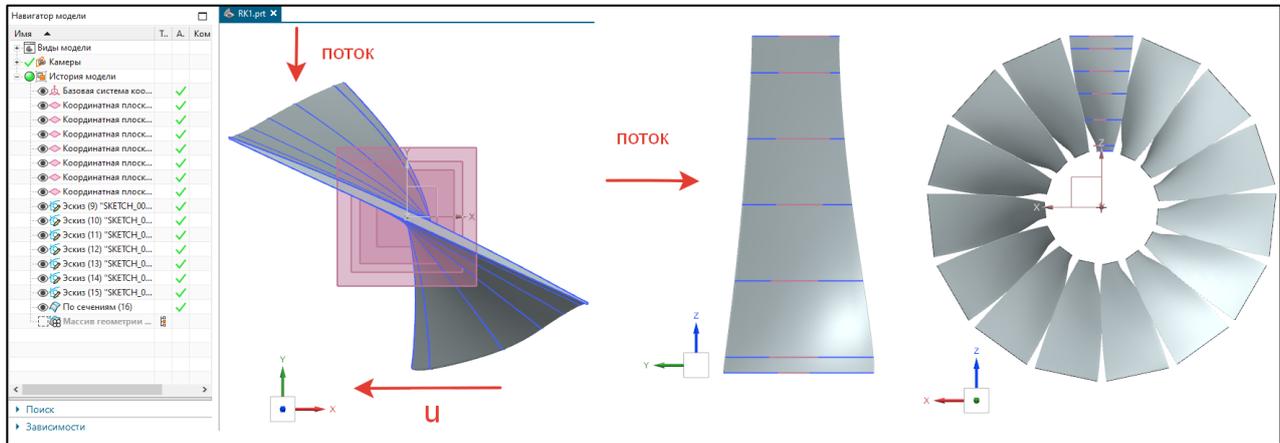


Рис. 11. 3D-модель РК вентилятора в программе *Siemens NX*

После получения 3D-модели РК необходимо получить напорные ($\pi_{РК}^* = f(G_{Впр})$) и КПД ($\eta_{РК}^* = f(G_{Впр})$) характеристики РК на проектной частоте 100% на базовом угле установки (γ_0).

Построение ветки 100% характеристик РК вентилятора с помощью САЕ-системы ANSYS CFX

Предварительно производится настройка модели лопатки РК в программе ANSYS. Модель лопатки экспортируется в формате *Parasolid*. Далее в модуле *Design Modeler* у модели обрисовывается ПЧ. После этого производится настройки конечно-элементной (сеточной) модели в модуле *TurboGrid*.

Настроив сеточную модель, производится настройка граничных условий в модуле *CFX-Pre*. После этого модель ставится на расчет в модуле *CFX-Solver Manager* (рис. 12–15).

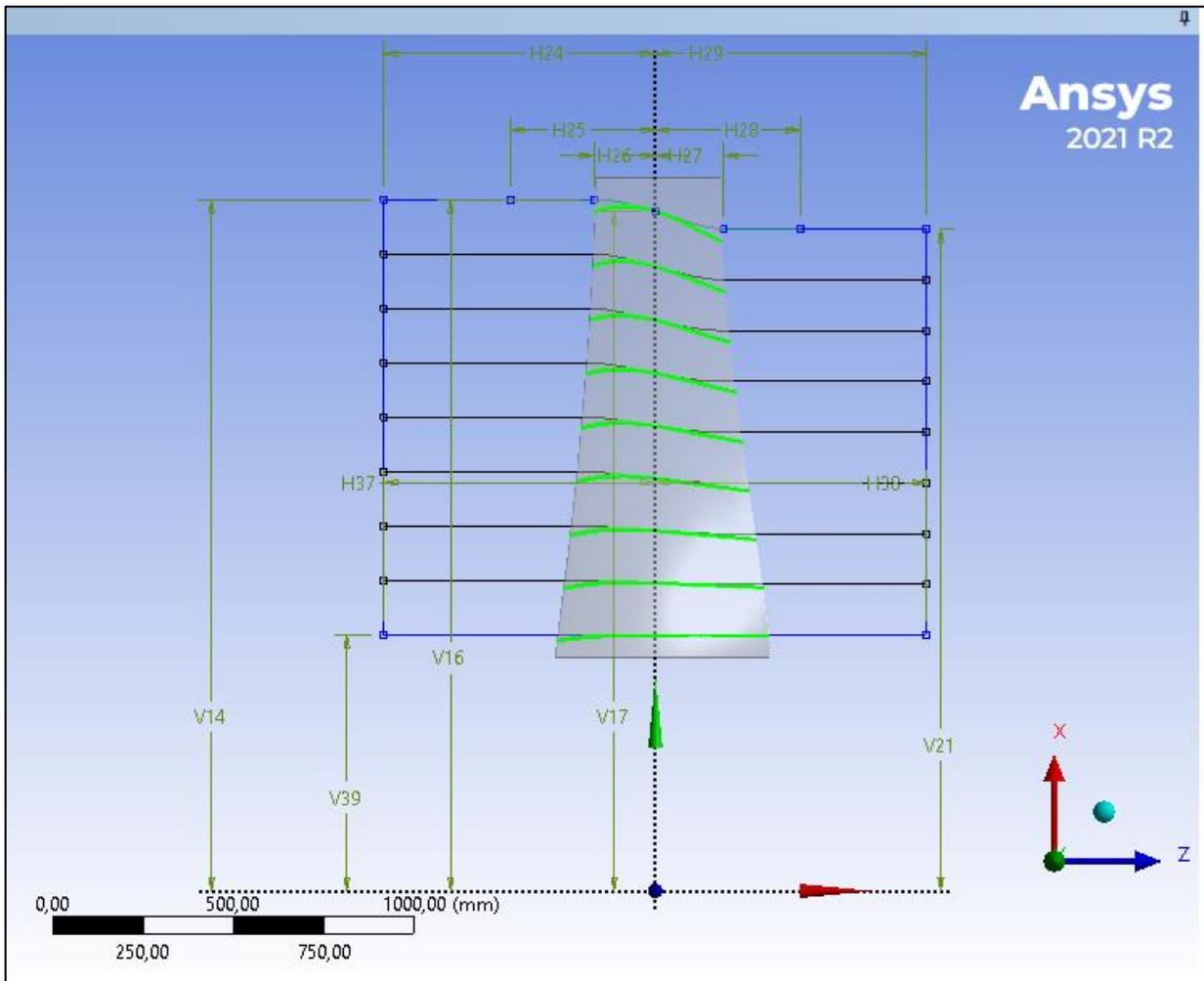


Рис. 12. Настройка обводов лопатки РК вентилятора в модуле *Design Modeler*

γ (рад. зазор), мм=0.005...0.007* h_{1l} =6.063809585 (рекомендуемый)
 γ (рад. зазор), мм=5 (принятый)

Основные настройки сетки (общий $y+=10$)

Размеры сетки

Зоны сетки РК

Статистика сетки (все в пределах нормы)

Также произведены доп. сгущения сетки у кромок, сплиски и корытцы

Mesh Measure	Value	% Bad
Minimum Face Angle	43.3865 [degree]	0.0000 ✓
Maximum Face Angle	146.692 [degree]	0.0000 ✓
Maximum Element Volume Ratio	10.7937	0.0000 ✓
Minimum Volume	2.05729e-12 [m ³]	0.0000 ✓
Maximum Edge Length Ratio	431.025	0.0000 ✓
Maximum Connectivity Number	10	0.0000 ✓

Рис. 13. Настройка сеточной модели в модуле *TurboGrid*

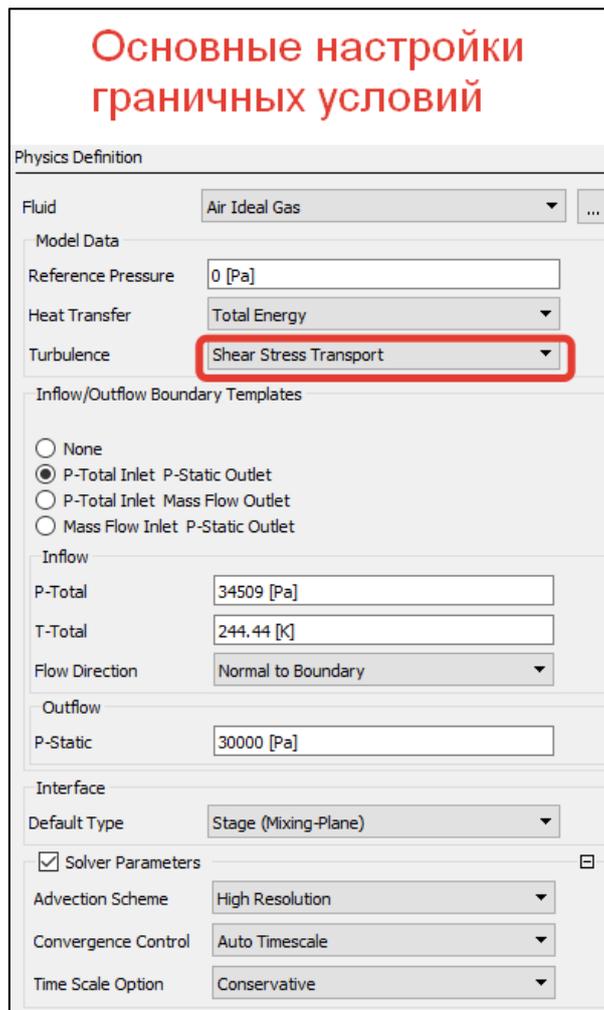


Рис. 14. Настройка граничных условий в модуле *CFX-Pre*

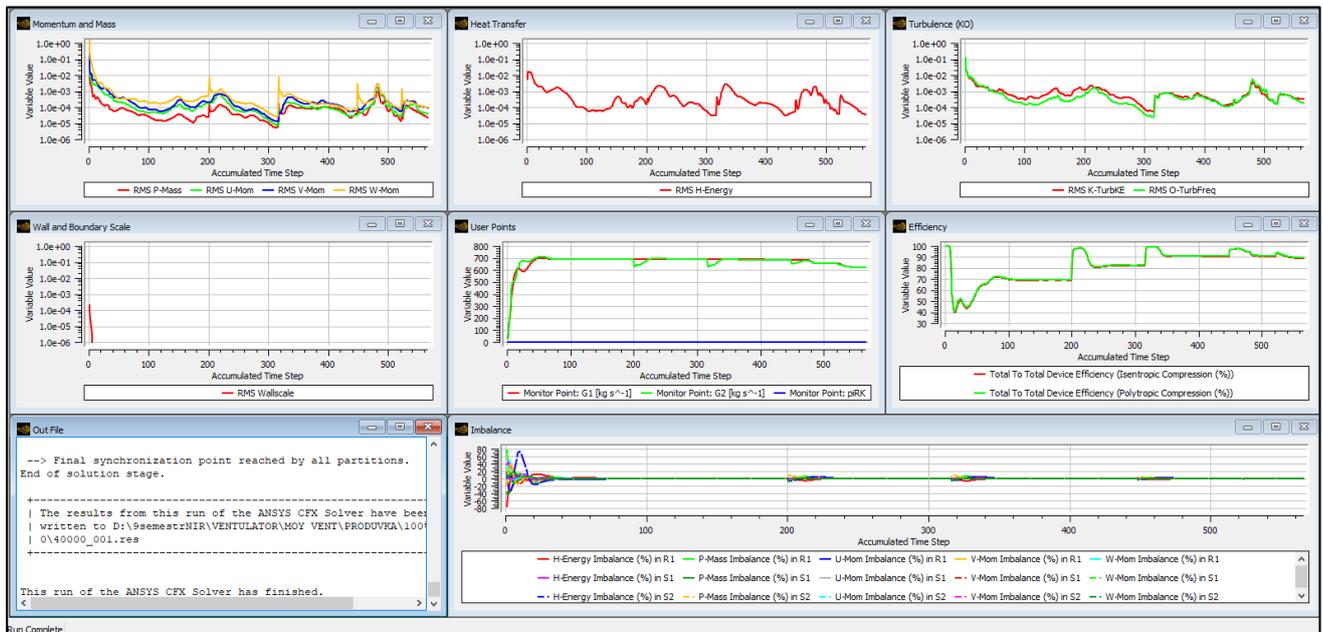


Рис. 15. Расчеты характеристики в модуле *CFX-Solver Manager*

Далее проводится изменение угла установки ($\Delta\gamma = \gamma_0 \pm \gamma_i$) на -5° («-») – раскрытие угла) (рис. 16), и на $+5^\circ$ («+») – закрытие угла) (рис. 17).

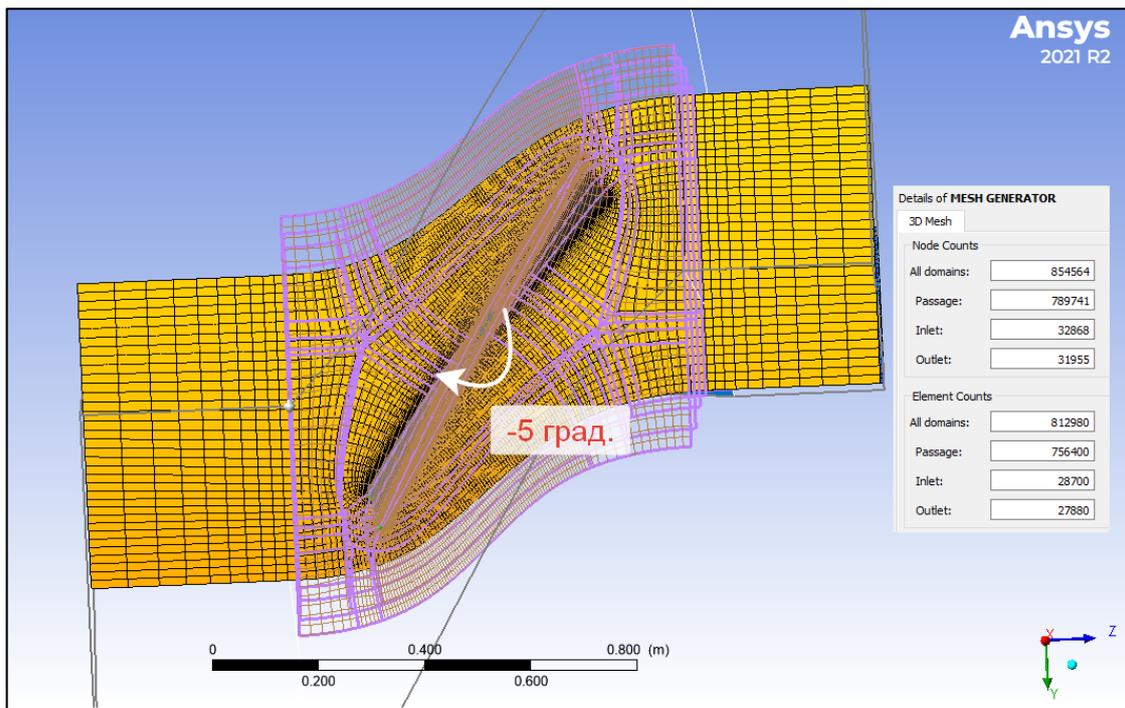


Рис. 16. Сеточная модель повернутой лопатки РК на угол -5°

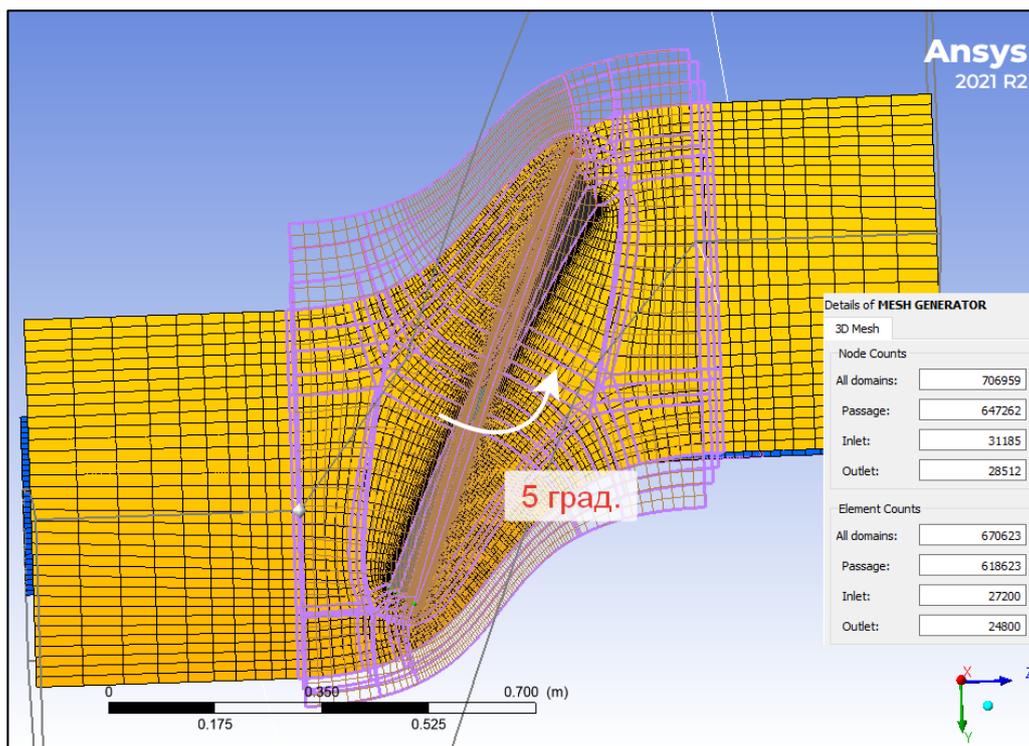


Рис. 17. Сеточная модель повернутой лопатки РК на угол $+5^\circ$

На рис. 18 приведен анализ полученных данных по расчетам характеристик на углах установки 0° , -5° и $+5^\circ$ при $n_{\text{физ}} = 1935 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$ (100%).

Также, чтобы построить характеристики необходимо определить приведенные параметры по расходу воздуха: $G_{\text{Впр}} = G_{\text{Вфиз}} \cdot \frac{101325}{p_{\text{Вх}}^*} \cdot \sqrt{\frac{T_{\text{Вх}}^*}{288,16}}$.

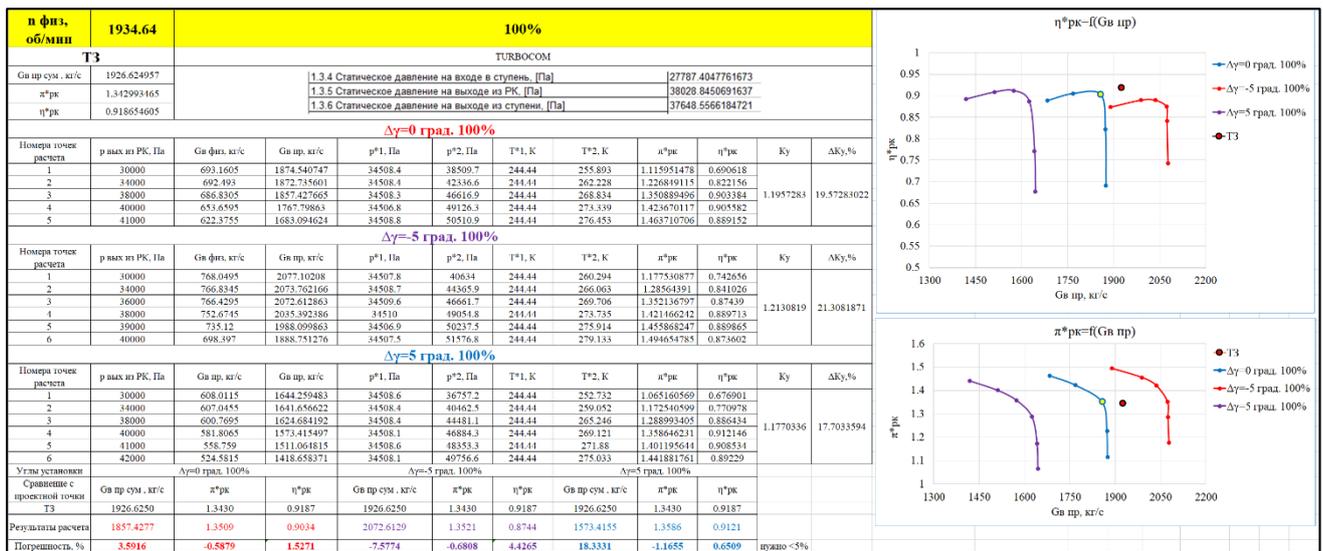


Рис. 18. Напорная и КПД характеристики

Таким образом получены данные по продувке РК вентилятора на различных углах установки. Численную оценку показывает запас устойчивости РК вентилятора $\Delta K = (K_u - 1) \cdot 100\%$, где $K_u = (\pi_{РКг}^* / G_{Впрг}) / (\pi_{РКр}^* / G_{Впрр})$ – коэффициентом устойчивости РК.

Построение полной характеристики РК вентилятора для лопатки со смещенными центрами масс

На рис. 19 приведены исходные физические и приведенные параметры для крейсерского режима.

ТЗ			
Крейсер		Приведенные	
Нп, м	11000	Нп, м	0
Мп	0.8	Мп	0
р*1вх кр, Па	34509	р*1вх пр, Па	101325
T*1вх кр, К	244.44	T*1вх пр, К	288.15
Гв ∑ кр, кг/с	712.42	Гв ∑ пр, кг/с	1926.591459
п кр, об/мин	1934.643674	п пр, об/мин	2100.50714
π*рк кр	1.342993465		
η*рк кр	0.918654605		

Рис. 19. Исходные физические и приведенные параметры

При расчете на прочность пера РЛ вентилятора в программу ANSYS Workbench импортируется геометрия лопатки, которая была получена на основе профилей, объединенных в твердотельную модель в CAD-системе Siemens NX.

На основе существующего патента по конструкции пера РЛ вентилятора (*RU2541479C1* «Лопатка ротора вентилятора и вентилятор») производится смещение центра масс профилей с целью улучшения газодинамических характеристик. Кроме выноса центров масс в осевом направлении осуществляется вынос в окружном направлении, для компенсации изгиба от газовых сил.

Сравнение двух геометрий (исходной и оптимизированной) и полученных распределений по высоте газодинамических параметров (степень повышения давления и КПД РК) в модуле *ANSYS CFX* приведено на рис. 20.

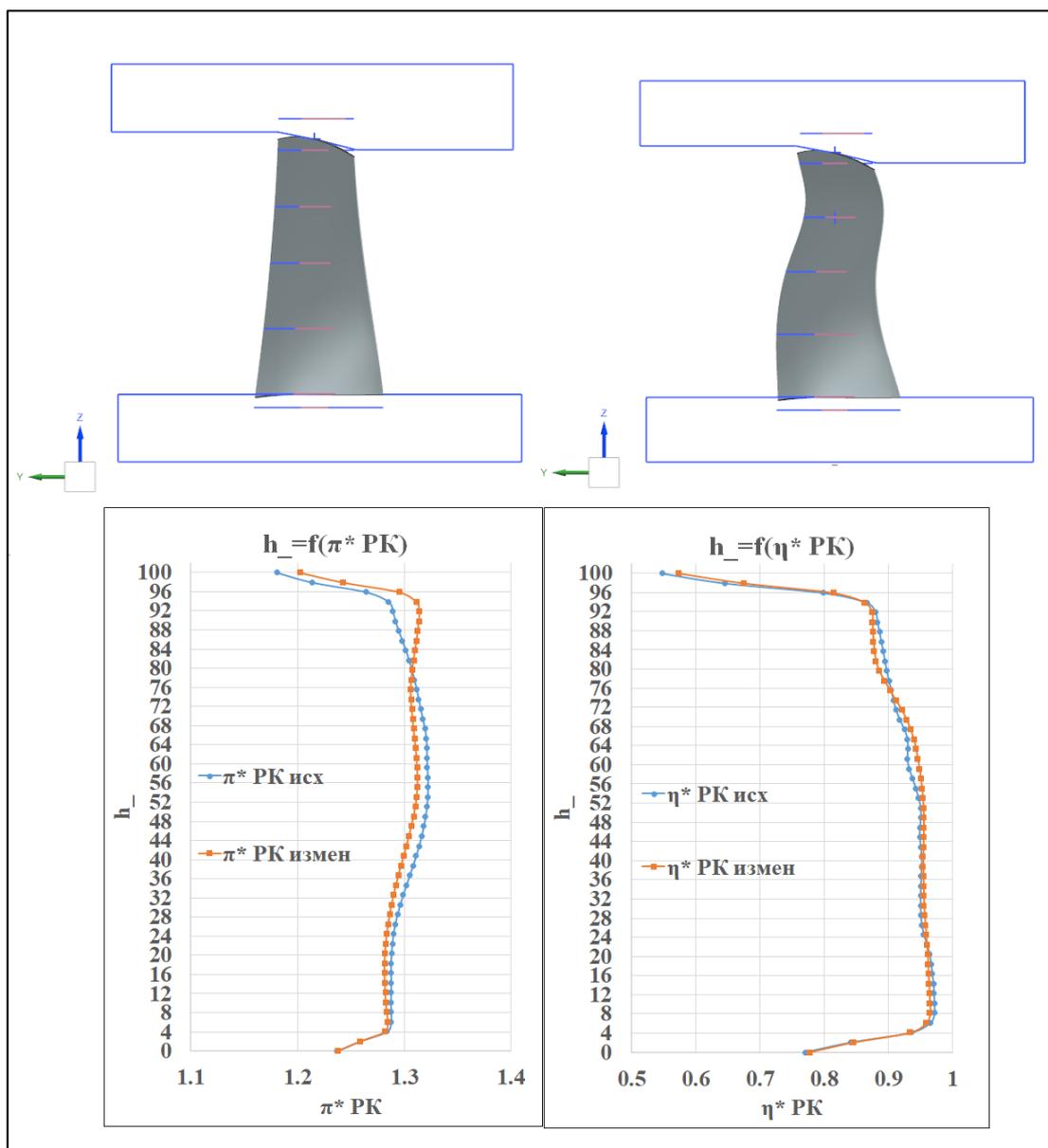


Рис. 20. Изменения параметров по высоте в РЛ вентилятора различных геометрий

Аналогичным образом, что и для предыдущей ветки были получены напорная и КПД характеристики РК вентилятора на различных углах установки

на рабочих частотах: 105%, 100%, 90%, 70% и 50% при базовом угле установки $\Delta\gamma = 0^\circ$ и углах $\Delta\gamma = 10^\circ$ (закрытие) и $\Delta\gamma = -10^\circ$ (открытие) (рис. 21).

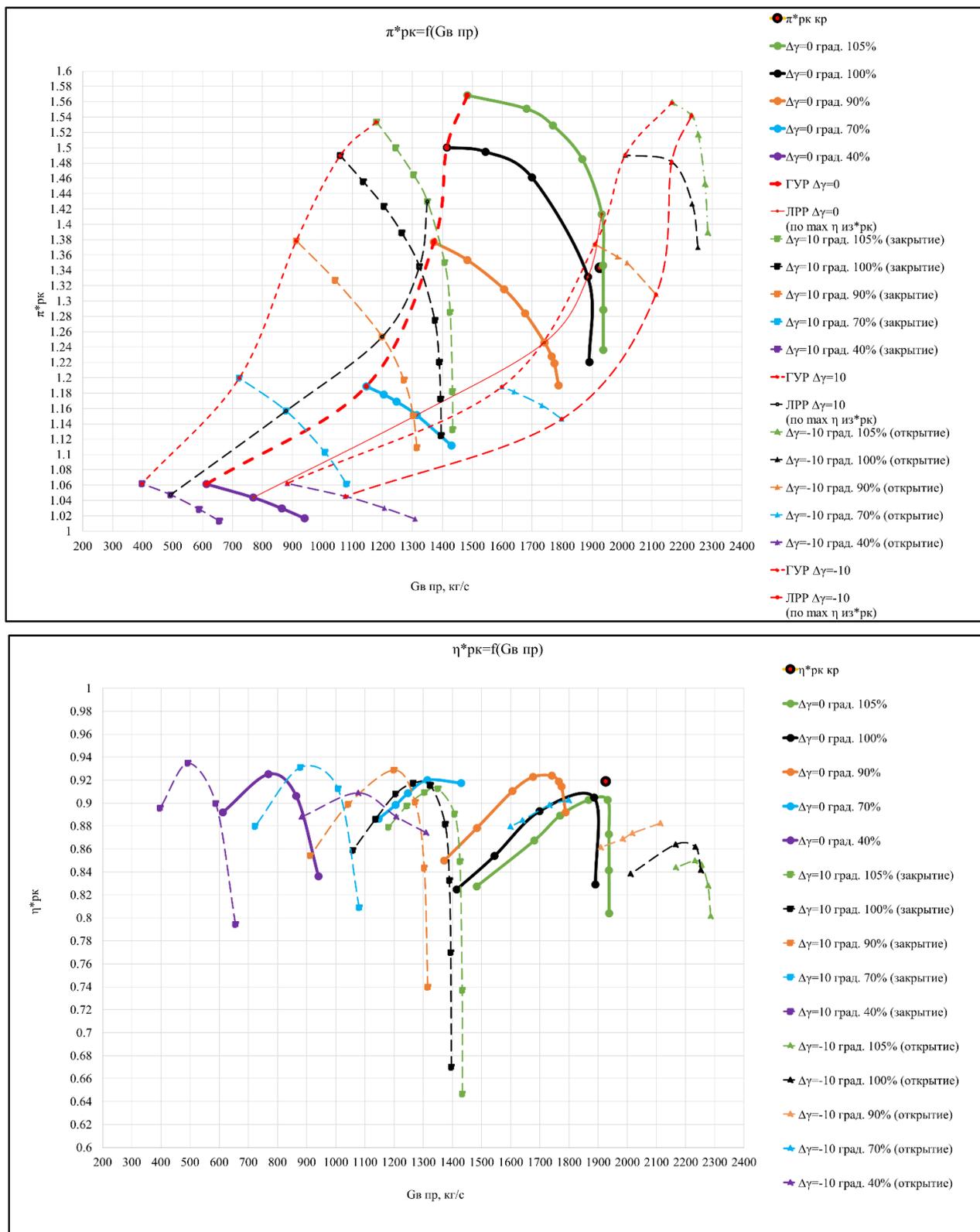


Рис. 21. Полные напорная и КПД характеристики РК вентилятора

На рис. 22–24 приведены расчетные данные.

Расчет по приведенным параметрам															
в пр. об/мин	2206		105%												
	Δу=0 град. 105%									r ¹ вх в РК, Па	r ² вых из РК, Па	T ¹ вх в РК, К	T ² вых из РК, К	Ку	ΔКу%
Номера точек расчета	р 2 вых из РК, атПа	π*гр	η ит*гр	Св вых из РК, кг/с	Св пр вых из РК, кг/с	ρ ¹ вх в РК, Па	ρ ² вых из РК, Па	Г*1 вх в РК, К	Г*2 вых из РК, К						
1	100	1.3265	0.3039	1937.1	1937.1	101325	125288.3625	288.15	255.893	1.655960911	65.5960911				
2	105	1.2866	0.3414	1937	1936.96659	101325	126067.398	288.15	262.228	1.588898367	58.88898366				
3	110	1.2466	0.3789	1936.4	1936.86679	101325	126844.235	288.15	268.834	1.528097399	53.0097466				
4	115	1.4133	0.3027	1932.2	1932.166473	101325	143202.6225	288.15	273.339	1.445114783	44.51147828				
5	120	1.4849	0.3007	1867.3	1867.267599	101325	146487.4925	288.15	276.453	1.329234225	32.92342247				
6	123	1.5289	0.3091	1666.2	1666.160832	101325	154013.7925	288.15	273.339	1.22152776	22.15277599				
7	125	1.4506	0.3074	1680.9	1680.870834	101325	157114.545	288.15	273.339	1.145847238	14.58472385				
8 пункт	127	1.5682	0.3275	1483.6	1483.474257	101325	158897.865	288.15	273.339	1	0				
в пр. об/мин		2101		100%											
Δу=0 град. 100%															
Номера точек расчета	р 2 вых из РК, атПа	π*гр	η ит*гр	Св вых из РК, кг/с	Св пр вых из РК, кг/с	ρ ¹ вх в РК, Па	ρ ² вых из РК, Па	T ¹ вх в РК, К	T ² вых из РК, К	Ку	ΔКу%				
1	100	1.2204	0.3291	1880.7	1880.7	101325	123657.03	288.15	255.893	1.642783468	64.27834679				
2	105	1.1815	0.3666	1880.8	1880.797278	101325	124444.3755	288.15	262.228	1.501781758	50.17817523				
3	110	1.1426	0.3930	1698.9	1698.879521	101325	148056.09	288.15	268.834	1.32850783	32.8507834				
4	115	1.4946	0.3239	1244.2	1244.173206	101325	151440.345	288.15	273.339	1.095467996	9.54679952				
8 пункт	124	1.9503	0.3238	1416.9	1416.875449	101325	152017.8075	288.15	276.453	1	0				
в пр. об/мин		1890		90%											
Δу=0 град. 90%															
Номера точек расчета	р 2 вых из РК, атПа	π*гр	η ит*гр	Св вых из РК, кг/с	Св пр вых из РК, кг/с	ρ ¹ вх в РК, Па	ρ ² вых из РК, Па	T ¹ вх в РК, К	T ² вых из РК, К	Ку	ΔКу%				
1	100	1.1990	0.3920	1787.7	1787.7	101325	120975.75	288.15	255.893	1.507550817	50.75508173				
2	103	1.2188	0.3944	1774.1	1774.069216	101325	123494.91	288.15	262.228	1.460704998	46.07049978				
3	110	1.2729	0.3119	1762.9	1762.869976	101325	12416.9675	288.15	268.834	1.442369997	44.2369997				
4	116	1.3529	0.3279	1609.8	1609.809793	101325	126340.8175	288.15	273.339	1.402319739	40.23197392				
5	118	1.2838	0.3929	1676.4	1676.379912	101325	130081.035	288.15	276.453	1.310379309	31.03793085				
6	111	1.3141	0.3910	1606.6	1606.5721	101325	131282.965	288.15	277.453	1.225344415	22.5344415				
7	116	1.3514	0.3792	1483.3	1483.274252	101325	137133.255	288.15	278.453	1.100359797	10.03597966				
8 пункт	118	1.3768	0.4098	1372	1371.976194	101325	139584.26	288.15	279.453	1	0				
в пр. об/мин		1470		70%											
Δу=0 град. 70%															
Номера точек расчета	р 2 вых из РК, атПа	π*гр	η ит*гр	Св вых из РК, кг/с	Св пр вых из РК, кг/с	ρ ¹ вх в РК, Па	ρ ² вых из РК, Па	T ¹ вх в РК, К	T ² вых из РК, К	Ку	ΔКу%				
1	100	1.1118	0.4175	1430.4	1430.4	101325	112653.138	288.15	255.893	1.334853065	33.48530647				
2	105	1.0788	0.4501	1314.3	1314.277195	101325	116668.608	288.15	262.228	1.183504293	18.35042928				
3	107	1.1089	0.3988	1247.3	1247.278357	101325	118438.7925	288.15	268.834	1.06441103	10.64411033				
4	108	1.1782	0.4084	1204.8	1204.779995	101325	119381.115	288.15	273.339	1.060304679	6.030467877				
8 пункт	109	1.1888	0.4053	1146.8	1146.80106	101325	120465.16	288.15	276.453	1	0				
в пр. об/мин		840		40%											
Δу=0 град. 40%															
Номера точек расчета	р 2 вых из РК, атПа	π*гр	η ит*гр	Св вых из РК, кг/с	Св пр вых из РК, кг/с	ρ ¹ вх в РК, Па	ρ ² вых из РК, Па	T ¹ вх в РК, К	T ² вых из РК, К	Ку	ΔКу%				
1	98	1.0168	0.3263	940.51	940.51	101325	103027.26	288.15	255.893	1.602042499	60.20424988				
2	100	1.0206	0.3961	861.46	861.445002	101325	104324.22	288.15	262.228	1.454194579	45.41945794				
3	102	1.0428	0.3253	769.09	769.066525	101325	107763.075	288.15	268.834	1.276146602	27.61466022				
4 пункт	104	1.0614	0.3920	612.82	612.809966	101325	107546.355	288.15	273.339						
ГУР Δу=0			ЛРР Δу=0 (по шах и ит*гр)												
Св пр вых из РК, кг/с	π*гр	Св пр вых из РК, кг/с	π*гр	η ит*гр	η ит*гр										
1483.574257	1.8682	1932.2	1.4133	0.9027											
1414.875449	1.8503	1888.8	1.2318	0.9049											
1371.976194	1.3768	1740.9	1.2459	0.9239											
1146.80106	1.1888	1314.3	1.1514	0.9201											
612.8093666	1.0614	769.08	1.0438	0.9252											

Рис. 22. Расчетные данные для Δу = 0°(базовый)

Расчет по приведенным параметрам														
в пр. об/мин	2206		105%											
	Δу=10 град. 105% (закрытые)									r ¹ вх в РК, Па	r ² вых из РК, Па	T ¹ вх в РК, К	T ² вых из РК, К	Ку
Номера точек расчета	р 2 вых из РК, атПа	π*гр	η ит*гр	Св вых из РК, кг/с	Св пр вых из РК, кг/с	ρ ¹ вх в РК, Па	ρ ² вых из РК, Па	Г*1 вх в РК, К	Г*2 вых из РК, К					
1	100	1.1224	0.3459	1454.2	1454.2	101325	114700.43	288.15	255.893	1.645559644	64.55596438			
2	105	1.1818	0.3769	1433.7	1433.675123	101325	119745.885	288.15	262.228	1.576087244	57.60872441			
3	115	1.2856	0.3490	1425.9	1425.875258	101325	120263.342	288.15	268.834	1.440950824	44.09508244			
4	120	1.3291	0.3616	1407.5	1407.475793	101325	126796.8825	288.15	273.339	1.345497058	34.5497058			
5	125	1.4298	0.3925	1350.3	1350.27657	101325	144874.485	288.15	276.453	1.236933231	23.69332315			
6	127	1.4648	0.3907	1304	1303.977373	101325	148420.86	288.15	273.339	1.156521315	15.6521315			
7	129	1.5003	0.3877	1244.1	1244.078413	101325	151992.6235	288.15	273.339	1.077450666	7.7450666			
8 пункт	131	1.5338	0.3790	1180.6	1180.579515	101325	155412.285	288.15	273.339		0			
в пр. об/мин		2101		100%										
Δу=10 град. 100% (закрытые)														
Номера точек расчета	р 2 вых из РК, атПа	π*гр	η ит*гр	Св вых из РК, кг/с	Св пр вых из РК, кг/с	ρ ¹ вх в РК, Па	ρ ² вых из РК, Па	T ¹ вх в РК, К	T ² вых из РК, К	Ку	ΔКу%			
1	100	1.1248	0.3750	1396.5	1396.5	101325	113970.36	288.15	255.893	1.746247767	74.62477669			
2	105	1.1725	0.3790	1394.7	1394.6758	101325	118801.5628	288.15	262.228	1.673018122	67.30181216			
3	110	1.2204	0.3427	1389.8	1389.75885	101325	123657.03	288.15	268.834	1.601700006	60.1700006			
4	115	1.2749	0.3616	1375.4	1375.376135	101325	129109.11	288.15	273.339	1.517468417	51.74684167			
5	120	1.3450	0.3946	1324	1323.977026	101325	136282.125	288.15	276.453	1.384517331	38.45173306			
6	123	1.3888	0.3917	1265.2	1265.178047	101325	140720.16	288.15	277.453	1.281303968	28.13039678			
7	125	1.4435	0.3679	1205.2	1205.179088	101325	144248.175	288.15	277.453	1.190789719	19.07897194			
8	127	1.4556	0.3809	1126.1	1126.082022	101325	147088.67	288.15	277.453	1.098049387	9.80493877			
9 пункт	129	1.4896	0.4058	1059.1	1059.081623	101325	150933.72	288.15	277.453	1	0			
в пр. об/мин		1890		90%										
Δу=10 град. 90% (закрытые)														
Номера точек расчета	р 2 вых из РК, атПа	π*гр	η ит*гр	Св вых из РК, кг/с	Св пр вых из РК, кг/с	ρ ¹ вх в РК, Па	ρ ² вых из РК, Па	T ¹ вх в РК, К	T ² вых из РК, К	Ку	ΔКу%			
1	100	1.1088	0.3769	1315.5	1315.5	101325	112349.16	288.15	255.893	1.292221382	29.22213821			
2	105	1.1506	0.3436	1303.5	1303.477382	101325	116584.545	288.15	262.228	1.211327579	21.13275788			
3	110	1.1927	0.3903	1272.2	1272.172925	101325	121206.79	288.15	268.834	1.059223234	6.059223239			
4	115	1.2554	0.3688	1209.6	1209.579185	101325	127000.755	288.15	273.339	1.045750164	4.57501617			
5	120	1.3272	0.3889	1043.6	1043.581909	101325	134748.54	288.15	276.453	1.186664174	18.66641741			
6 пункт	123	1.3787	0.4244	912.69	912.6741633	101325	139696.7775	288.15	277.453	1	0			
в пр. об/мин		1470		70%										
Δу=10 град. 70% (закрытые)														
Номера точек расчета	р 2 вых из РК, атПа	π*гр	η ит*гр	Св вых из РК, кг/с	Св пр вых из РК, кг/с	ρ ¹ вх в РК, Па	ρ ² вых из РК, Па	T ¹ вх в РК, К	T ² вых из РК, К	Ку	ΔКу%			
1	100	1.0616	0.3922	1080.5	1080.5	101325	107566.62	288.15	255.893	1.689492426	68.94924258			
2	105	1.1031	0.4125	1007.8	1007.782513	101325	111771.6075	288.15	262.228	1.516066658	51.60666582			
3	110	1.1509	0.3911	878.77	878.784219	101325	117222.8935	288.15	268.834	1.260852411	26.08524108			
4 пункт	113	1.1999	0.3708	725.87	725.882787	101325	123479.8675							

Расчет по приведенным параметрам											
п пр, об/мин	2206		105%								
Δγ=10 град. 105% (открытие)											
Номера точек расчета	р 2 вых из РК, кПа	α*рк	η иэ*рк	Сив вых из РК, кг/с	Сив пр вых из РК, кг/с	р ^{п1} вх в РК, Па	р ^{п2} вых из РК, Па	Т ^{п1} вх в РК, К	Т ^{п2} вых из РК, К	Ку	ΔКу, %
1	100	1.5888	0.80135	2286.1	2286.1	101325	140720.16	288.15	255.893	1.184204763	18.42047634
2	105	1.6255	0.82811	2276.8	2776.760494	101325	147174.9535	288.15	262.228	1.127645247	12.76452471
3	110	1.5166	0.84466	2254.2	2254.160886	101325	153669.495	288.15	268.834	1.069264494	6.92644939
4	112	1.5418	0.8498	2231.5	2231.46128	101325	156223.885	288.15	273.339	1.041196266	4.11962664
4 неует	114	1.5587	0.8449	2166.7	2166.652404	101325	157935.2735	288.15	276.483	1	0
п пр, об/мин	2101		100%								
Δγ=10 град. 100% (открытие)											
Номера точек расчета	р 2 вых из РК, кПа	α*рк	η иэ*рк	Сив вых из РК, кг/с	Сив пр вых из РК, кг/с	р ^{п1} вх в РК, Па	р ^{п2} вых из РК, Па	Т ^{п1} вх в РК, К	Т ^{п2} вых из РК, К	Ку	ΔКу, %
1	100	1.3701	0.8416	2252.5	2252.5	101325	138825.3825	288.15	255.893	1.218701183	21.87011832
2	105	1.4271	0.8616	2233.7	2233.661242	101325	144660.9075	288.15	262.228	1.16023938	16.02393796
3	110	1.4815	0.8689	2165.2	2165.16243	101325	150112.9875	288.15	268.834	1.083361821	8.33618266
4 неует	112	1.4904	0.8382	2010.6	2010.565113	101325	151014.78	288.15	273.339	1	0
п пр, об/мин	1890		90%								
Δγ=10 град. 90% (открытие)											
Номера точек расчета	р 2 вых из РК, кПа	α*рк	η иэ*рк	Сив вых из РК, кг/с	Сив пр вых из РК, кг/с	р ^{п1} вх в РК, Па	р ^{п2} вых из РК, Па	Т ^{п1} вх в РК, К	Т ^{п2} вых из РК, К	Ку	ΔКу, %
1	100	1.3086	0.8325	2127.7	2127.7	101325	12593.895	288.15	255.893	1.161913297	16.19132969
2	105	1.3498	0.8737	2016.8	2016.765005	101325	136768.485	288.15	262.228	1.075297698	7.52976977
3	106	1.3576	0.8689	1984.5	1984.465566	101325	137558.82	288.15	268.834	1.051997193	5.199719289
4 неует	108	1.3740	0.8515	1909.2	1909.166872	101325	139220.55	288.15	273.339	1	0
п пр, об/мин	1470		70%								
Δγ=10 град. 70% (открытие)											
Номера точек расчета	р 2 вых из РК, кПа	α*рк	η иэ*рк	Сив вых из РК, кг/с	Сив пр вых из РК, кг/с	р ^{п1} вх в РК, Па	р ^{п2} вых из РК, Па	Т ^{п1} вх в РК, К	Т ^{п2} вых из РК, К	Ку	ΔКу, %
1	95	1.1461	0.8025	1798.5	1798.5	101325	116128.5825	288.15	255.893	2.604835592	160.4835592
2	96	1.1641	0.8093	1732.6	1732.569957	101325	117952.4325	288.15	262.228	2.470545392	147.0545392
3	101	1.1818	0.8389	1639.9	1639.871545	101325	119745.885	288.15	268.834	2.303340968	130.3340968
4 неует	102	1.1884	0.8795	1509	1598.972255	101325	120414.63	288.15	273.339	2.233421397	123.3421397
п пр, об/мин	840		40%								
Δγ=10 град. 40% (открытие)											
Номера точек расчета	р 2 вых из РК, кПа	α*рк	η иэ*рк	Сив вых из РК, кг/с	Сив пр вых из РК, кг/с	р ^{п1} вх в РК, Па	р ^{п2} вых из РК, Па	Т ^{п1} вх в РК, К	Т ^{п2} вых из РК, К	Ку	ΔКу, %
1	93	1.0159	0.8742	1309	1309	101325	102936.0675	288.15	255.893	3.442994515	244.2994515
2	96	1.0301	0.8831	1207.2	1207.179053	101325	104374.8825	288.15	262.228	3.314644339	213.4644339
3	99	1.0454	0.9088	1076.8	1076.781316	101325	105925.155	288.15	268.834	2.782328047	175.2328047
4 неует	102	1.0624	0.9389	882.79	882.7746822	101325	107647.68	288.15	273.339	2.250327243	122.0327243
Гур Δγ=10				ДРР Δγ=10 (по таб η иэ*рк)							
Сив пр вых из РК, кг/с	α*рк	α*рк	η иэ*рк	Сив пр вых из РК, кг/с							
2166.662404	1.5887	1.5418	0.8498	2231.5000							
2010.565113	1.4904	1.4815	0.8639	2165.2000							
1909.166872	1.3740	1.3086	0.8825	2112.7000							
1598.972255	1.1884	1.1461	0.9025	1798.5000							
882.7746822	1.0624	1.0454	0.9088	1076.8000							

Рис. 24. Расчетные данные для Δγ = -10°(открытие)

Заключение

Технология вентилятора (винтовентилятора) переменного шага является крайне перспективной и для современных двигателей гражданской авиации может обернуться следующими преимуществами:

- увеличенный диапазон устойчивой работы при низких скоростях полета;
- сниженный крейсерский расход топлива;
- ненужность реверсивных устройств и сопел с изменяемой геометрией,

что снижает вес общей конструкции двигателя.

В дальнейшем планируется провести исследование по влиянию значений густот и удлинений РЛ на параметры вентилятора. Также, необходимо продумать создание рабочей программы управления углами РЛ, так как $\Delta K = f(p_{РК}^*, G_{Впр})$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иноземцев А.А., Сандрацкий В.Л. «Газотурбинные двигатели» – Пермь: Изд-во «ОАО «Авиадвигатель», 2006 г. – 1204 с.

2. The UltraFan Engine and Aircraft Based Thrust Reversing [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-UltraFan-Engine-and-Aircraft-Based-Thrust-McKay-Barlow/43c8b49c2654f385c572eb97cd89d9d3ae7a8db6> (14.09.2022).
3. Performance Modeling and Optimization Assessment of Variable Pitch Fan for Ultrafan Engine [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.semanticscholar.org/paper/Performance-Modeling-and-Optimization-Assessment-of-Yang-Tang/42de7a35a87417a327c9b177c187fa7bc1742085> (14.09.2022).
4. МЕCHANICAL DESIGN OF A VARIABLE PITCH FAN FOR TURBOFAN ENGINES [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.semanticscholar.org/paper/Mechanical-Design-of-a-Variable-Pitch-Fan-for-Violette-Loos/349ee8d2955e9d6f409714d3f95c0beb6c493eeb> (14.09.2022).
5. Performance Study for the Benefits of a Variable Pitch Composite Fan [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.semanticscholar.org/paper/Performance-Study-for-the-Benefits-of-a-Variable-Mazzawy/754671867ef1e53a41393294c7221756c0a6a25a> (14.09.2022).
6. Local and global analysis of a variable pitch fan turbofan engine [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.semanticscholar.org/paper/Local-and-global-analysis-of-a-variable-pitch-fan-Joksimovic-Duplaa/3cbe5b14a4051691edd9c3bb6180a1616437b1bb> (14.09.2022).
7. Применение поворотных лопаток вентилятора в PCY перспективного дальнемагистрального самолета для согласования взлетных и крейсерских режимов полета [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://ciam.ru/upload/iblock/caa/caab546defd84519bec4dafa862432d4.pdf> (14.09.2022).
8. Improvement of the performance of an axial fan with counter-rotation [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.semanticscholar.org/paper/Improvement-of-the-performance-of-an-axial-fan-with-Ghenaiet-Beldjilali/d9d918aee480c623f37706b75306dacdfa6a3955> (14.09.2022).
9. Reverse Thrust Aerodynamics of Variable Pitch Fans [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.semanticscholar.org/paper/Reverse-Thrust-Aerodynamics-of-Variable-Pitch-Fans-Williams-Hall/81c0465136bc6c6241d14b6483d5b360ab122b74> (14.09.2022).
10. Variable Pitch Fan - The Solution to Achieving High Propulsive Efficiency Turbofan Engines [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.semanticscholar.org/paper/Variable-Pitch-Fan-The-Solution-to-Achieving-High-Mazzawy-Virkler/e1e1fb58d15083914ec3eb3b9f7bdbfd90a71052> (14.09.2022).
11. An Assessment of Relative Technology Benefits of a Variable Pitch Fan and Variable Area Nozzle [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.semanticscholar.org/paper/An-Assessment-of-Relative-Technology-Benefits-of-a-Krishnan-Perullo/5123f93f39ae2c5ea5183e812b3cf263e5076bcd> (14.09.2022).
12. Fuel Burn Benefits of a Variable-Pitch Geared Fan Engine [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.semanticscholar.org/paper/Fuel-Burn-Benefits-of-a-Variable-Pitch-Geared-Fan-Halliwell-Justice/c9b94e071bd3d047a63b07b89b29e90bfa55daa9> (14.09.2022).
13. An Assessment of Ultra High Bypass Engine Architecture and Installation Considerations [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.semanticscholar.org/paper/An-Assessment-of-Ultra-High-Bypass-Engine-and-Aloyo-Perullo/83106b96088a6fb81a9516ea36ac7d63adfd6fbe> (14.09.2022).
14. NASA Technical Reports Server (NTRS) 19800006828: Quiet Clean Short-haul Experimental Engine (QCSEE). Aerodynamic and aeromechanical performance of a 50.8 cm (20 inch) diameter 1.34 PR variable pitch fan with core flow [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://archive.org/details/NASA_NTRS_Archive_19800006828/mode/2up (14.09.2022).
15. NASA Technical Reports Server (NTRS) 19790023042: Aerodynamic performance of 1.38-pressure-ratio, variable-pitch fan stage [Электронный ресурс] — Режим доступа: https://archive.org/details/NASA_NTRS_Archive_19790023042 (14.09.2022).
16. NASA Technical Reports Server (NTRS) 19900000732: Full scale technology demonstration of a modern counterrotating unducted fan engine concept. Design report [Электронный ресурс] — Режим доступа: https://archive.org/details/NASA_NTRS_Archive_19900000732 (14.09.2022).
17. NASA Technical Reports Server (NTRS) 19900000732: Full scale technology demonstration of a modern counterrotating unducted fan engine concept. Engine test [Электронный ресурс] — Режим доступа: (14.09.2022).

С. Ю. ГРОМОВ

gromov.svyatoslav@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А. В. ЗЫРЯНОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

МЕТОД ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ЛОПАТОК ГТД

Аннотация. С развитием отечественного двигателестроения в эксплуатации находят применение широкохордные полые лопатки вентилятора. Они обеспечивают большую газодинамическую устойчивость и повышенный расход воздуха через вентилятор в сравнении с лопаткой, обладающей антивибрационной полкой. Однако, полая структура лопатки способствует образованию трещин на внутренних стенках. Для обнаружения таких дефектов используют методы неразрушающего контроля. Конкретно в авиации применяют методы: ультразвуковой, рентгеновский. Однако оба эти метода являются трудоемкими, а в случае рентгенографического еще и потенциально опасным для персонала, проводящих дефектоскопию. В данной статье предлагается применение термометрии для обнаружения внутренних трещин полых лопаток.

Ключевые слова: трещина; термометрия; неразрушающий контроль.

На сегодняшний день неразрушающий контроль лопаток ГТД в эксплуатации производится визуально-оптическим, капиллярным, ультразвуковым и рентгеновским методами. Последние два метода используются для определения внутренних дефектов. С появлением полых лопаток вентилятора особенно остро стоит вопрос обнаружения трещин на внутренних поверхностях лопатки. Однако ультразвуковой метод является трудоемким и требует предварительной настройки. Недостатками рентгеновского метода являются большая трудоемкость и относительно низкая чувствительность, поэтому применяется только в тех случаях, когда поставленная задача не может быть решена другим методом неразрушающего контроля.

Согласно исследованиям, проведенным в статье [1], выявлено, что трещина является не только концентратором напряжений, но и концентратором теплового потока: значения теплового потока и градиента температурного поля вблизи трещины много больше, чем вдали от нее. Это значит, что трещина искажает температурное поле, характерное для образца без трещины. Это искажение локализовано вблизи трещины, и размеры области искажения определяются размерами трещины. Отсюда следует важнейший практический вывод:

для выявления внутренних дефектов возможна тепловая диагностика, что может стать одним из эффективных методов неразрушающего контроля.

Предлагаемый метод диагностики заключается в применении активного одностороннего теплового контроля.

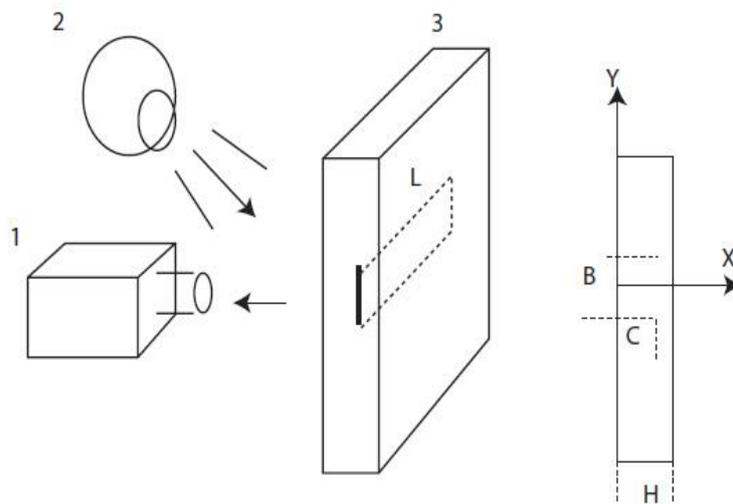


Рис. 1. Схема активного теплового контроля:

1 – приемник теплового излучения; 2 – источник нагрева; 3 – объект контроля с внутренним дефектом; B – ширина дефекта; C – глубина залегания дефекта; L – длина дефекта; H – толщина объекта контроля

Лопатка вентилятора подвергается предварительному нагреву. Затем, с помощью приемника теплового излучения регистрируется тепловое поле объекта контроля. После этого происходит сравнение температурного поля эталонной лопатки с температурным полем контролируемой лопатки. При наличии различий делается вывод о наличии дефекта, а степень различия информирует о серьезности дефекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Валишин А.А. Возмущение температурного поля трещиной в полимерных материалах. // Инженерный журнал: наука и инновации, 2017, вып. 11.

УДК 62.77

В. К ГРОМОВА

vika.zhilkina.1999@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А. В. ЗЫРЯНОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ТЕХНОЛОГИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ЛОПАТОК ГТД

Аннотация. В данной статье рассматриваются проблемы дефектоскопии лопаток компрессора при техническом осмотре. Разработано устройство для определения дефектов лопаток ГТД. Определен порядок работы с устройством.

Ключевые слова: неразрушающий контроль; газотурбинный двигатель; лопатки; эндоскопия; нейросети.

Применяемые устройства

При визуальном контроле (наружном осмотре) лопаток компрессора выявляют видимые трещины, изломы, изгибы, истирания, выкрашивания, смятия, разъедание, царапины на поверхностях.

Для визуального контроля состояния деталей без разборки компрессора, например, состояния лопаток турбокомпрессоров, применяют приборы для контроля внутренних поверхностей и обнаружения дефектов в труднодоступных местах – эндоскопы и бороскопы.

Принцип действия эндоскопов заключается в осмотре объекта с помощью специальной оптической системы, передающей изображение на значительные расстояния (до нескольких метров). При этом отношение длины эндоскопа к его поперечному сечению значительно больше единицы. Существуют линзовые, волоконно-оптические и комбинированные эндоскопы. Для возможности визуального наблюдения конструкция компрессора должна иметь соответствующие полости, лючки и т. п.

С помощью линзовых эндоскопов обнаруживают трещины, царапины, коррозионные пятна, выбоины и другие дефекты размерами 0,03...0,08 мм. Линзовые эндоскопы обычно представляют собой жесткую конструкцию, однако созданы приборы, имеющие участки корпуса с гибкой оболочкой, изгибающиеся в пределах 5–10°. Диаметр поля обзора 3...20 мм.

Анализ трудоемкости процедуры эндоскопии лопаток вентилятора

Проблемы современных методов дефектоскопии с использованием эндоскопа:

- повреждение эндоскопа при прокрутке вала вентилятора;
- сложность синхронизации процесса осмотра и прокрутки вала;

Дефектоскопия ротора включает:

- измерение радиального биения с помощью индикатора. Для ускорения измерения желательно замеры вести по нескольким индикаторам;
- осмотр шеек и опорного диска ротора для обнаружения трещин и оценки шероховатости;
- осмотр бочки ротора для обнаружения трещин;
- изменение эллипсности и конусности шеек, а также толщины упорного гребня с помощью микрометра;
- измерение торцевого биения дисков;
- проверку неуравновешенности роторов на балансировочном стенде;
- определение расцентровки роторов ТНД и нагнетателя;
- осмотр места посадки и обода диска методом неразрушающего контроля;
- проверку положения роторов относительно расточек.

Визуальные инструменты осмотра лопаток

При дефектоскопии применяют эндоскопы JProbe, Olympus и т. п.



Рис. 1. Эндоскоп авиационный Olympus

Прокрутка ротора обычно производится вручную, редко - с помощью устройства. При проверке лопаток двигателя специалист самостоятельно считает количество проверенных и оставшихся лопаток, записывает местоположение найденных дефектов, их размер и другие параметры. Второй работник (или сам специалист, в зависимости от размера двигателя) прокручивает вал ротора, для проверки лопаток по всей окружности.

Для автоматизации данного процесса может быть адаптирована программа системы опознавания лиц. Программа будет считать проверенные лопатки и отмечать найденные дефекты. Вторая часть устройства с необходимой скоростью в то же время проворачивает вал.

Описание устройства. Алгоритм работы устройства

Устройство состоит из эндоскопа, выводящего изображение на экран, процессора, обрабатывающего приходящие изображения и электродвигателя для прокрутки вала ГТД.

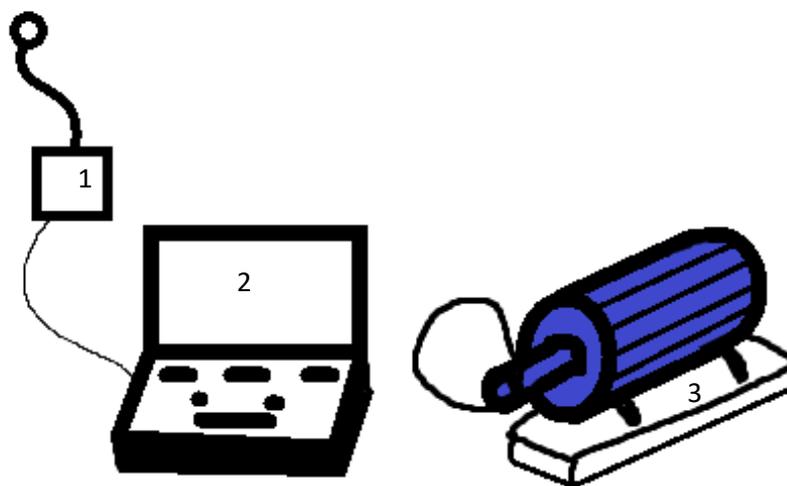


Рис. 2. Схема прибора:

*1 – эндоскоп; 2 – монитор, процессор для обработки данных, питание (батарея),
3 – электродвигатель для прокрутки вала*

Для работы устройства изначально необходимо обучение нейросетей распознаванию дефектов. Необходимо создать базу данных с различными повреждениями лопаток.

Электродвигатель подключается к валу для прокрутки компрессора и осмотра лопаток по всей окружности. При этом камера эндоскопа подводится к лопатке так, чтобы полностью охватывать исследуемую поверхность. По мере прокрутки компрессора изображение, получаемое процессором, обрабатывается нейросетью, проверяя его на наличие дефектов. Также определяются размеры и вид дефекта.

При вероятности повреждения эндоскопа производится блокировка вращения ротора.

Предлагаемая технология определения дефектов позволит снизить влияние человеческого фактора при дефектоскопии лопаток компрессора, время осмотра и повысить его эффективность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иноземцев А.А., Нерадько А.В., Коняев Е.А., Медведев В.В., Под ред. А.А. Иноземцева. Авиационный двигатель ПС-90А // а. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. — 320 с.
2. Пивоваров В.А., Машошин О.Ф., Хрустик С.Г., Санников А.В., Диагностика и неразрушающий контроль летательных аппаратов и авиадвигателей: учебное пособие. — М.: МГТУ ГА, 2011.- 88 с., рис. 36, табл. 7.

УДК 629.735

М. Ю. ЕЖОВ, Э. Р. РАХМАТУЛЛИН

maks.ejow1@mail.ru

Науч. руковод. – преп. М. В. БАБУШКИНА, мастер производственного обучения О. Ю. ФАРАФОНТОВ

Филиал ФГБОУ ВО «УГАТУ» в г. Кумертау, отделение «Авиационный технический колледж»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕМОНСТРАЦИОННОЙ МОДЕЛИ БПЛА-ДОЛГОЛЕТА

Аннотация. В работе рассматривается проектирование модели БПЛА, путем улучшения тактико-технических характеристик летающего крыла: дальности, времени непрерывного полета и возможности быстрого вертикального взлета в любой точке местности, путем разработки модели БПЛА с модельным ракетным двигателем.

Ключевые слова: БПЛА; летающее крыло; модельный ракетный двигатель.

Сегодня наиболее востребованы функции БПЛА – фотокиносъемка; разведка и мониторинг; доставка грузов; решение топографических задач: контроль территории, поисковые операции. В связи с этим у создателей БПЛА одной из главных является задача увеличения дальности полета или времени непрерывного полета.

При проектировании на первом этапе осуществлялся выбор и обоснование конструктивной схемы БПЛА [1]. С целью уменьшения веса проектируемой модели основой конструктивной схемы была выбрана схема «летающее крыло» без выраженного центроплана, в этой схеме за счет увеличения площади крыла увеличивается подъемная сила и способность планирования в горизонтальном полете, что даст возможность экономить заряд аккумулятора двигателя.

Конструктивная схема «летающее крыло» оснащается модельным ракетным двигателем (пороховым ускорителем) для быстрого вертикального взлета с целью вывода проектируемого аппарата на заданную высоту.

На втором этапе осуществлялось обоснование проектных задач.

Установка модельного ракетного двигателя (порохового ракетного ускорителя) на модель «летающее крыло» с электродвигателем позволяет снизить затраты электроэнергии, потребляемой силовой установкой при взлете, что дает возможность увеличить длительность полета, необходимую для ведения наблюдений.

Были проведены расчеты тактико-технических характеристик проекта по нескольким пунктам [1]:

- выбор модельного ракетного двигателя;

Для проектируемой модели РЕ-22 выбран модельный ракетный двигатель промышленного производства шосткинского ПО "Импульс" МРД-20-10-4

- расчет основных геометрических размеров модели;

Исходя из значения средней тяги модельного ракетного двигателя МРД-20-10-4 выбрана максимальная взлетная масса проектируемой модели в пределах 1 кг.

- расчет центра тяжести проектируемой модели;

Для расчета центра тяжести воспользовались онлайн-программой для расчета желаемой центровки авиамодели. Программа позволила рассчитать разные крылья, в том числе трапециевидные, прямой и обратной стреловидности, сужающиеся и расширяющиеся.

По результатам расчетов определили положение центра тяжести на корневой хорде.

- выбор профиля крыла;

Для демонстрационной проектируемой модели выбираем простой плоско-выпуклый, типа Clark-Y. Данный профиль представляет из себя верхнюю и нижнюю плоскость, при том условии, что верхняя имеет большую выпуклость, чем нижняя.

После проведения расчетов, была разработана 3D модель, а также выполнен чертеж общего вида проектируемой модели и спецификация к нему.

Перед началом сборки, был произведен полный расчет предстоящих расходов на изготовлении модели БПЛА РЕ-22.

Предложен вариант схемы управления БПЛА (телеметрия) - Управление БПЛА осуществляется дистанционно по радиоканалу на частоте 2,4 ГГц посредством двойного преобразования сигнала из аналогового в цифровой и обратно при помощи радиоаппаратуры.

На данном этапе проведена конструкторско-техническая проработка проекта: реализуется попытка усовершенствовать модель «летающее крыло» модельным ракетным двигателем с целью быстрого взлета с любой точки местности и оперативного выполнения поставленной задачи [1].

Получены удовлетворительные результаты расчетов, для подтверждения теоретических расчетов и выявления недостатков необходимо создание опытной модели БПЛА, для экспериментального подтверждения результатов необходимо провести испытания, работать над улучшением технических характеристик.

В перспективе модель может быть оснащена миниатюрной видеокамерой для фиксации наблюдений, системой FPV и парашютной системой для безаварийного возвращения на землю.

На данном этапе проект находится в стадии разработки, недостатки будут выявлены и устранены во время испытаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Я. Капковский. Летающие крылья / ДОСААФ СССР, 1988.С. 128.

УДК 629.7

Э. А. КАРАБАЕВА

foresight.evina@gmail.com

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. И. А. КРИВОШЕЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ ПРИ ЛОГИСТИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ ПРОЦЕССОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Аннотация. В данной статье рассмотрен вопрос использования методов диагностирования в логистическом анализе процессов эксплуатации авиационных двигателей. Приведен ряд новых методов, позволяющих накапливать и анализировать возникающие в эксплуатации дефекты и причины, их вызывающие.

Ключевые слова: диагностика, ГТД, неразрушающий контроль, дефектация, методы диагностики

В настоящее время ЛА (логистический анализ) ведется с использованием IT-технологий (например, системы Эрлан). При этом информация с мест эксплуатации (авиакомпаний, военных частей) поступает в КБ (разработчикам) и на заводы для своевременного внесения корректировки в конструкцию изделий, в режимы эксплуатации.

Важной элементом логистического анализа является информация о возникающих отказах и их причинах, а также информация о текущих значениях остаточного ресурса конкретных изделий. Это требуется для планирования текущих, капитальных ремонтов и своевременной замены изделий (например, двигателей на самолете). Однако, если по результатам дефектации поступающих в ремонт двигателей можно определить причины возникающих дефектов, то в эксплуатации используется неразрушающий контроль, он ведется с помощью методов диагностики. Как показал выполненный анализ, наиболее эффективными можно считать предложенные в [1,2,3,4] методы: диагностика состояния ГТД по термогазодинамическим параметрам, в том числе контроль состояния турбокомпрессора ГТД по результатам замера статического давления перед компрессором, частоты вращения, степени повышенного давления и заторможенной температуры за компрессором, комплексных показателей, относи-

тельных отклонений параметров, контроль крутящего момента турбины СТ в ГПА (газоперекачивающего аппарата) по замеру усилий на стойках ГТП (газотурбинного привода).

В целом для использования при логистическом анализе эффективно использование диагностики состояния ГТД по термогазодинамическим параметрам. Так, например, предложенный в [1] метод контроля остаточного ресурса ТВД (турбины высокого давления) по циклограмме (тренду) $n_2(t)$ - частоты ротора ВД. В методе предложено для каждого типа(и даже экземпляра) двигателя определять зависимости $T_{л}(n_2)$ - температуры в опасном сечении рабочей лопатки ТВД. Это делается при заводских ПСИ (приемо-сдаточных испытаниях), в том числе с помощью современных параметров. Далее по диаграмме Ларсона-Миллера приложен способ получения зависимости $\tau(n_2)$, где τ - ресурс рабочей лопатки ТВД. Это позволяет долю выработанного ресурса δR определять как $\delta R = \int \frac{dt}{\tau(n_2)}$.

Полезным является предложенный в [2] контроль состояния турбокомпрессора ГТД по результатам замера статического давления перед компрессором, частоты вращения, степени повышенного давления и заторможенной температуры за компрессором. В методе предложено после установки давления в самолет определять показатели ГДХ(газодинамической характеристики воздухозаборника), запустив двигатель и сравнив результаты замера указанных параметров с результатами заводских ПСИ. Предложено определять показатель скорости или введенный показатель $K_{\chi} \approx \pi(\lambda_{\text{В}})$ с учетом того, что при неподвижном самолете воздухозаборник (ВУ) работает в режиме конфузора. Далее в эксплуатации предполагается, что ГДХ ВУ меняется несущественно, тогда как характеристика компрессора меняется (за счет загрязнения ПЧ, эрозии лопаток). Предложен вид показателей, с использованием которых проводится диагностика.

В работе [3] предложен метод комплексных показателей, с использованием которых имеется возможность контролировать накопление одновременно

нескольких видов дефектов, которые накапливаются под действием ряда дефектов.

В работе [4] в отличие от классического замера крутящего момента на валу СТ в ГТП ГПА предложено измерить усилия на стойках ГТП, по ним определить крутящий момент на статоре и мощность СТ. Это позволяет контролировать состояние турбокомпрессора и дополнительно определять расход перекачиваемого в ГПА газа на компрессорной станции магистрального газопровода.

В целом, рассмотренные методы могут быть эффективными в логистическом анализе процессов эксплуатации авиационных двигателей. Они позволят накапливать и передавать на заводы и в ОКБ информацию о возникающих в эксплуатации дефектах и причинах, их вызывающих. В свою очередь, такая информация должна служить основой для принятия решений об изменении конструкции изделий и режимов их эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. И.А.Кривошеев, К.Е.Рожков, Н.Б.Симонов. Контроль расходования ресурса ГТД с учетом циклограмм фактического нагружения на основе диаграммы Ларсена – Миллера // Проблемы управления и моделирования в сложных системах (ПУМС-2019). Труды XXI Международной конференции. В 2-х томах. Под редакцией С.А. Никитова, Д.Е. Быкова и др., Самара, изд. Офорт, 2019. – С. 330-333.
2. С. А. Струговец, И. А. Кривошеев, Р. М. Галиуллин, Р. Ф. Камаева, К. Е. Рожков. Разработка метода параметрической диагностики технического состояния ГТД на основе анализа эрозии лопаток и закономерностей протекания характеристик компрессора // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета, Том 14, № 4(39), 2010. – С. 3–10.
3. Кривошеев И.А., Камаева Р.Ф., Струговец С.А. Особенности движения частиц пыли в проточной части и изменения геометрии лопаток компрессоров в процессе эксплуатации газотурбинных установок // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета, Т. 15, № 3 (43), 2011. – С. 18–24.
4. Кривошеев И.А., Симонов Н.Б., Суханов А.В. Метод диагностики газотурбинных приводов в составе газоперекачивающих агрегатов // Успехи современной науки, 2016. Т. 5. № 11. С. 44–52(ИФ 0).

УДК 532 (07)

А. Е. КИШАЛОВ, Ф. Р. ХАМАТНУРОВ

hamatnuroff.filus@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А. Е. КИШАЛОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ГАЗА В КАНАЛЕ С ГОРЛОМ

Аннотация. Исследуются вопросы численного моделирования установившихся режимов адиабатического течения воздуха в канале переменной площади проходного сечения (канале с горлом) при до- и сверхзвуковых скоростях потока в программном пакете ANSYS CFX. Создана математическая модель экспериментальной лабораторной установки и рассмотрены особенности полей параметров на различных режимах работы.

Ключевые слова: канал с горлом; численное моделирование; метод конечных элементов; режим сопла Лавалья; режим трубки Вентури; ANSYS CFX.

Введение

Входные и выходные устройства, компрессора, турбины, камеры сгорания силовых установок современных летательных аппаратов (ЛА) представляют собой сложный технологический комплекс, режимы течения рабочего тела в которых основаны на общеизвестных принципах газодинамики.

В каналах переменной площади поперечного сечения зависимости от располагаемого перепада давлений выделяют следующие режимы их работы:

- дозвуковой поток на входе и выходе сопла, определяющий режим трубки Вентури;
- дозвуковой поток на входе и сверхзвуковой поток на выходе, определяющий режим сопла Лавалья (по такому принципу работают реактивные сопла сверхзвуковых ЛА);
- сверхзвуковой поток на входе и дозвуковой поток на выходе, определяющий режим обращенного сопла Лавалья (по такому принципу работают воздухозаборники сверхзвуковых ЛА);
- сверхзвуковой поток на входе и выходе, определяющий режим сверхзвуковой трубки Вентури.

Изменение скорости движения газа W в подобных устройствах возможно под влиянием различных физических воздействий. В общем случае, в задачах гидрогазодинамики выделяются [1]:

- 1) геометрическое воздействие – изменение площади потока dF ;
- 2) расходное воздействие – подвод или отвод массы газа dm ;
- 3) механическое воздействие – подвод или отвод механической работы dl ;
- 4) воздействие трением dl_r ;
- 5) тепловое воздействие – подвод или отвод теплоты dq_e .

Связь между скоростью потока и перечисленными воздействиями математически выражается уравнением обращения воздействий (УОВ) в виде

$$\frac{dW}{W}(M^2 - 1) = \frac{dF}{F} - \frac{dm}{m} - \frac{1}{a^2} dl - \frac{k}{a^2} dl_r - \frac{k-1}{a^2} dq_e \quad (1)$$

Поскольку формирование параметров потока во входных и выходных устройствах газотурбинных двигателей (ГТД) происходит преимущественно вследствие влияния геометрии их проточной части и трения, при проведении термогазодинамических расчетов данных узлов возможно пренебречь остальными видами физических воздействий, что позволяет существенно упростить решаемую задачу, при этом сохранив достаточную точность получаемых результатов.

Возможности современного научно-технического задела позволяют, не прибегая к проведению дорогостоящих натуральных экспериментов, выполнить анализ вышеупомянутых режимов потока газа с помощью численного моделирования. Однако сложность моделируемых процессов, происходящих в реальных устройствах ГТД, требует предварительной апробации конечно-элементного метода на более простых расчетных моделях, включающих в себя те же виды физические воздействия на поток. Это позволит детально рассмотреть особенности полей параметров, определяемых при помощи численного моделирования на различных режимах.

В качестве объекта для численного моделирования, был выбран канал переменной площади проходного сечения (канал с горлом). Конструктивно данная лабораторная установка представляет собой канал переменного сечения с входным лемнискатным насадком, дренированный по длине с целью измерения

давления и в отверстиях замера соединенный с соответствующими измерительными каналами вторичных измерительных приборов (рисунки 1 и 2) [2]. Необходимое для обеспечения перепада давлений разрежение в магистрали установки создается с помощью параллельно работающих вакуум-насосов. Изменение разрежения обеспечивается дроссельной заслонкой, установленной между испытательным каналом и вакуумными насосами, что позволяет регулировать режим работы.

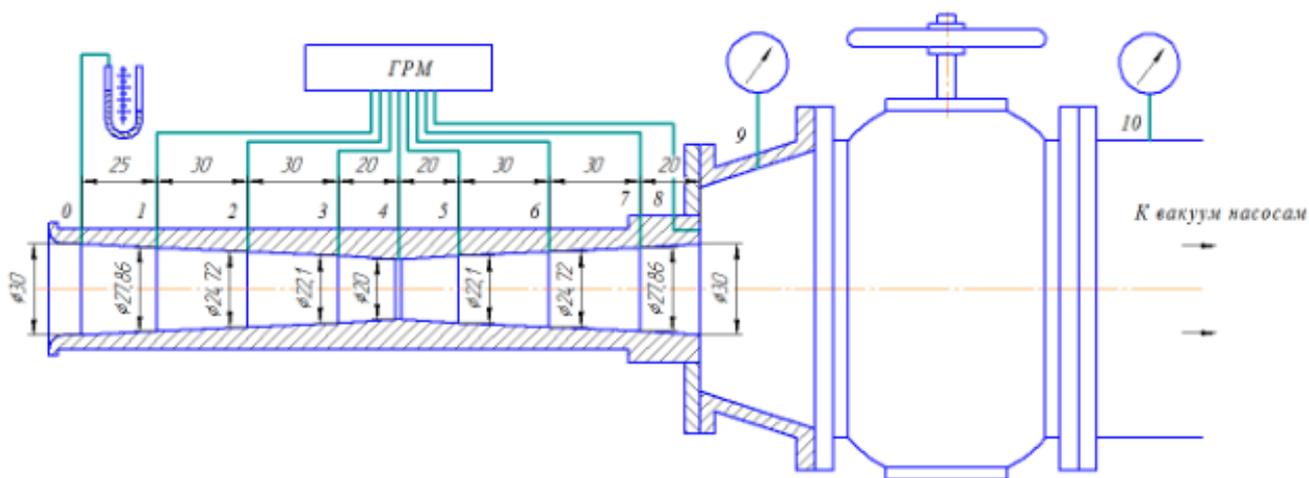


Рис. 1. Принципиальная схема установки

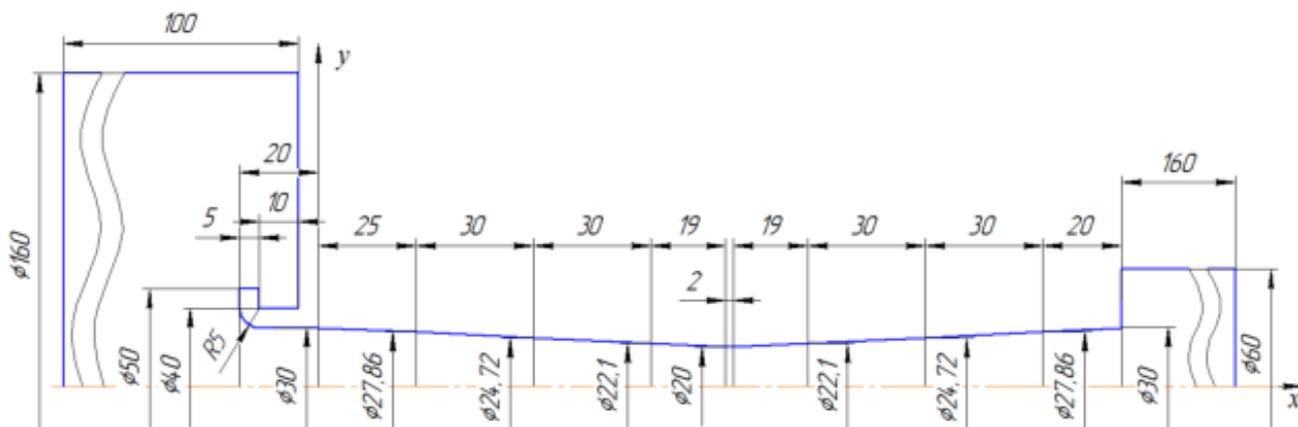


Рис. 2. Схема расчетной области

Целью данной работы является рассмотрение особенностей полей параметров и определение (методом численного моделирования в программном пакете ANSYS) распределения среднemasовых параметров как на расчетных, так и на нерасчетных режимах сопла Лавалия и режимах трубки Вентури.

Данный анализ может играть роль в формировании научно-технического задела для численных термогазодинамических расчетов более сложных объектов в составе авиационных ГТД.

Построение конечно-элементной сетки

Первым этапом для решения поставленной задачи является построение конечно-элементной (конечно-объемной) сетки на трехмерной твердотельной модели с использованием модуля ANSYS Meshing. Ввиду симметричности геометрической модели решаемой задачи для уменьшения времени вычислений расчету подлежал только ее сектор, соответствующий 30° (рисунок 3) [3].

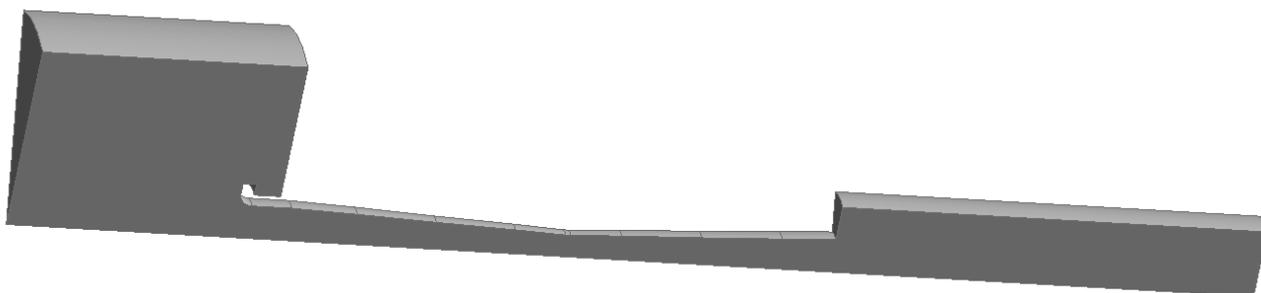


Рис. 3. Геометрическая модель расчетной области

Для обеспечения адекватности создаваемой расчетной модели и достижения сходимости результатов в области занятой пограничным слоем было организовано замеление сетки и установлены 15 структурированных призматических слоев с общей толщиной 1,5 мм (рисунки 4 и 5). Общее количество элементов сетки составило порядка 600 тыс. элементов.

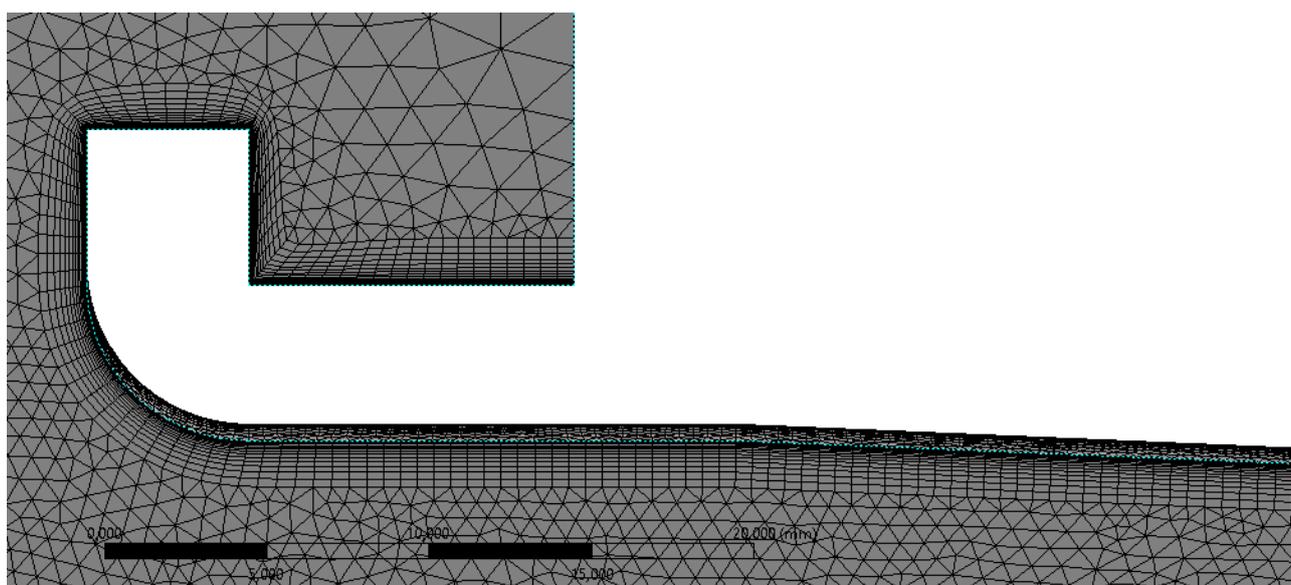


Рис. 4. Сформированный призматический пристеночный слой



Рис. 5. Общий вид построенной сетки (600 тысяч элементов)

Задание граничных условий

На следующем этапе были сформированы граничные условия, необходимые для создания режимов течения, представляющих интерес в данной работе. В качестве граничных условий был задан поток на входе в установку с предварительно замеренными параметрами окружающей среды ($p_H = 759,4 \text{ мм рт. ст.}$, $T_H = 291,7 \text{ K}$), на выходе из установки – среднерасходная скорость. Всего расчет был проведен при пяти различных скоростях (таблица 1). Скорости на выходе из установки подбирались таким образом, чтобы первый моделируемый режим гарантированно являлся режимом дозвуковой трубки Вентури, а последний был близок к расчетному режиму сопла Лавалья.

Таблица 1

Значения среднерасходных скоростей

Режим	1	2	3	4	5
Скорость на выходе, м/с	4,4	16,5	27	45	75

При расчете принималось, что течение внутри установки адиабатическое – нет теплообмена с окружающей средой (наружные стенки установки адиабатические). Также необходимо отметить, что реальная лабораторная установка работает по располагаемому перепаду давлений (давление окружающей среды, превышающее давление на выходе из установки). Однако данный вариант задания граничных условий не является оптимальным с точки зрения сходимости решения. Поэтому режим работы в установке при моделировании задавался с помощью средней скорости на выходе и атмосферного давления на входе в установку.

На последующем этапе с помощью системы CFX-Solver были проведены расчеты, в процессе которых контролировались сходимость и дисбаланс основ-

ных уравнений. Так, сошедшимся принимался тот расчет, дисбаланс уравнений которого не превышали порядка 10^{-4} , что является достаточной степенью точности при решении большинства подобных задач.

Обработка полученных результатов моделирования

В процессе расчета в качестве результата было получено распределение среднemasовых параметров воздушного потока по сечениям установки (0–8 каналы замеров), векторные поля скоростей (рисунок 6), а также поля чисел Маха и приведенных скоростей на плоскости симметрии модели (рисунки 7–10).

Анализ полей чисел Маха и приведенных скоростей показывает, что режимы 1 и 2 являются режимами трубки Вентури, в то время как режимы 3-5 – режимами сопла Лаваля.

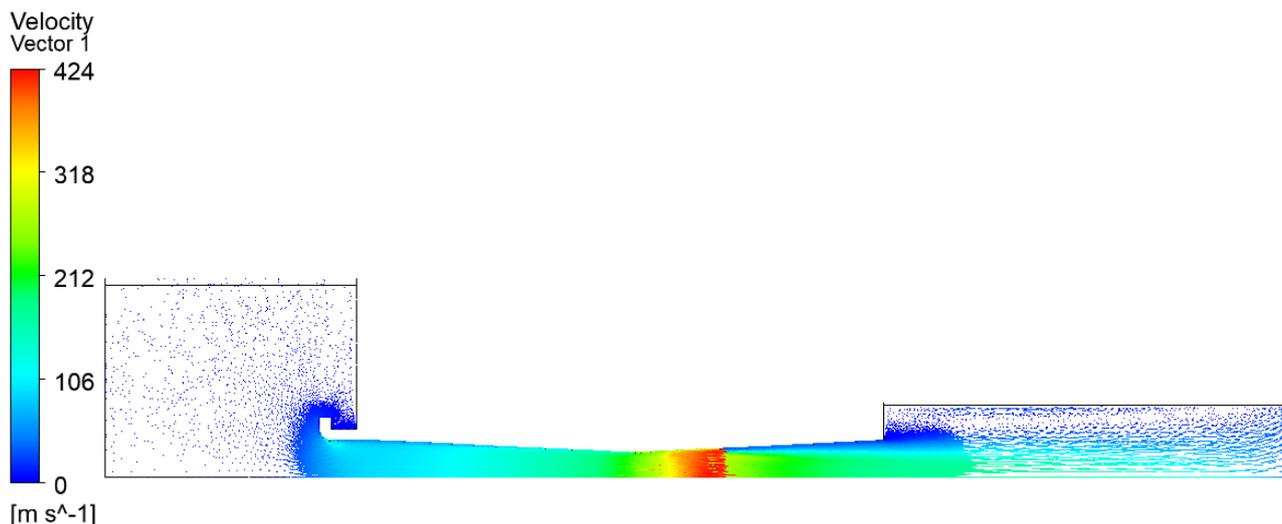


Рис. 6. Векторные поля скоростей (режим 3)

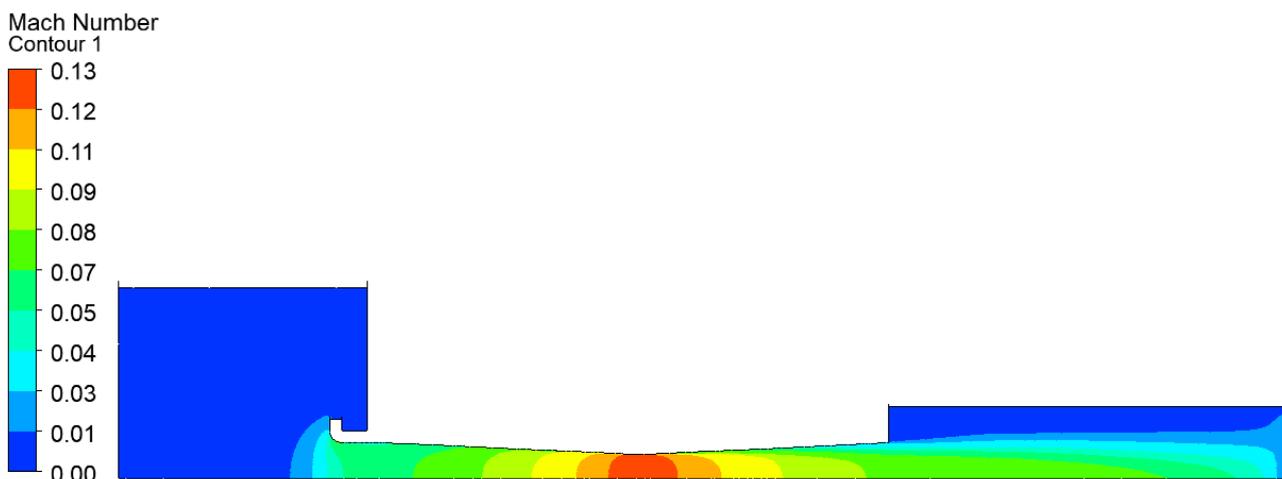


Рис. 7. Поля чисел Маха (режим 1)

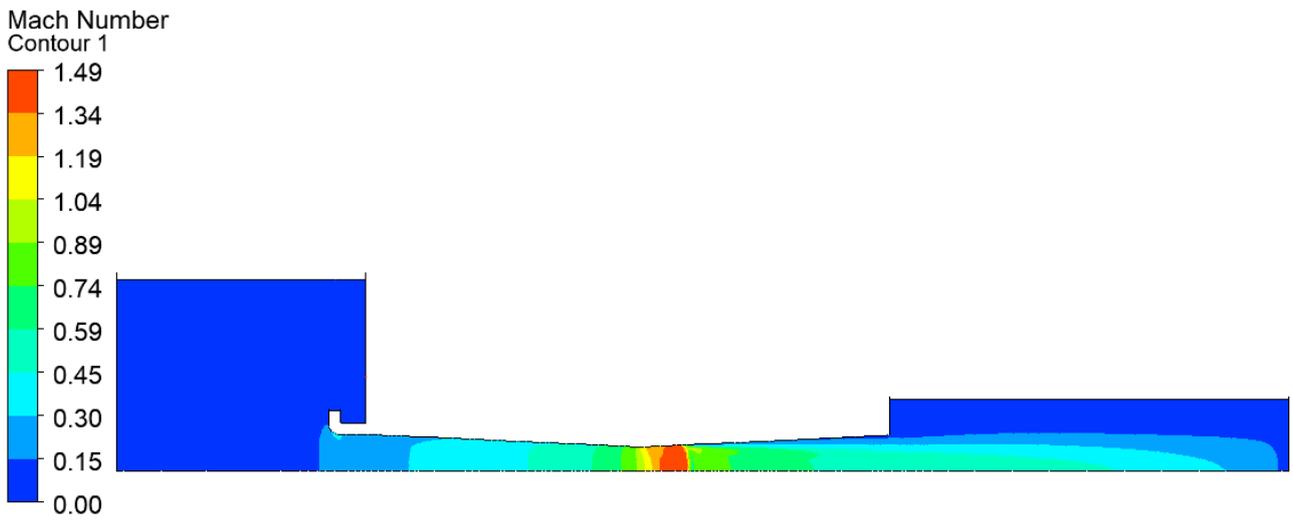


Рис.8. Поля чисел Маха (режим 3)

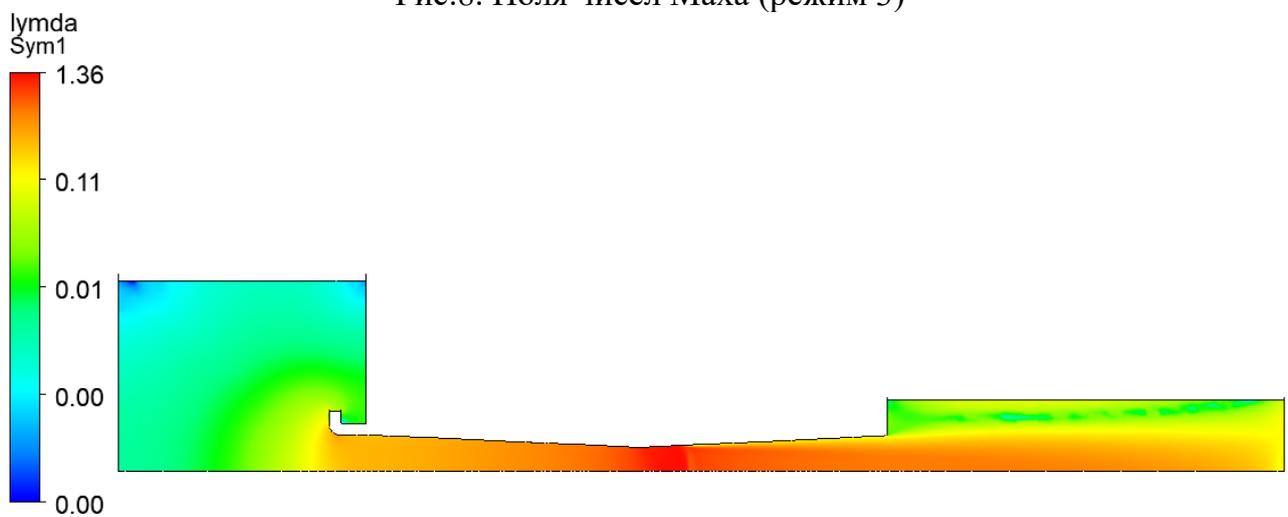


Рис. 9. Поля приведенных скоростей на плоскости симметрии модели (режим 3)

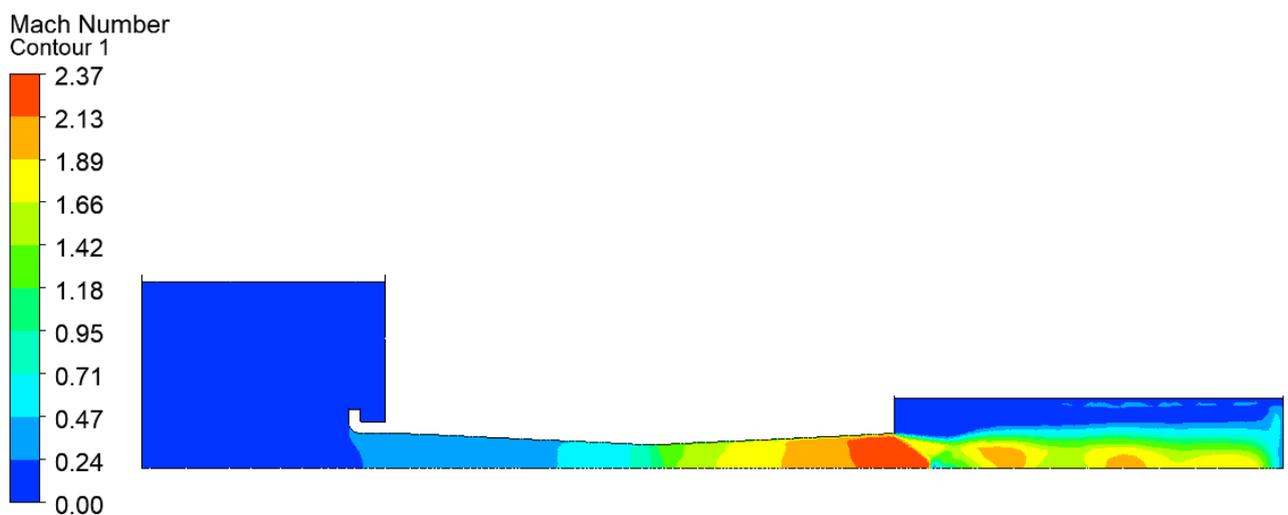


Рис. 10. Поля чисел Маха (режим 5)

Обработка результатов расчетов режимов 1 и 2 показывает, что максимальные скорости достигаются в узком сечении – «горле» (вблизи канала замера

4 – в 4-м сечении). При увеличении скорости в установке (режим 2) качественно картина не меняется, на всем протяжении установки поток остается дозвуковым.

Для режимов 3–5 характерно возрастание скорости во всех сечениях, появление в узком сечении (сечении 4) скорости звука. При дальнейшем увеличении скорости в установке левая часть (сечения 0–4) меняться перестает. Все изменения происходят только в правой части, образуется «запертый режим».

Из анализа режимов сопла Лаваля с относительно низкими скоростями (режимов 3 и 4) следует, что они являются нерасчетными с большим перерасширением (давление на срезе сопла меньше давления той области, куда истекает поток). Данные режимы характеризуются отрывом пограничного слоя от сверхзвуковой части сопла, уменьшающимся по мере роста скорости и полостью исчезающим на расчетном режиме (режим 5), в котором происходит плавный разгон от дозвуковой до сверхзвуковой скорости с образованием характерной структуры струи на выходе из установки (так называемые «бочки»).

Для наиболее полного и наглядного описания моделируемых режимов работы установки и отображения влияния трения на поток также были построены графики среднemasсовых параметров потока, замеренных в местах дренирования установки (рисунки 11–13), рассчитаны и выстроены диаграммы распределений коэффициентов полного давления и коэффициентов скорости (рисунки 14–15).

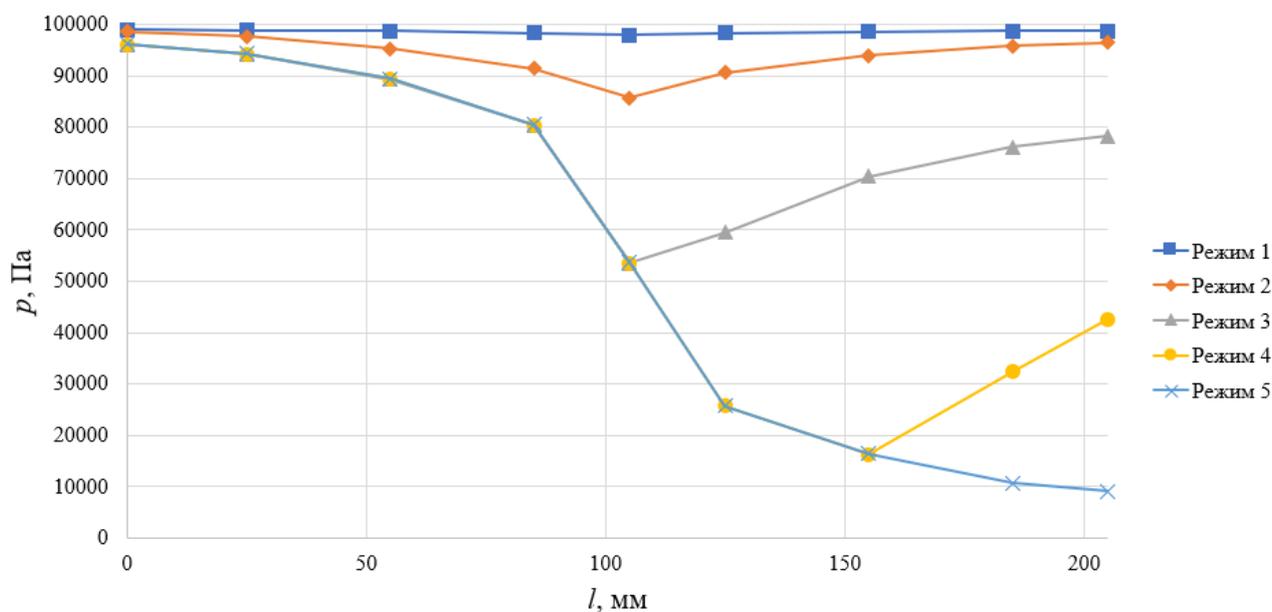


Рис. 11. График распределения статических давлений

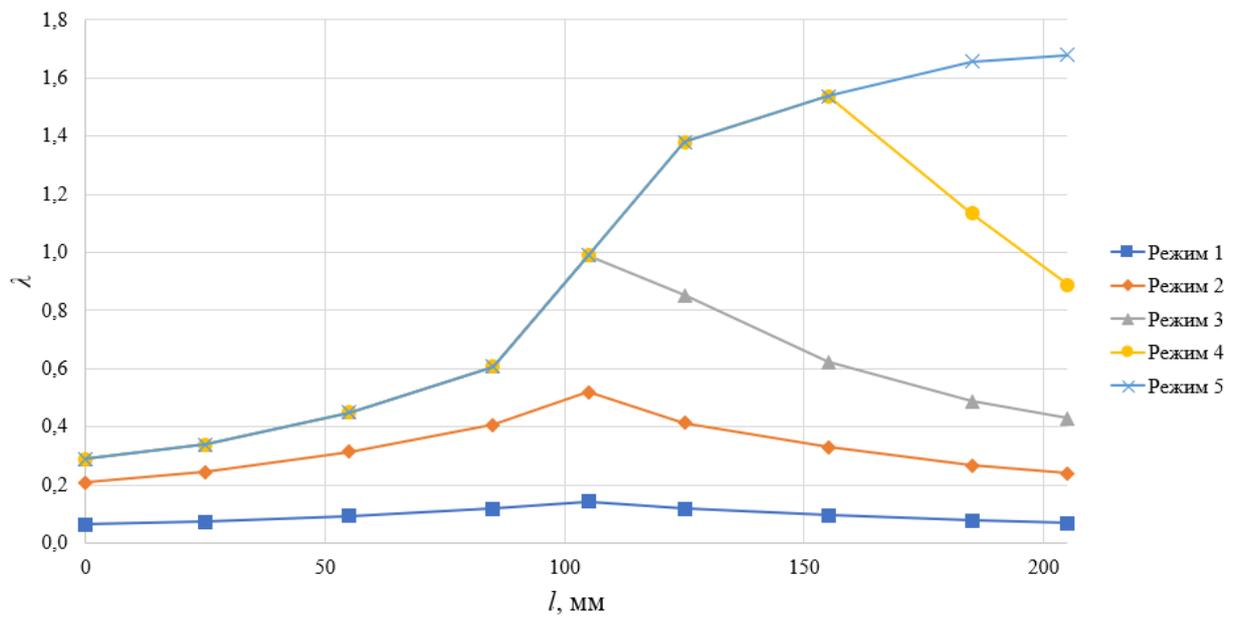


Рис. 12. График распределения приведенных скоростей

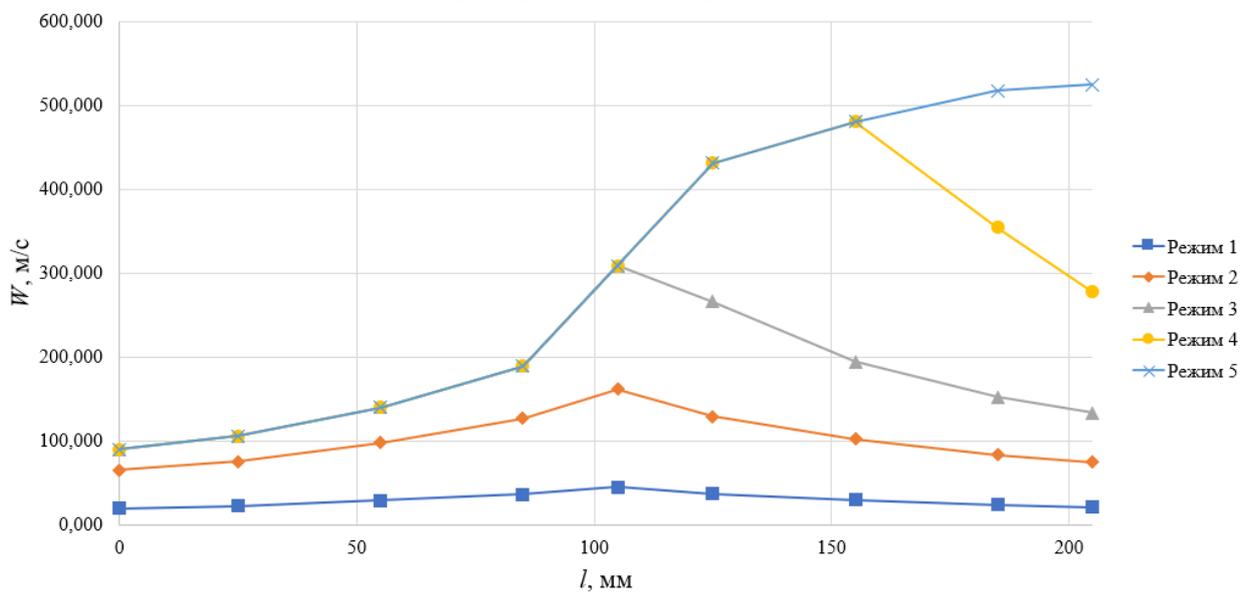


Рис. 13. График распределения скоростей

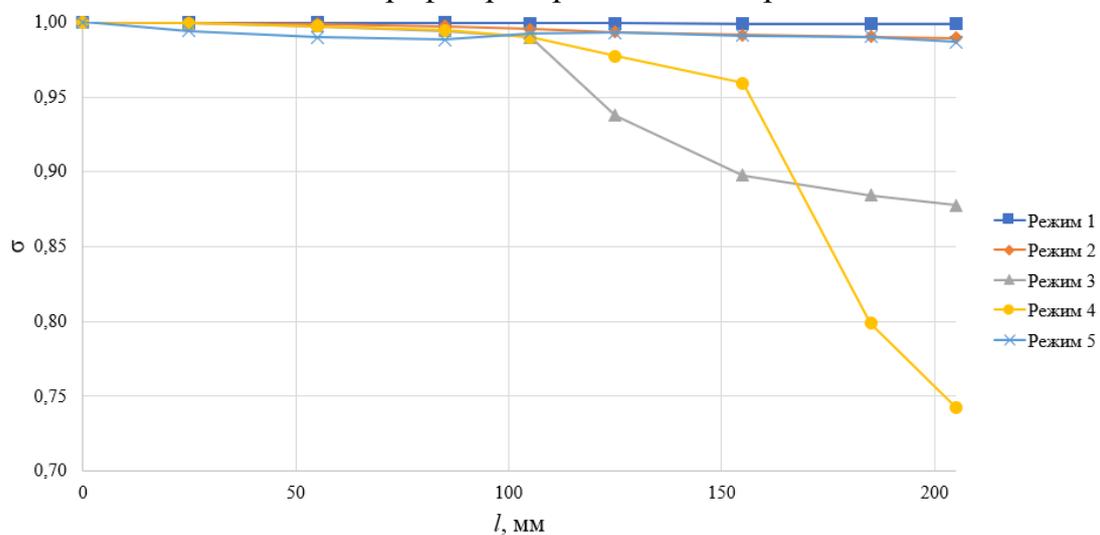


Рис. 14. График распределения коэффициентов полного давления

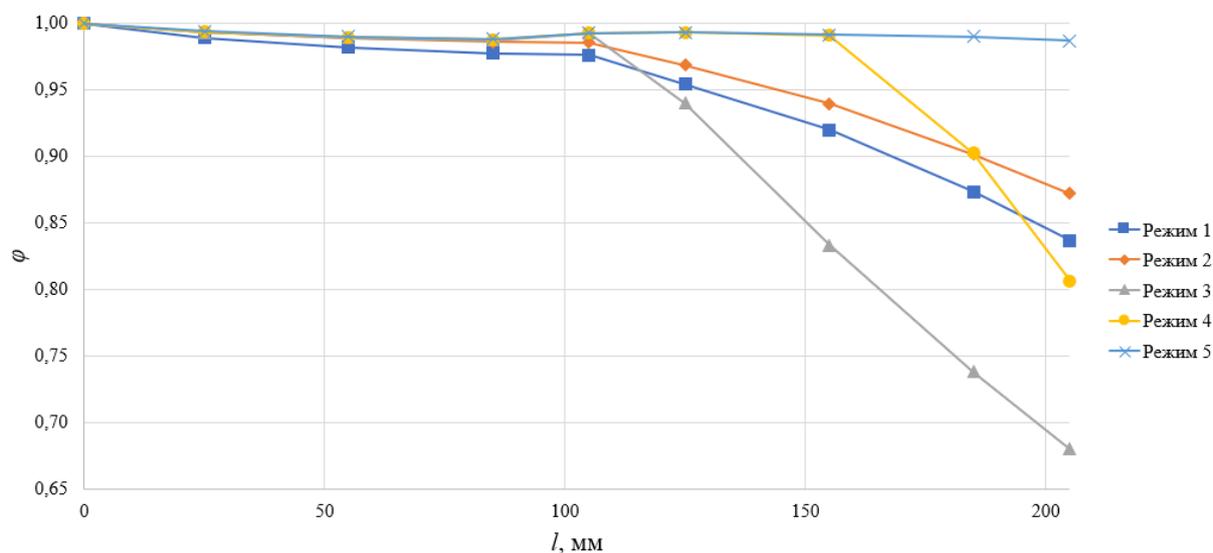


Рис. 15. График распределения коэффициента скорости

Заключение

В данной статье были рассмотрены особенности полей параметров на режимах работы трубки Вентури, расчетного и нерасчетного сопла Лавалья в суживающемся-расширяющемся канале как численной модели, определены распределения среднемассовых параметров воздушного потока при до- и сверхкритическом режимах работы по сечениям.

Физичность полученных результатов, непротиворечие их теоретическим основам, общим принципам гидрогазодинамики, а также накопленной эмпирической базе по расчету подобных моделей подтверждают применимость конечно-элементного анализа при решении схожих рассмотренному типу задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидрогазодинамика: учеб. пособие / В. М. Клеванский. – 2-е изд. стер.; Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2013. – 309 с.
2. Смирнов Ю. В., Клеванский В. М. Течение газа в канале с горлом. Методические указания к лабораторным работам по курсу "Прикладная гидрогазодинамика" (работа 5) для студентов специальности 0537 "Авиационные двигатели". Уфа: УАИ, 1987. 25 с.
3. Кудоярова В. М., Кишалов А. Е. Решение прикладных задач теплообмена и гидрогазодинамики в пакете ANSYS: учеб. пособие / Уфим. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа, 2016 – 219 с.

Д. И. КОРНИЛАЕВ

kornilaev_2000@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А. И. ЖУК

Уфимский государственный авиационный технический университет

СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ ИНДУКТИВНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ. АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ЗАКОНЦОВКИ

Аннотация. В данной статье говорится о влиянии индуктивного сопротивления на крыло самолета. Рассмотрена аэродинамическая законцовка для крыла с сверхкритическим профилем.

Ключевые слова: индуктивное сопротивление, законцовка, сверхкритический профиль, аэродинамические законцовки.

Одна из аэродинамических сил, действующих на крыло – это лобовое сопротивление, она же в свою очередь может иметь несколько составляющих:

- Профильное сопротивление;
- Волновое сопротивление;
- Индуктивное сопротивление.

$$X_{кр} = X_{пр} + X_{инд} + X_{в}$$

Индуктивное сопротивление – это прирост лобового сопротивления, связанный с образованием подъемной силы крыла. При обтекании крыла невозмущенным воздушным потоком возникает разность давлений над крылом и под ним. В результате часть воздуха на концах крыльев перетекает из зоны повышенного давления в зону пониженного давления (рисунок 1) [1].



Рис. 1. Перетекание воздуха из-за разности давлений

Величина индуктивного сопротивления:

$$X_i = C_{xi} \frac{\rho V^2}{2} S.$$

где C_{xi} – коэффициент индуктивного сопротивления, который равен:

$$C_{xi} = \frac{C_y^2}{\pi \cdot \lambda}$$

Из формулы видно, что C_x прямо пропорционален коэффициенту подъемной силы и обратно пропорционален удлинению крыла. При угле атаки нулевой подъемной силы α_0 индуктивное сопротивление будет равно нулю. На закритических углах атаки нарушается плавное обтекание профиля крыла и, следовательно, формула определения C_{xi} не приемлема для определения его величины. Так как величина C_x обратно пропорциональна удлинению крыла, поэтому самолеты, предназначенные для полетов на большие расстояния, имеют большое удлинение крыла: $\lambda=14\dots15$ [2].

С ростом удлинения уменьшается индуктивное сопротивление крыла, что приводит к росту аэродинамического качества. Однако при увеличении удлинения растет величина изгибающего момента, уменьшается его жесткость на изгиб и кручение, что приводит к необходимости увеличения площадей поперечных сечений силовых элементов крыла, и, как следствие, ведет к увеличению массы его конструкции [4].

Существует множество способов по уменьшению индуктивного сопротивления (рисунок 2). Механизация крыла – перечень устройств, которые устанавливаются на крыло самолета для изменения его характеристик на протяжении разных стадий полета.



Рис. 2. Способы уменьшения индуктивного сопротивления

Механизация крыла непосредственно влияет на площадь крыла и на его коэффициент подъемной силы, а также косвенно на его скорость. Коэффициент

подъемной силы зависит от кривизны крыла и его толщины. Соответственно можно сделать вывод, что механизация крыла кроме площади крыла еще и увеличивает его кривизну и толщину профиля

Наиболее распространенный метод – это крылышки (winglets). Крылышки частично блокируют перетекание потока воздуха от нижней поверхности крыла к верхней, уменьшая силу концевых вихря [6].

Основные неисправностям механизации это:

- трещины, деформации и разрушения, вызванные действием многократно повторяющихся в эксплуатации нагрузок и случаями чрезмерного нагружения ЛА в эксплуатации;
- коррозия и разрушения ЛКП и других видов защитных покрытий;
- износ и люфты подвижных соединений, ослабление болтовых соединений, заклепочных швов, потертости элементов конструкции и другие виды механического износа;
- ослабление заклепок, износ и увеличение зазоров в шарнирных соединениях, ослабление и разрушение болтовых.

Также к неисправностям можно отнести заедание, невыпуск или несимметричный выпуск механизации. Не редки случаи ошибочного выпуска механизации или же не уборка после и вовремя полета. Чаще всего данные ошибки и отказы не приводят к авиационным происшествиям.

Таким образом, была поставлена основная задача применительно к крылу и планеру самолета – улучшение аэродинамических характеристик аэродинамической поверхности крыла конечного размаха за счет уменьшения индуктивного сопротивления.

За профиль крыла для законцовок были взяты сверхкритический профиль и профиль В-12 крыла самолета (рисунок 3 и 4 соответственно).

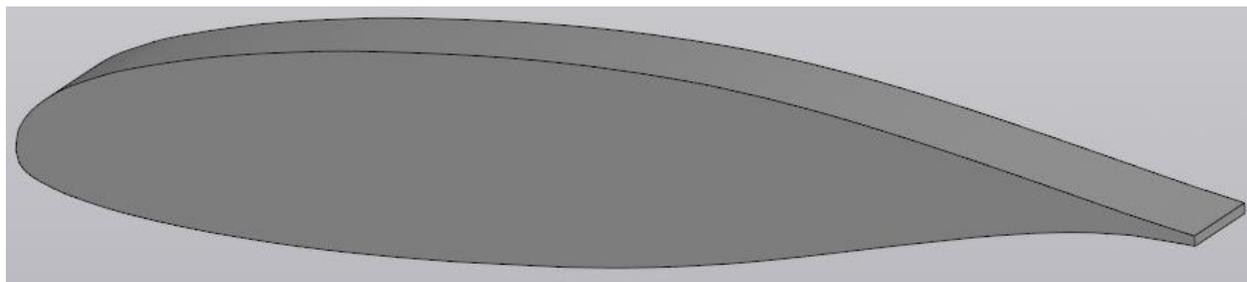


Рис. 3. Сверхкритический профиль

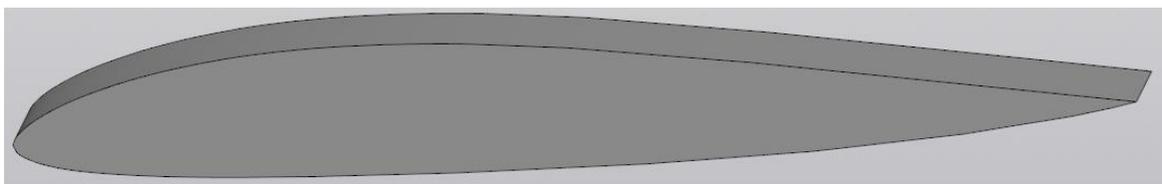


Рис. 4. Профиль В-12

В конструкцию законцовки (рисунок 5–8), установленную на основной части аэродинамической поверхности, содержащей верхнюю и нижнюю стороны и образованной в продольном отношении, по меньшей мере, одним аэродинамическим профилем, при этом верхняя и нижняя стороны сопряжены между собой с образованием передней и задней кромок и содержащая наклонную торцевую поверхность и аэродинамический гребень, при этом наклонная торцевая поверхность сопрягается с верхней стороной аэродинамической поверхности под острым углом с образованием внешней кромки, а аэродинамический гребень образован внешней и внутренней поверхностями, сопрягаемыми между собой с образованием нижней кромки и расположен на нижней стороне основной части вблизи сопряжения нижней стороны с наклонной торцевой поверхностью с возможностью спрямления и подпора проходящего под нижней стороной воздушного потока, были включены следующие конструктивные изменения: аэродинамический гребень выступает назад за габарит задней кромки на величину от 10 до 50 процентов концевой хорды основной части и включает в себя верхнюю кромку или поверхность, сопрягающуюся с внешней кромкой законцовки и верхней стороной основной части.

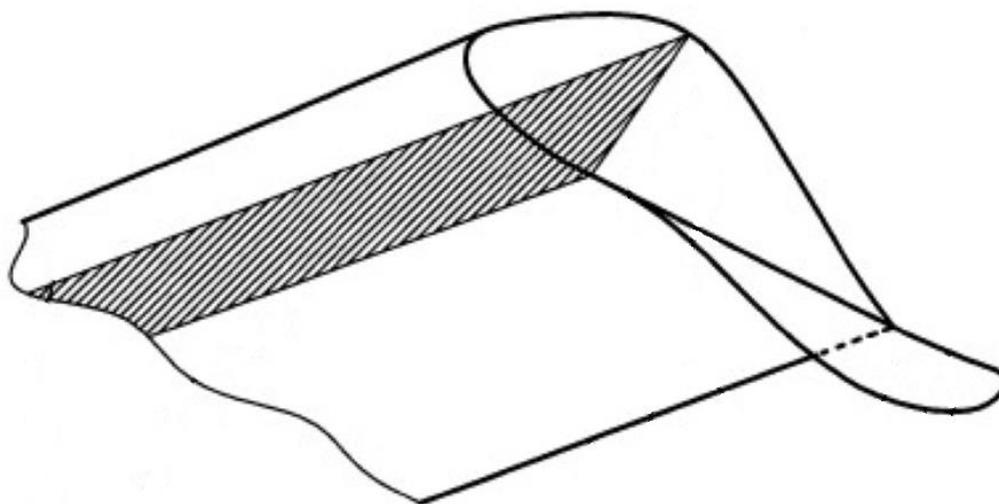


Рис. 5. Законцовка крыла

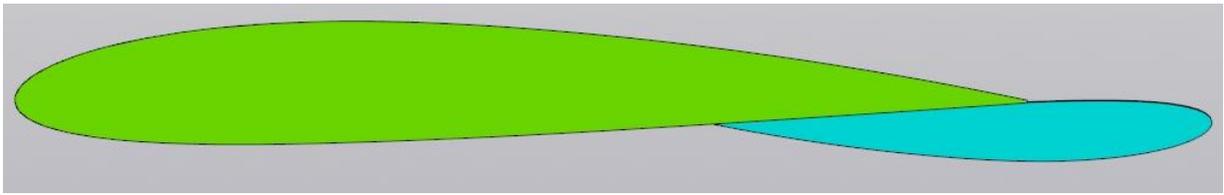


Рис. 6. Законцовка крыла

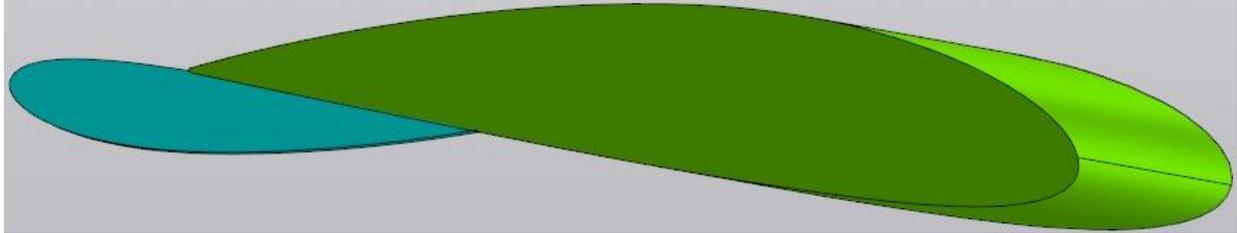


Рис. 7. Законцовка крыла

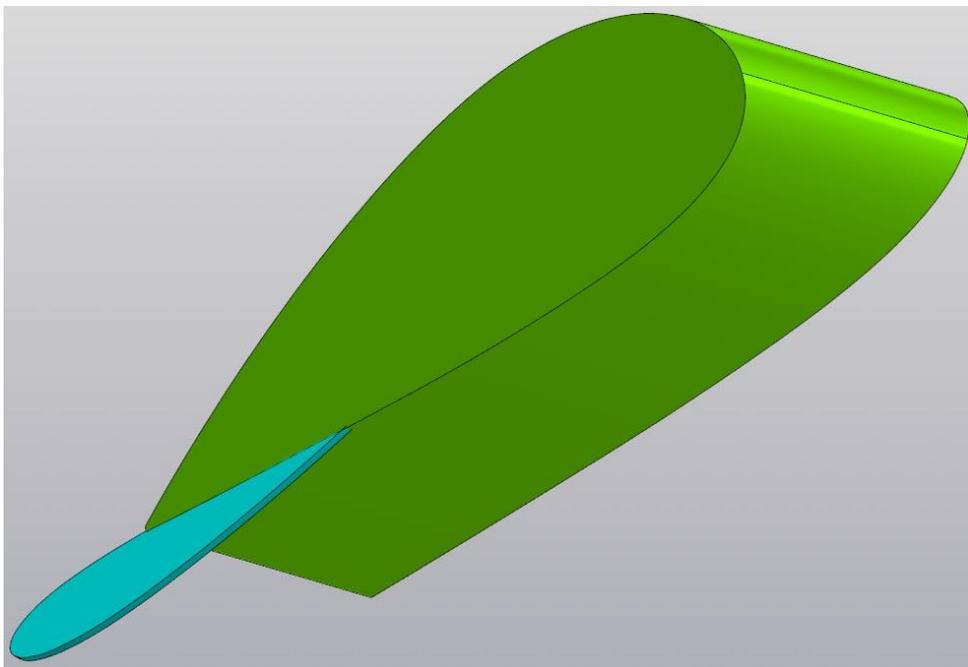


Рис.8. Законцовка крыла

Суперкритический профиль крыла выбран из-за того, что позволяет повысить эффективность самолета в трансзвуковой области чисел M .

Из-за того, что воздушный поток не получает того же разгона над более плоской верхней поверхностью, по сравнению с обычным профилем, скачок уплотнения образуется на более высоком числе M . Образовавшийся скачок получается более слабым и маленьким. Это приводит к ослаблению градиента повышения давления на задней части профиля и повышает несущие свойства крыла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конструкция и прочность летательных аппаратов гражданской авиации: учебник для вузов гражданской авиации / М.С. Воскобойник, П.Ф. Максютинский, К.Д. Миртов и др. / Под общ. ред. К.Д. Миртова, Ж.С. Черненко. – М.: Машиностроение, 1991.;
2. Житомирский Г.И. Конструкция самолетов: учебник для студентов авиационных специальностей вузов. – М.: Машиностроение, 2005.;
3. Ефимов В.В. Динамика и прочность авиационных конструкций: учебное пособие. Часть II. – М.: МГТУ ГА, 2014.;
4. Конструкция и прочность самолета. Крыло: учебное пособие / В.В. Ефимов, М.Г. Ефимова, К.О. Чернигин. – М.: ИД Академии Жуковского, 2018. – 76с., лит.:13наим.;
5. Корнеев В.М. Конструкция и эксплуатация воздушных судов для пилотов и бортиинженеров: конспект лекций / В.М. Корнеев. – Ульяновск: УВАУ ГА, 2006. – 152 с.;
6. Электронный ресурс: <https://www.biletik.aero> // «Почему у самолетов крыло загнуто по-разному» // URL: https://www.biletik.aero/handbook/pomoshch/perelet/pochemu-u-samoletov-krylo-zagnuto-po-raznomu/?utm_source=biletik&utm_medium=link&utm_content=under_the_text.

А. В. КУШНАРЕВА

a.v.kushnareva@gmail.com

Науч. руковод. – д-р филол. наук, проф. Э. А. САЛИХОВА

Уфимский государственный авиационный технический университет

ЧЕЛОВЕК ПРЕДПОЛАГАЕТ, БОГ РАСПОЛАГАЕТ: МЕХАНИЗМЫ ТРАНСФОРМАЦИИ ПАРЕМИИ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЕРИМЕНТА

Аннотация. Объектом данного исследования является студенческий паремиологический дискурс, предметом – языковая личность участника дискурса, создающего и воспроизводящего паремии в коммуникативных целях. Теоретической основой исследования является трехуровневая модель языковой личности Ю. Н. Караулова. В статье выделяются и анализируются реакции вербально-семантического, лингвокогнитивного и прагматического уровня языковой личности студента. Модификации паремиединиц задаются прагматической целью говорящего, который вводит новую релевантную информацию в языковое пространство, что предполагает аксиологическое переосмысление высказываний. Прагматический смысл включает в себе ценностные установки личности, личные моральные ориентиры, субъективные переживания и ощущения.

Ключевые слова: ассоциативный эксперимент, дискурс, неопаремия, паремия.

Паремии – афоризмы народного происхождения – это вневременной источник мудрости для людей всех поколений. Будучи «результатом рефлексии человека над житейскими событиями», паремии занимают «центральное место в коммуникативном акте», характеризуя описываемую жизненную ситуацию с разных сторон [1, с. 261, 268]. Паремия *Человек предполагает, Бог располагает* происходит от латинского библейского выражения *Homo proponit, sed Deus disponit* из богословского трактата «О подражании Христу» автором которого является католический монах Фома Кемпийский, живший в Европе в XIV–XV веках. Это изречение свидетельствует об особом отношении Бога к каждому человеку: люди не способны определить последствия своих действий, они могут только догадываться, что может принести вред, а что окажется полезным. Все, что происходит с людьми, предопределено заранее, и все страдания и боль должны привести человека ко Всевышнему. Принято считать, что истинный смысл паремии заключается в том, что «Бог творит всегда всем во благо» [4].

Вопрос об интерпретации исследуемой паремии носителями современного русского языка и о возможных динамических изменениях в узуальном зна-

чении представляется весьма актуальным. По материалам проведенного среди студентов Уфимского государственного авиационного технического университета (далее – УГАТУ) предэкспериментального анкетирования (2020 г.) выделено четыре вектора направлений интерпретации данной паремии: *Бог – высшая сила: Бог есть / Бог знает все! / верь во Всевышнего, это поможет / стоит доверять только Богу / в трудную минуту поможет Бог / не так важно кто и что предполагает: главная роль – у Бога.* В полученных ответах (далее – R) прослеживается положительное доверительное отношение к Богу. Второй вектор интерпретации – *человек во взаимодействии с окружающим миром: нужно быть готовым к разным жизненным ситуациям / не надо много надеяться / не нужно загадывать что-то наперед / предположения не всегда сбываются / простой человек – пешка / ты – никто / люди не могут делать все точно / что суждено, то сбудется / от судьбы не уйдешь.* В ответах студентов актуализируются отношения иерархического соподчинения: *судьбы вершит тот, кто стоит выше / тот, кто выше тебя по статусу и положению, всегда будет иметь власть над тобой / тот, кто выше и умнее, решает за слабейшего.* Интерес представляют реакции проецирования традиционной паремии на роль и место студентов в социуме: *в наше время декан как Бог / судьба студента в руках декана / декан – главный, а ты лишь студент / декан решает судьбу студента / декан – Бог для студента, так как располагает его судьбой / жизнь студента сложна / за «хвосты» отвечать придется / студентам УГАТУ многое прощается.* Исходя из полученных данных, предположим, что компоненты *человек, Бог, власть и ситуация* образуют единое ассоциативно-смысловое ядро данной паремии. Проследим, как полученные в ходе направленного ассоциативного эксперимента данные коррелируют с этой позицией. Направленный АЭ проводился со студентами УГАТУ в 2014 и 2020 годах [3;4;5;6;7]. Студенты получили задание «придумать и написать собственное оригинальное продолжение пословиц» на бланке, состоящем из 20 опорных слов-компонентов известных паремий. Теоретической основой исследования является трехуровневая модель языковой личности Ю. Н. Караулова [2, с. 48]. Вербально-семантический уровень языковой личности представлен в 21 R. От-

личительной чертой R данного типа является то, что респонденты не придумали собственную трансформированную паремию, при этом стремились воспроизвести точную морфологическую структуру сказуемых исходной поговорки: их ответами были чаще приставочные глаголы несовершенного вида в третьем лице единственного числа настоящего времени. Представленные в анкетах глаголы выражают широкий спектр коннотативных характеристик: от позитивной (*желает и ждет / завлекает / предохраняет / предсказывает*), нейтральной (*делает / догадывается / доделывает / не завершает, а лишь продолжает*), побудительной (*думать умей / убеждай*) до враждебно-негативной (*нагибает / не помогает / не принимает / обманывает, уходит / уничтожает / предполагает одно, располагает другое, предоставляет третье*). Реакции вербально-семантического уровня являются преимущественно единичными, однако в трех ответах встречается глагол «делает», что можно объяснить процессивным характером исходной паремии. В двух случаях были получены ответы *уничтожает*, который, учитывая значение слова «уничтожать», можно расценивать как неосознаваемый призыв к (само)разрушению.

Лингвокогнитивный уровень языковой личности представляет собой *тезаурус*, в котором раскрывается языковая картина / образ мира говорящего. В ходе эксперимента было получено 33 R, которые можно отнести к лингвокогнитивному уровню. Проанализированные R были условно распределены на четыре тематические группы: «*студенческая жизнь*», «*профессиональные отношения*», «*семейные / дружеские отношения*» и «*человек и мир*». Будни студента УГАТУ находят отражение в 12 R, при этом в 11 ответах признается беспомощность студентов перед *преподавателем, деканом / деканатом / сессией*. В шести анкетах встречается вариант *студент предполагает, преподаватель располагает*. В двух анкетах ИП иллюстрируется ситуацией «*студент на экзамене*». В неопаремии *студент предполагает, а препод все поставит* высказываются иронично-пренебрежительное отношение к преподавателю («*препод*») и негативная установка к учению – «*все поставит*».

В группе реакций «*профессиональные отношения*» выделено 9 неопаремий: *водитель предполагает, ГИБДД располагает / нарушитель предполагает,*

судья располагает / пассажир предполагает, водитель располагает / покупатель предполагает, продавец располагает / работник предполагает, начальник располагает / рабочий предполагает, Бог располагает / ученик предполагает, учитель располагает / человек предполагает, начальник располагает / штраф гаишник назначает. О динамике семейных и дружеских отношений позволяют судить 8 R. Взаимоотношения между родителями и детьми раскрывается в 5 ответах. При этом перестановка компонентов меняет смысл на противоположный: *родители предполагают, ребенок располагает / ребенок предполагает, родители располагают.* Возможно, истоки данной тенденции восходят к семейным традициям участника эксперимента: в первом примере ребенок является центром жизни семьи, во втором случае родители являются авторитетом. Стоит отметить, что в ответах студентов чаще *мама / мамка* становится авторитетом: *сын предполагает, а мать располагает / я предполагаю, мамка располагает / дочь предполагает, папа располагает.* Примечательно, что дружеские отношения нашли отражение лишь в одной неопаремии: *друг без машины предполагает куда ехать, друг на машине располагает куда везти.* Отсутствие R такого рода объяснимо: дружба предполагает общение на равных, заключенный же в паремии потенциал иерархического соподчинения никак не коррелирует со здоровыми дружескими отношениями. В двух ответах представлены неопаремии о супругах: *муж предполагает, а жена знает точно / муж предполагает, жена располагает.* Ролевые установки, принятые в семейном общении, объясняют данные R.

Самая малочисленная группа R лингвокогнитивного уровня «человек и мир» представлена в четырех ответах. В них находят отражение процессы цифровизации, иллюстрирующие зависимость человека от техники и дигитального мира: *человек предполагает, Google располагает / человек предполагает, интернет располагает / человек предполагает, техника располагает.* Для современного студента оказаться без связи – это значительный стресс, поскольку коммуникация, обучение и даже работа зачастую проходит в удаленном формате.

На уровне *прагматикона*, который представляет собой вершину в иерархии уровней языковой личности и выражается в системе коммуникативных ролей, мотивов и целей, руководящих личностью в процессе коммуникации, выделяются следующие группы: «*предопределенность и судьба*», «*материальные ценности*», «*Бог*» и «*эгоцентрические реакции*». В группе «*предопределенность и судьба*» представлено семь ответов: *люди предполагают, судьба располагает / народ предполагает, государство располагает / мечта предполагает, обстоятельства располагают / мысли материальны, протяни руки к хорошим мыслям / поскольку Бог всем располагает, что-то предполагай с большой осторожностью / человек предполагает, а его располагают / красота предполагает, а ум располагает*. В группе «*материальные ценности*» пять ответов: *человек предполагает, Бог располагает, когда денег хватает / умный предполагает, богатый располагает / финансы предполагают, а я располагаю / цена предполагает, бюджет располагает / ты предполагаешь, здоровье располагает*. R с ключевым компонентом «*Бог*» образованы путем «запуска» процесса контаминирования с иными фразеологическими единицами библейского происхождения: *предполагает и располагает человек, а Бог прощает*. В русском речевом этикете «*Бог простит*» означает вежливый отказ на просьбу о прощении [3, с. 31]. Неопаремия *Человек предполагает, а Бог не выдаст, свинья не съест* образована при помощи включения первой части пословицы в поговорку *Бог не выдаст, свинья не съест*. Можно предположить, что обобщенным значением является утверждение о том, что «несмотря на все тревоги и волнения, из трудного положения буден найден выход». Иначе говоря, «все будет хорошо».

Малочисленные эгоцентрические R свидетельствуют о попытках говорящего наполнить конвенциональную паремию личностным смыслом, который раскрывается в житейских ситуациях и не всегда очевиден вне контекста: *все равно будет по-моему / о себе хорошее предполагает, но других к себе не располагает / я взвешиваю и отмеряю*. Прагматический смысл заключает в себе ценностные установки личности, личные моральные ориентиры, субъективные переживания и ощущения.

Итак, традиционные поговорки актуализируются в студенческом паремиологическом дискурсе в виде неопаремий – окказиональных трансформаций пословиц и поговорок. Анализ полученных в ходе ассоциативных экспериментов неопаремий показал, большинство реакций относится к лингвокогнитивному и вербально-семантическому уровню языковой личности. Мотивационный уровень языковой личности, выражающий прагматические смыслы и обладающий заметным экспрессивным потенциалом, представлен незначительно. Отметим и то, что одной из основных коммуникативных интенций в механизме трансформации поговорок становятся творческие возможности языковой личности, определяющие такие стратегии извлечения информации, что направляют ее в мир формируемого дискурса, где действуют законы репрезентации «особого» взгляда на реструктурируемую неопаремиями ситуацию как в условиях эксперимента, так и в процессе общения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алефиренко Н. Ф., Семенов Н. Н. Фразеология и паремиология. М., 2009. – 344 с.
2. Караулов Ю. Н. Русский язык и языковая личность. – М.: Изд-во ЛКИ, 2010. – 264 с.
3. Кушнарёва А. В. Ассоциативный потенциал ключевых компонентов поговорок «Не в деньгах счастье» // Теория и практика языковой коммуникации: материалы XIII Международной научно-практической конференции. – Уфа: УГАТУ, 2021. – С. 101–107.
4. Кушнарёва А. В. Отражение стереотипов в языковом сознании и поговорок в картине мира // Russian Linguistic Bulletin. – 2022. – №3 (31). – URL: <https://rulb.org/archive/3-31-2022-july/10.18454/RULB.2022.31.25> (дата обращения 10.09.22).
5. Кушнарёва А. В. Репрезентация особенностей языковой личности в студенческом паремиологическом дискурсе (на примере поговорок «Назвался груздем – полезай в кузов») // Славянские этносы, языки и культуры в современном мире. – Уфа, 2021. – С. 152–158.
6. Кушнарёва А. В. Стратегии создания неопаремий // Теория и практика языковой коммуникации: материалы XII Международной научно-практической конференции. – Уфа: УГАТУ, 2020. – С. 136–141.
7. Салихова Э. А., Мурсалимова Ю. Р. Религиозное знание с точки зрения категорий «значение» и «знание» / «познание» // Вестник ВЭГУ. – Сер. Филология. – № 2 (64). – Уфа, 2013. – С. 125–130.
8. Степанова М. И. Фразеологический словарь русского языка. – СПб.: ООО «Виктория плюс», 2012. – 608 с.
9. Человек предполагает, а Бог располагает. Применение выражения в литературе. – URL: <https://amikamoda.ru/my-polagaem-a-bog-raspolagaet-perevod-chelovek-predpolagaet-a-bog.html> (дата обращения 10.09.22).

А. А. НИКИТИН

aleksandr-nikitin1999@yandex.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. Д. А. АХМЕДЗЯНОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ПРОФИЛИРОВАНИЕ РАБОЧИХ И НАПРАВЛЯЮЩИХ ЛОПАТОК В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ ANSYS BLADEGEN

Аннотация. Для уменьшения времени разработки элементов и узлов газотурбинных двигателей на производстве достаточно эффективно применяют различные системы и программы; рассмотрим, насколько эффективно можно применять программу *Ansys BladeGen* при профилировании лопаток компрессора, а также проведении последующей оптимизации с целью получения заданных характеристик.

Ключевые слова: газотурбинный двигатель, лопаточные машины, профилирование, компрессор, вентилятор, лопатка, газодинамическое 3D-моделирование, проектирование, *Ansys BladeGen*, *ANSYS CFX*.

С появлением газотурбинных двигателей и развитием лопаточных машин для получения требуемых параметров двигателя стало необходимо разрабатывать оптимальные профили лопаток компрессора или турбины, были созданы соответствующие методики позволяющие получить профили с наилучшим обтеканием. Однако данные методики оптимизации профилей носят итерационный характер, по этой причине требовалось достаточно много времени на разработку двигателя. С развитием технологий и появления электронно-вычислительной техники процесс профилирования начал упрощаться и затраты времени на профилирование уменьшились.

Рассмотрим современную программу профилирования лопаток компрессоров и турбин *Ansys BladeGen* и оценим эффективность данной программы для профилирования лопаток компрессора.

Исследование проводилось, опираясь на данные, приведенные в работе [1]. На рисунке 1 показан интерфейс программы *ANSYS BladeGen*. В окне 1 задаются размеры проточной части и ширина венца лопаточного канала; в окне 2 можно просматривать форму профиля лопаток, отслеживать горло; в окне 3 задаются лопаточные углы входа и выхода потока, а также есть возможность ре-

дактирования формы и положения средней линии для каждого сечения профиля; в окне 4 производится настройка толщины профиля и типа профиля, а также координаты наиболее широкого участка профиля. С помощью данных окон мы можем изменять форму и толщину профиля, а также геометрию проточной части. В данной программе были построены профили направляющих и рабочих лопаток трех ступеней вентилятора.

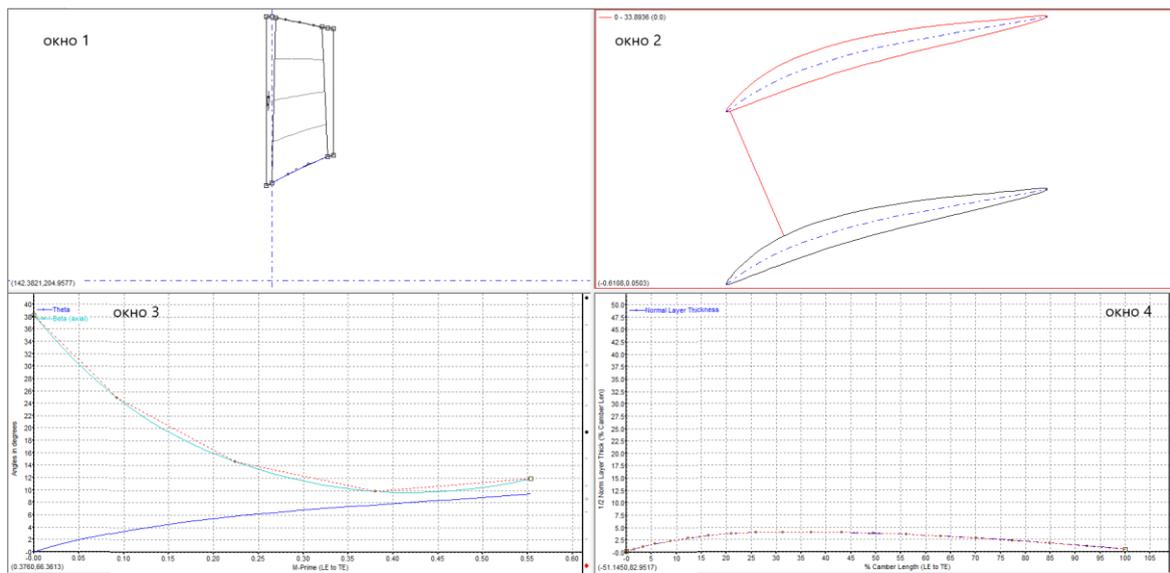


Рис. 1. Окно программы *ANSYS BladeGen*

Полученные профили можно использовать для газодинамического 3D-моделирования вентилятора, а также с помощью *ANSYS BladeGen* можно редактировать профили для получения оптимального течения воздуха по тракту, но из-за большого диапазона изменения параметров профиля процесс оптимизации займет достаточно много времени. В качестве проверки профилей и оптимизации первой ступени была проведена серия расчетов в *ANSYS CFX*, по результатам которой можно сделать следующие выводы:

- в *ANSYS BladeGen* нельзя выбрать сверхзвуковой профиль лопатки, в результате чего нельзя получить требуемые параметры на выходе из ступени;
- по результатам расчетов удалось получить приемлемое течение воздуха по тракту, а также степень повышения давления и КПД ступени, соответствующее 2D-расчету, но в связи с отсутствием возможности правильно спрофилировать сверхзвуковую ступень не удалось получить необходимую абсолютную

скорость потока и необходимый расход воздуха через ступень (погрешность 10%);

– профилирование в *ANSYS BladeGen* и последующая оптимизация ступени занимает достаточно много времени все связано с большим количеством регулировок параметров профиля, поэтому рекомендуется применять другие подходы к профилированию лопаток.

Таким образом *ANSYS BladeGen* можно применять для профилирования дозвуковых профилей лопаток, а также в качестве программы предварительного профилирования и быстрой проверки (продувка ступени в *ANSYS CFX*) получившихся *2D*-расчетов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никитин А. А. ТРДДФ для легкого истребителя: специальность 24.03.05 «Двигатели летательных аппаратов»: выпускная квалификационная работа бакалавра / Никитин Александр Александрович, Уфимский государственный авиационный технический университет. – Уфа, 2022. – 120 с. – Текст: непосредственный.
2. Емин О. Н., Карасев В. Н., Ржавин Ф. А. Выбор параметров и газодинамический расчет осевых компрессоров и турбин авиационных ГТД: Учебное пособие. – М.: «Дипак», 2003 г., 156 с.
3. Холщевников К. В., Емен О. Н., Митрохин В. Т. Теория и расчет авиационных лопаточных машин: Учебник для студентов вузов по специальности «Авиационные двигатели». 1-е изд. – М.: Машиностроение, 1970 г. 614 с.

УДК 658.512.22

К. Д. САДРТДИНОВА

lady-sadrtdinova@inbox.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Г. К. АГЕЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ОПИСАНИЕ ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ ГТЭ-170

Аннотация. Описывается газотурбинная установка ГТЭ-170. История развития ГТУ в России. Значимость развития газотурбинных установок в стране.

Ключевые слова: газотурбинная установка, Силовые машины, газовые турбины.

История проектирования и производства ГТУ началась с 1957 г., когда на Ленинградском Металлическом заводе (ЛМЗ) была создана первая ГТ-12-3 мощностью 12 МВт с КПД 27 %. Результатом накопленного опыта явилось создание в 1959 г. новой серии ГТУ типа ГТ-25-700 мощностью 25 МВт с КПД 28 %.

Прогрессивные решения конструкторского бюро были внедрены в 1962 году в серии из 10 агрегатов ГТН-9-750. Позднее, в 1970–1995 гг., велись работы по одной из самых выдающихся турбин своего времени ГТ-100-750 мощностью 105 МВт с КПД 28 %, которая в дальнейшем получила развитие в ГТЭ-150 мощностью 148 МВт с КПД 31 %. Две ГТЭ-150 работают с 1991 года по настоящее время на ГРЭС-3 им. Классона.

Объем выпуска газовых турбин был небольшим, потому что основной акцент делался на серийное производство машин для паротурбинных энергоблоков. Это требовалось, чтобы обеспечить рекордные темпы ввода электрической и тепловой мощности, необходимой для развивающейся экономики страны.

Сегодня на территории Российской Федерации свыше 30 ГВт генерирующих мощностей работают в парогазовом цикле. Доля оборудования иностранных компаний в суммарной установленной мощности введенных в эксплуатацию ПГУ и ГТУ составляет более 70%.

В 2018 году Правительством России в целях обеспечения энергобезопасности и энергонезависимости принято решение о воссоздании в стране отечественного производства газовых турбин.

В это же время «Силовые машины», с учетом достижений в традиционной для предприятия области паровых турбин, значительным опытом в освоении новых видов продукции и накопленным опытом по созданию газотурбинных установок в прошлом, начали программу освоения производства современных отечественных энергетических газовых турбин класса ГТЭ-65 и ГТЭ-170.

К концу 2019 года на предприятии было воссоздано конструкторское бюро газотурбинных установок, реализуется масштабный комплекс научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, определены отечественные поставщики критически важных комплектующих и заготовок, ведется модернизация собственной производственной и экспериментально-исследовательской базы.

Лопатки ротора газовой турбины работают в достаточно жестких условиях, сочетающих высокие нагрузки и температуры, не характерные для остальных компонентов турбины. Линейная скорость вершины лопатки достигает 390 метров в секунду, а скорость потока газа - 600 метров в секунду. Температура газа может превышать 1200 °С. Кроме того, материал лопатки должен иметь высокое сопротивление коррозии и эрозии, высоким усталостным напряжениям и ударным нагрузкам. Для производства таких лопаток используются литейные упрочняемые никелевые жаропрочные сплавы с монокристаллической, направленно кристаллизованной или равноосной структурой. Компрессорные же лопатки работают в более щадящих условиях: от их материала требуется высокая прочность до температур порядка 600 °С, высокая ударная прочность и сопротивление усталости.

Производство газовых турбин ГТЭ-65 и ГТЭ-170 развернуто на Ленинградском Металлическом заводе в Санкт-Петербурге. Современный станочный парк ЛМЗ позволяет выполнять большинство необходимых операций в рамках изготовления газовых турбин. Но для полноценной работы и увеличения про-

пускной мощности предприятия "Силовые машины" разработали технологический проект дооснащения производств, который реализуется в настоящее время.

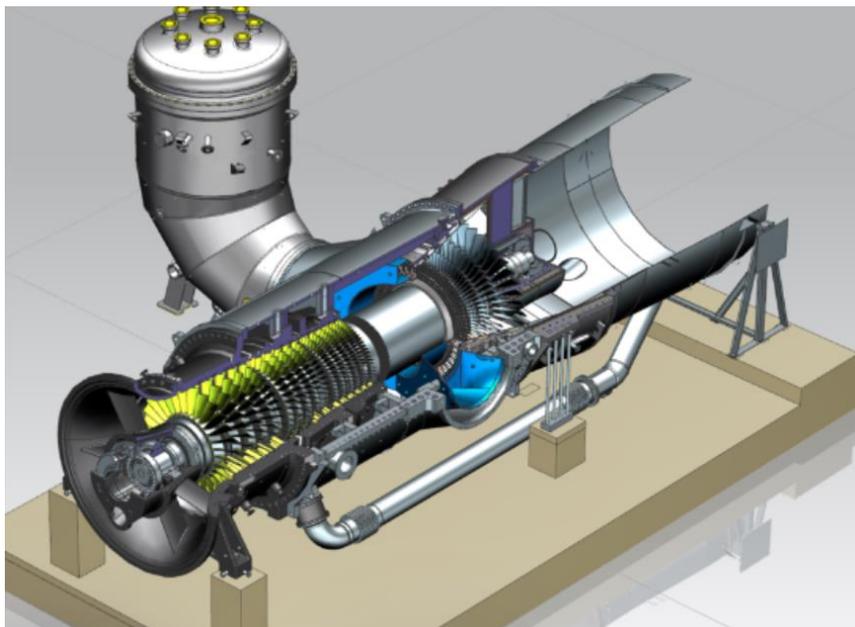


Рис. 1. Разрез ГТЭ-170

Так, в феврале "Силовые машины" определили поставщиков и подписали договоры на поставку в 2020 году основного технологического оборудования для комплектования заготовительного и сборочно-сварочного производств. В марте заключен договор на модернизацию станда для вертикальной сборки роторов турбин ГТЭ-65 и ГТЭ-170, его ввод в эксплуатацию запланирован на третий квартал. В феврале завершился монтаж станда для сборки камер сгорания газовой турбины ГТЭ-170.

Всего в рамках дооснащения производственных мощностей ЛМЗ закупается 48 дополнительных единиц станочного оборудования.

Первые отечественные газовые турбины большой и средней мощности "Силовые машины" рассчитывают выпустить уже в 2023 году. А их модифицированные версии с улучшенными характеристиками и повышенной мощностью - к концу 2024-го. К этому времени компания будет располагать производственными возможностями по выпуску до восьми таких энергоустановок в год.

Опытный образец САУ газотурбинной установкой ГТЭ-170 успешно прошел функциональные испытания, подтвердив соответствие всем установленным в техническом задании требованиям. Были проверены алгоритмы регулирования и защит, проимитированы все возможные ситуации в штатной и не-

штатной работе турбины, в том числе сбросы нагрузки с последующим выходом на холостой ход.

Разработка и производство опытного образца САУ были выполнены в точном соответствии с установленными проектом сроками. В соответствии с требованиями государственного контракта с Минпромторгом России САУ ГТЭ-170 создана на базе отечественного программно-технического комплекса и может применяться на объектах энергетики согласно их классификации по уровню опасности.

Собственное прикладное программное обеспечение позволит совершенствовать, развивать и модернизировать разработанную САУ ГТЭ-170 и следовать самым современным трендам в области управления газовыми турбинами средней и большой мощности.

Успешное освоение технологии производства газотурбинных установок российским предприятием снизит зависимость отечественной энергетики от импорта больших газовых турбин и повысит технологическую безопасность государства, уверены в "Силовых машинах".

Для появления российской газовой турбины сейчас уже все есть: производители, финансирование, компетенции, понимание рынка и освободившиеся из-за санкций ниши, а также подписанные контракты.

При этом компания не собирается останавливаться на обозначенных типоразмерах газовых турбин, чтобы соответствовать мировым и российским тенденциям развития энергетического комплекса. Запущен ряд научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ для создания версий ГТЭ-65 и ГТЭ-170, использующих в качестве топлива водород. Кроме того, "Силовые машины" заявляют о намерении создать мощную газовую турбину H-класса: концептуальный проект и техзадание уже формируются.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://power-m.ru/customers/thermal-power/gas-turbines/>
2. https://tass.ru/ekonomika/8915297?utm_source=yandex.ru&utm_medium=organic&utm_campaign=yandex.ru&utm_referrer=yandex.ru

УДК 62.03

А. В. СОЛОДЯННИКОВА

viking.angel01@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук Н. В. ЛЕВШЕНКОВ

*Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А. Н. Туполева - КАИ*

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АВИАСТРОЕНИИ

Аннотация. Данная работа направлена на изучение вопроса о возможности использования аддитивных технологий в авиастроительной промышленности. Были рассмотрены виды и методы создания объектов с использованием аддитивных технологий, а также выявлены преимущества использования аддитивных технологий над традиционными способами создания деталей из композиционных материалов.

Ключевые слова: аддитивные технологии, композиционные материалы, авиастроительная промышленность, летательный аппарат.

В настоящее время наравне с традиционными конструкционными материалами в авиастроительной промышленности используются композиционные материалы. И их доля в конструкции летательных аппаратов постоянно увеличивается, например, в современных беспилотных летательных аппаратах доля композиционных материалов составляет до 99% от всех используемых материалов. Но изготовление деталей из композиционных материалов имеет следующие негативные факторы:

- высокая стоимость оснастки;
- зависимость от контрагентов;
- высокая трудоемкость изготовления оснастки;
- ограниченные возможности традиционных технологий.

Что приводит к повышению расходов на производство, увеличению себестоимости изделий, трудности в доработке и модификации оснастки, а также увеличению массы летательного аппарата. С целью уменьшения себестоимости деталей и экономии времени в авиастроительной промышленности начинают применять аддитивные технологии.

Аддитивные технологии – это метод создания трехмерных объектов путем послойного добавления материала. На данный момент разработаны адди-

тивные технологии для создания деталей из полимеров, металлов и композиционных материалов. Стандартные методы создания деталей из полимеров с использованием аддитивных технологий заключаются в следующем:

1. Синтез на подложке.

В данном методе создание деталей происходит двумя способами: многоструйное сплавление и селективное лазерное спекание. В первом способе капли жидкости наносятся по заранее выбранной траектории на слой полимерного порошка. Они усиливают или подавляют поглощение тепла порошком. Непрерывно действующий инфракрасный источник спекает материал в соответствии с заданной формой (Рисунок 1). Во втором, с помощью подвижного лазерного луча полимерный порошок слой за слоем селективно спекается по заранее выбранной траектории и, таким образом, затвердевает в поперечном сечении детали (Рисунок 2).

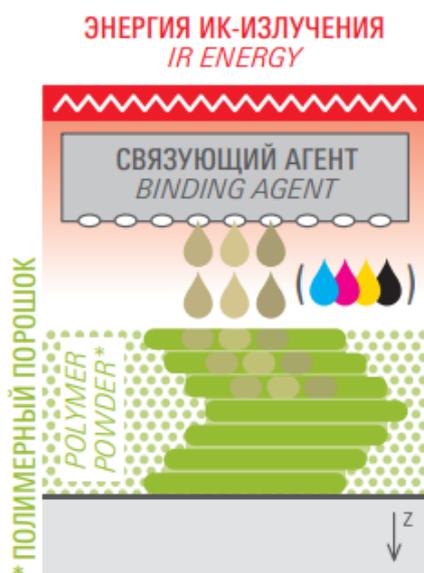


Рис. 1. Многоструйное сплавление

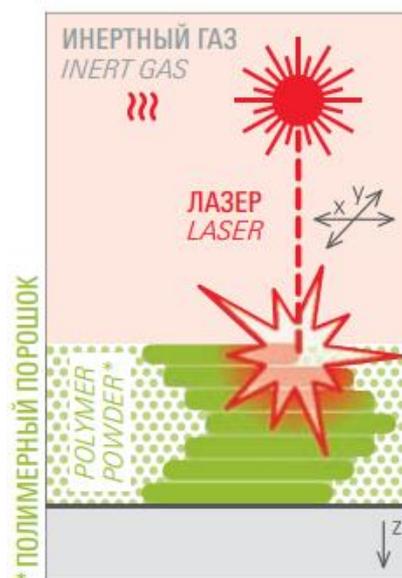


Рис. 2. Селективное лазерное спекание

2. Экструзия материала.

Формованный в виде проволоки пластик, либо гранулят пластика расплавляется в сопле и селективно подается по заранее выбранной траектории слой за слоем (Рисунок 3).

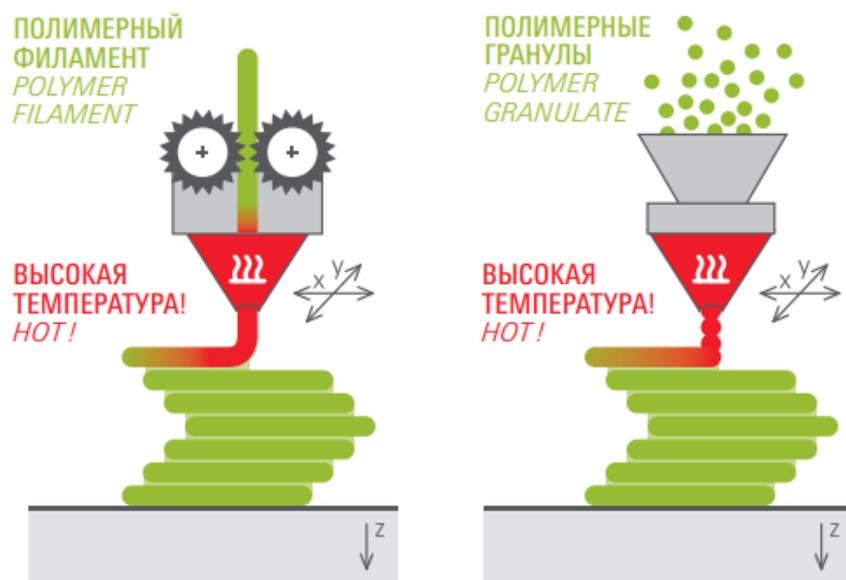


Рис. 3. Экструзия материала

3. Послойная струйная 3D-печать.

Небольшие капли фотополимера наносятся по заранее выбранной траектории слой за слоем через множество сопел. Затем вязкий фотополимер мгновенно отверждается ультрафиолетовым излучением (Рисунок 4).

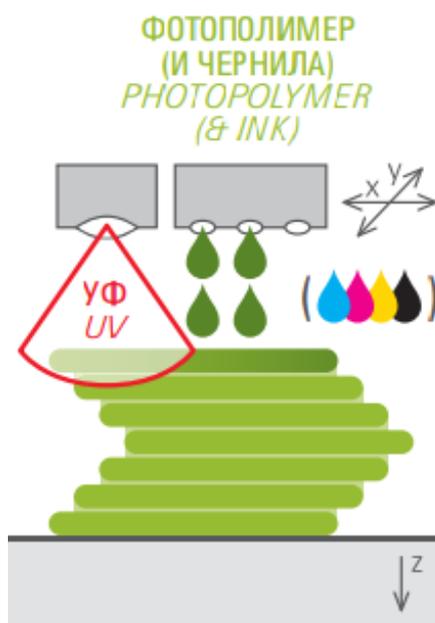


Рис. 4. Послойная струйная 3D-печать

4. Фотополимеризация в ванне.

С помощью подвижного лазерного луча вязкий фотополимер селективно по заранее выбранной траектории отверждается слоями и там затвердевает (Рисунок 5).

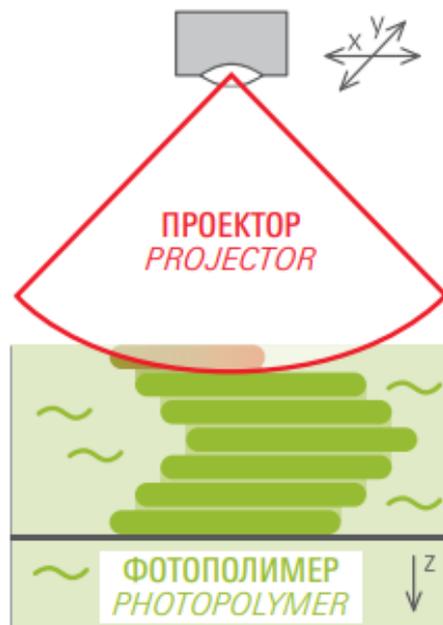


Рис. 5. Фотополимеризация в ванне

Следует уточнить, что методы создания деталей из металлов и композиционных материалов с использованием аддитивных технологий основываются на вышеперечисленных методах. Кроме того, уже разработаны высокопрочные и термостойкие пластики, которые применяются для создания сильно нагруженных деталей с помощью 3D-печати.

В авиационной промышленности аддитивные технологии можно применять:

- в создании конечных изделий;
- в изготовлении оснастки для изделий из полимерных композиционных материалов;
- в изготовлении вспомогательных приспособлений для производства;
- для быстрого прототипирования и макетирования.

В качестве вывода перечислим преимущества аддитивных технологий:

1. С экономической точки зрения:

- снижается себестоимость напечатанного изделия;
- повышается скорость изготовления изделия;
- увеличивается коэффициент использования материала.

2. С конструкторской точки зрения:

- возможно создавать изделия сложной геометрии;
- возрастает точность и повторяемость изделия;
- уменьшается масса детали;
- возможно объединять несколько деталей в одну;
- простота доработки и модификаций;
- топологическая оптимизация детали.

3. С производственной точки зрения:

- частичный отказ от услуг коопераций;
- возможность создания собственной оснастки;
- возможность создания приспособлений;
- снижение производственных затрат.

То есть, использование аддитивных технологий в авиастроительной промышленности в разы снижает затраты на производства и увеличивает его технологичность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Formnext – AM Field Guide: сайт. – URL: <https://formnext.mesago.com/frankfurt/en.html> (дата обращения: 10.09.2022). – Текст: электронный.
2. Аддитивные технологии для аэрокосмической техники: сайт. – URL: <https://www.3dpulse.ru/news/zhurnal-additivnye-tehnologii/additivnye-tehnologii-dlya-aviakosmicheskoi-tehniki/> (дата обращения: 10.09.2022). – Текст: электронный.

Е. Л. СПИРИДОНОВА

kazantceva_katerina_161@mail.ru

Науч. руковод. – проф., д-р техн. наук. И. А. КРИВОШЕЕВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет***ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ, ДОЛГОВЕЧНОСТИ И РЕСУРСА ГТД**

Аннотация. Проведено исследование влияния теплонапряженного и деформированного состояния рабочей лопатки турбины высокого давления авиационного ТРДДФсм АЛ-31ФП и конвертированного на его основе АЛ-31СТ на долговечность, надежность и ресурс ГТД для определения зависимости ресурса лопатки от частоты вращения ротора по диаграмме Ларсена-Миллера.

Ключевые слова: двигателестроение, рабочие лопатки турбины высокого давления, система охлаждающих каналов, теплонапряженное и деформированное состояния и диаграмма Ларсена-Миллера.

Объектом исследования был выбран авиационный двухконтурный турбореактивный двигатель со смешением потоков и форсажем (ТРДДсм) АЛ-31ФП и конвертированный на его основе АЛ-31СТ, применяемый в составе газоперекачивающего аппарата (ГПА) при транспортировке газа.

Наиболее нагруженными компонентами двигателя АЛ-31ФП и конвертированного на его основе двигателя АЛ-31СТ, определяющими ресурс, являются рабочие лопатки турбины высокого давления (далее РЛ ТВД). При эксплуатации ГТД турбины, охлаждаемые лопатки подвержены большим температурным напряжениям, вследствие чего проявляется ряд систематических дефектов, что показано на рисунке 1. [1], [2]

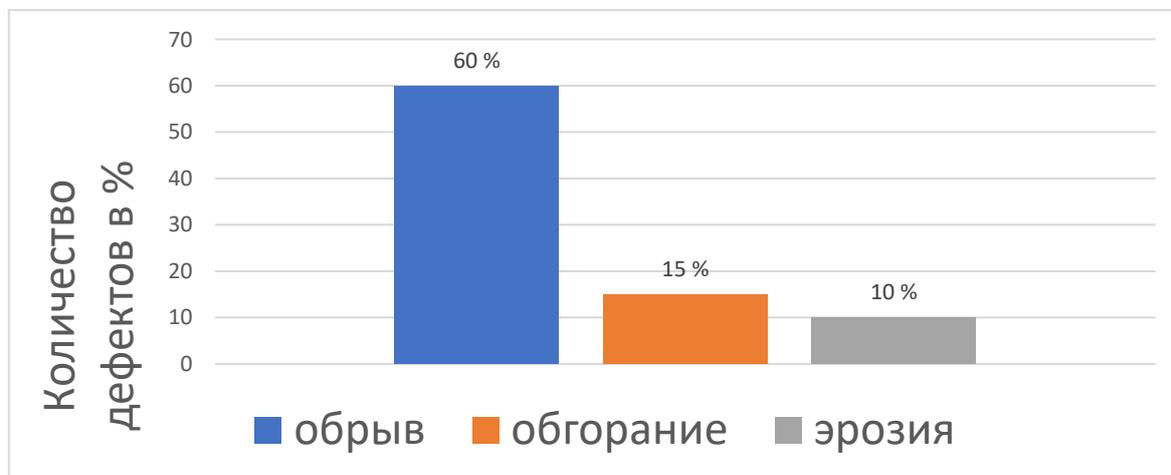


Рис. 1. Систематические дефекты РЛ ТВД АЛ-31ФП

Ресурс наработки РЛ ТВД двигателя АЛ-31ФП составляет 1500 часов. Из рисунка 1 видно, что, обрыв РЛ ТВД двигателя АЛ-31ФП составляет 60 %, это преобладает на фоне остальных дефектов.

Выявив преобладающий дефект, как обрыв РЛ двигателя АЛ-31ФП, рассмотрим также ГТП АЛ-31СТ. Ресурс наработки РЛ, которого (по требованиям Газпрома) должен составлять 25000 часов. Таким образом, при конвертировании авиационного ТРДДФсм в ГТП требуется увеличить ресурс РЛ ТВД в 16 раз, что является большой проблемой.

В связи с этим рассмотрим количество отказов, связанных только с обрывами РЛ ТВД АЛ-31СТ в период с 2003 по 2014 года, что показано на рисунке 2.

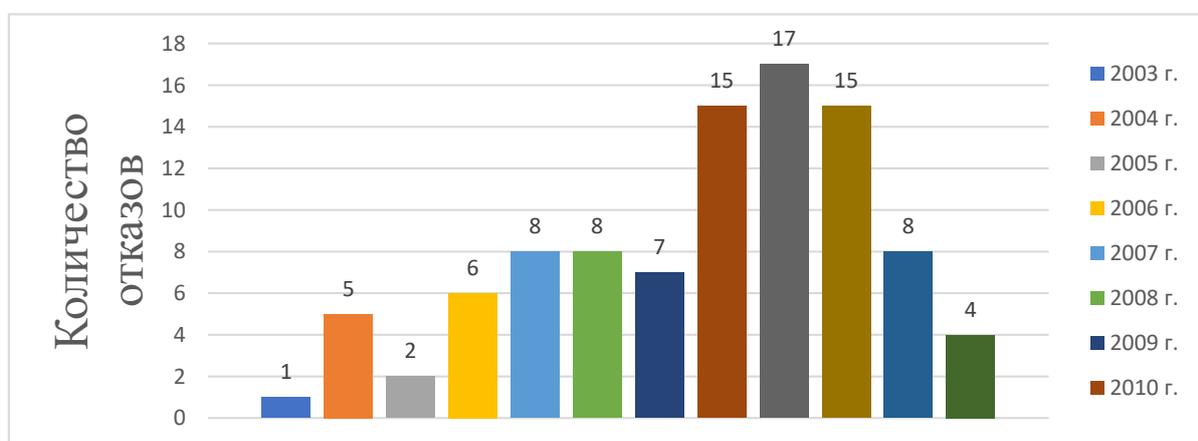


Рис. 2. Количество отказов, связанных только с обрывами РЛ ТВД АЛ-31СТ в период с 2003 по 2014 года

Из рисунка 2 видно, что максимальное количество отказов и до аварийных съёмов приводов АЛ-31СТ пришлось с 2010 по 2012 года, которые были связаны с разрушением проточной части двигателей (ГТП) наработка которых составила в диапазоне от 1400 до 6500 часов.

Было выявлено, что у двигателя (ГТП) АЛ-31СТ, конвертированного на основе АЛ-31ФП, РЛ ТВД не рассчитаны на такой ресурс, который превышает в 16 раз чем у двигателя АЛ-31 ФП. Как результат имеет место обрыв РЛ и съём двигателя, и дальнейший его ремонт. [3], [5]

Анализ условий нагружения РД ТВД в эксплуатации выполнен с использованием 3D CAD/CAE-моделирования. Определение основных показателей ТНДС (теплонапряженного и деформированного состояния) РЛ ТВД произведе-

но при помощи программного комплекса *ANSYS*. При этом была построена 3D CAD-модель РЛ ТВД с исходной геометрией, представленная на рисунке 3 а).

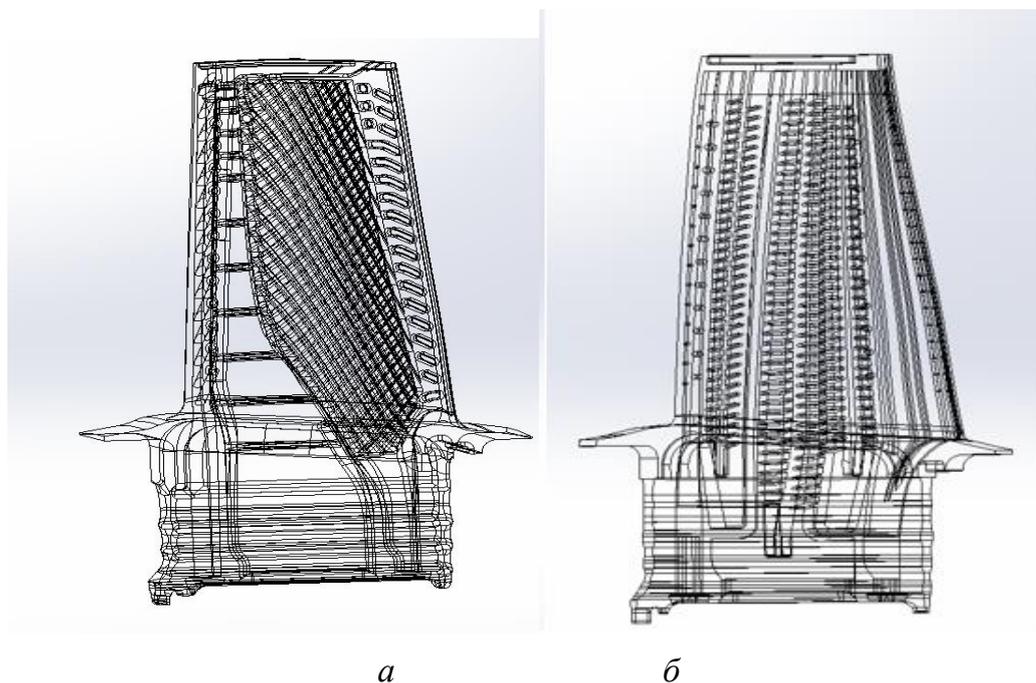


Рис. 3. 3D CAD-модель РЛ ТВД:
а – исходная геометрия; б – измененная геометрия

По результатам 3D CAD/CAE-моделирования были определены тепловые и прочностные показатели РЛ ТВД, показанные на рисунке и рассчитан ресурс. Материал РЛ ТВД использован ЖС-32, как и у АЛ-31ФП.

В процессе исследования, исходя из опыта эксплуатации, было принято решение устранить конструктивные недостатки РЛ ТВД путем изменения геометрии охлаждающих каналов. Вид РЛ ТВД с измененной геометрией представлен на рисунке 3 б).

В результате 3D CAD/CAE-моделирования теплового и прочностного исследования были выявлены наиболее теплонагруженные участки РЛ. Проведено сравнение с полученными данными для РЛ с исходной геометрией. Минимальная температура РЛ составляет 659,80 К, что на 70 К меньше исходной модели лопатки. Максимальная температура составляет 1339,60 К, что на 47,7 К меньше и рассчитан ресурс.

По результатам проведенных исследований ТНДС (теплонапряженного и деформированного состояния) был определен (с использованием диаграммы

Ларсена-Миллера) ресурс лопатки с измененной геометрией при непрерывной работе ГТД на максимальном режиме составил 234 часа. В результате проведенных исследований изменение геометрии охлаждающих каналов дало прирост ресурса на максимальном режиме на 133 часа. Для авиационного ГТД такой ресурс является допустимым, поскольку максимальный режим составляет 10 % от общего межремонтного ресурса. Таким образом у РЛ ТВД с исходной геометрией межремонтный ресурс составит $\tau=1330$ часа, а с изменой геометрией $\tau=2340$ часа, т.е. в два раза больше.

Поэтому предложено ввести непрерывный контроль температуры РЛ ТВД и при этом контроль выработки ресурса (по тренду параметра n_2 – частоты вращения ротора ВД, т.е. с учетом фактического нагружения ГТП).

Для достижения безопасности при полетах и испытаниях актуальность своевременного полученных данных определения состояния, диагностики и прогнозирования ресурса РЛ ТВД очень важна. В результате было предложено измерения температуры лопаток $T_{л}$ позволяют получить зависимость $T_{л}(n_2)$ и по предложенной Кривошеевым И.А. методике, с помощью диаграммы Ларсена-Миллера получить зависимость ресурса τ от n_2 . Это позволяет по тренду параметра определять выработку ресурса РЛ ТВД как $\delta R = \int dt / \tau(n_2)$. Так определяется доля выработанного ресурса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Двигатель АЛ–31ФП. Руководство по эксплуатации /ОАО «НПО» Сатурн/ Научно - технический центр им. А. Люльки . Книга 2, 2005. – 1998с.
2. Двигатель АЛ–31СТ. Руководство по эксплуатации /ОАО «НПО» Сатурн/ Научно - технический центр им. А. Люльки . Книга 2, 2005. – 870с.
3. Опыт контроля лопаток ТВД газотурбинных двигателей АЛ-31СТ в условиях КС. Газовая промышленность. Акимов В.И., Бакиев Т.А. №1. 2015.
4. Опыт применения пирометрических систем для контроля температуры рабочих лопаток турбины ГТД [Текст] / Т.П. Андреева, И.Т. Губайдуллин // III МНТК Авиадвигатели 21 века. - ЦИАМ, 2010. - С. 773 - 776.
5. Оптическая пирометрическая система для измерения температуры поверхности лопаток турбины ГТД и ТД. Двигатели и энергоустановки аэрокосмических ЛА. И. Т. Губайдуллин, Т.П. Андреева, А.С. Складчиков. – Уфа, 2012.
6. Рабочие лопатки авиационных ГТД. Эксплуатационная повреждаемость рабочих лопаток. Пособие по дисциплине «Конструкция и ТО ЛА и АД». Чичков Б.А. – М: МГТУ ГА. 2000. – 74 с.

Ф. Ф. СУЛТАНОВА, Н. Н. ЗВЕРЕВА
ms.sultanova273@mail.ru, zvereva.nn@ugatu.su

Уфимский государственный авиационный технический университет

РЕИНЖИНИРИНГ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ В СТРОИТЕЛЬНОЙ КОМПАНИИ

Аннотация. Статья посвящена вопросам модернизации бизнес-процессов управления проектами для строительной практики. Рассмотрены преимущества и недостатки орструктур управления проектной деятельностью в сфере строительства. Разработаны рекомендации по моделированию бизнес-процессов и представлена методика реинжиниринга бизнес-процессов, позволяющая увеличить результативность деятельности строительной компании. Рассматриваются вопросы повышения эффективности механизма реинжиниринга.

Ключевые слова: информационные технологии, реинжиниринг бизнес-процессов, методика управления проектами, проектная деятельность, строительные компании, организационная структура.

Введение

Строительная отрасль экономики как одна из наиболее динамично развивающихся по стране оказывает большое влияние на развитие экономики. Эффективная реализация строительных программ зависит от многих факторов, среди которых можно обозначить и управление строительными организациями. Недостатки в экономической и организационно-управленческой системе приводят к низкому уровню управляемости строительной отраслью.

Рассматривая отдельную строительную организацию как элемент системы строительной отрасли и изучив ее внутренние и внешние связи, связанные с управленческой деятельностью, можно выявить пути развития и улучшения общего состояния экономики строительства [1].

В современных условиях в борьбе за конкурентоспособность и динамичность конкурентное преимущество приобрели более мелкие и мобильные организации. Поэтому основными условиями выживания в современных рыночных условиях для организационной и производственной структуры строительной организации стали гибкость и быстрая адаптация к изменениям внешней среды.

Для строительного комплекса в условиях постоянной нестабильности, неопределенности и острого дефицита ресурсов вопросы общесистемного

управления строительной организации, перешедшей на идеологию управления проектами, являются решающими, определяющими их выживаемость и эффективность.

Анализ организационных структур проектной деятельности в строительной отрасли

Теоретическое обоснование реинжиниринга как качественного преобразования производственных и управленческих процессов в строительстве, в основе которого лежат требования инновационного развития инвестиционно-строительной сферы, передовые методы и практики управления представлено работами С.Б. Сборщикова [2-5]. Результатом реинжиниринга является совершенствование строительной продукции, которое напрямую связано с обеспечением ее качества.

Реинжиниринговые мероприятия направлены на формирование конкурентных преимуществ организации, совершенствование применяемых технологий и процессов.

На сегодняшний день большинство организаций отрасли строительства имеют ярко выраженную функциональную структуру, которая в современных условиях не обеспечивает их конкурентоспособность. Слабая взаимосвязанность подразделений, неизбежная при такой организации управления, приводит к разобщенности их подразделений и плохо сказывается на результативности работы структуры в целом. Сотрудники не заинтересованы в конечном результате, подразделения и службы поставлены в условия конкуренции между собой.

Одним из наиболее важных факторов реализации строительных проектов является обоснованный выбор и успешное функционирование эффективной организационной структуры строительной организации, удовлетворяющей требованиям проектного управления. Хорошей альтернативой функционально-ориентированному подходу к управлению является процессно-ориентированный подход, который дает возможность сформировать структуру, способствующую результативному управлению всеми протекающими бизнес-процессами, сосредоточенному на постоянном усовершенствовании качества

готовой продукции и удовлетворении постоянно изменяющихся требований потребителей.

Для организаций, функционирующих в динамичной среде, матричная структура может быть оптимальной, так как она способствует большей эффективности, помогая организации быстрее реагировать на запросы клиентов или изменения на рынке. На основе модели матричной организационной структуры разработана модель комбинированной структуры системы управления, которая позволяет группировать подразделения по любому признаку и различным критериям.

Бизнес-процессы управления на предприятиях строительной отрасли

На основании анализа производственной деятельности был установлен перечень типовых бизнес-процессов строительной компании: управление человеческими ресурсами, объектами инфраструктуры, производственной средой; взаимодействие с заказчиком, проектной организацией; подготовка строительного производства; обеспечение материально-техническими ресурсами; прием и хранение технологического оборудования; взаимодействие с субподрядчиком; сдача объектов заказчику; гарантийное обслуживание объектов.

На рис.1 представлена контекстная IDEF0-диаграмма бизнес-процессов строительной компании.

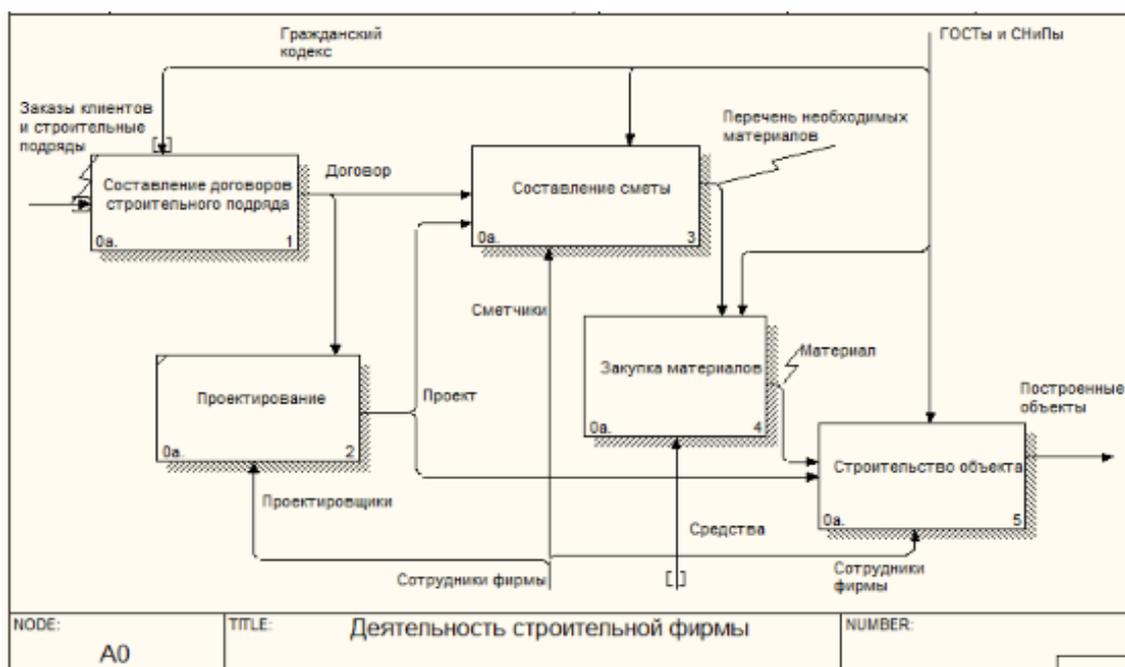


Рис. 1. Диаграмма бизнес-процессов строительной компании

Для поддержки основных и вспомогательных бизнес-процессов в компании используется различное программное обеспечение. Его можно разделить на группы: конструкторское ПО, ПО для обеспечения управленческих процессов, офисные программы.

В результате моделирования и анализа процессов управления в строительной компании были выявлены проблемные процессы: приобретение необходимого оборудования; поиск надежных подрядчиков и установление с ними отношений сотрудничества; осуществление текущего и капитального ремонта; финансовая деятельность предприятия, связанная с проведением через бухгалтерию оплаты за выполненные работы и приобретенное оборудование.

В ходе непосредственного реинжиниринга проблематичных процессов выполняется проектирование свежеепеченной конкурентоспособной стратегии предприятия. Базу данной стратегии оформляют инноваторские процессы. В масштабах инноваторской конкурентоспособной стратегии, разрабатываемой технологиями непосредственного реинжиниринга, проектируется конструкция базовых бизнес-процессов предприятия, разрабатываются механизмы финансирования. Эффективность непосредственного реинжиниринга поддерживается посредством создания и употребления совокупности инноваций, в начале технологических, увеличения инноваторского потенциала предприятия вследствие возрастания части интеллектуальных активов.

Эффективность реинжинирингового механизма напрямую зависит от качества информационно-аналитической работы: своевременности, достоверности, адекватности и достаточности данных для принятия решений, типизации, унификации и стандартизации инженерных, организационно-технологических и управленческих мероприятий в рамках реинжиниринга бизнес-процессов, а также применяемых программных и аппаратных средств.

Рабочий процесс должен быть построен таким образом, чтобы исключать любые ненужные трудозатраты. В результате использования правильно построенного рабочего процесса увеличиваются эффективность решения задач и рентабельность строительства.

Заключение

Строительная область представляется трудозатратой отраслью, так и информационной. В ходе проведения исследования были разработаны рекомендации по моделированию бизнес-процессов и разработана методика реинжиниринга бизнес-процессов, позволяющая увеличить результативность деятельности строительной компании. Комплекс мероприятий, модели и алгоритмы, предназначенные для анализа и оценки бизнес-процессов, повысят эффективность и результативность бизнес-процессов строительной компании. Практическая значимость исследования содержится в возможности применения строительной фирмой разработанных мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современные технологии управления проектами в строительстве: сб. науч. тр. под общ. ред. д-ра экон. наук, проф. А.А. Петрова – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2020. – 285 с.
2. Сборщиков С.Б. Организационные методы активизации научно-технической и инновационной деятельности в строительстве на основе территориально-отраслевых технопарков : дис. ... канд. техн. наук. М., 2000. 167 с.
3. Сборщиков С.Б. Логистика регулирующих воздействий в инвестиционно-строительной сфере (теория, методология, практика) : дис. ... д-ра экон. наук. М., 2012. 361 с.
4. Лазарева Н.В. Кластерная модель организации инновационной деятельности на корпоративном уровне в строительстве : дис. ... канд. техн. наук. М., 2015. 185 с.
5. Матвеев М.Ю., Сборщикова М.Н., Сборщиков С.Б. Зарубежный опыт совершенствования системы нормирования труда в строительстве. // Техническое регулирование. Строительство, проек_тирование и изыскания. 2011. № 3. С. 47–50.

А. А. ХАМЗИНА

azaliadivaeva@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Д. В. ЦЕЛИЩЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

КАК ЛОГИСТИКА ОПРЕДЕЛЯЕТ РАЗВИТИЕ СТРАН

Аннотация. В статье на исторических примерах рассматривается важность развития логистических цепочек в вопросе формирования и экономического роста государств.

Ключевые слова: логистика, Великий шелковый путь, Япония, политика Сакоку.

Логистика является относительно молодой наукой, которая начала свое развитие в 50-ых годах XX века. Но смотря в прошлое мы можем убедиться, что примеры ее использования существовали еще много веков назад.

Одним из них является Великий шелковый путь, который был проложен во II веке до нашей эры. Международная торговая сеть даровала людям возможность продавать свои изделия не только в соседние страны, но и на другой континент. Предметом обмена между государствами становились материальные товары на примере роскошного шелка или драгоценного нефрита, но также производился обмен культурными ценностями.

В те года языком международного общения являлся согдийский: на него было переведено множество манускриптов (в том числе, священные тексты буддизма, которые были переведены с санскрита на китайский через согдийцев) [1].

Великий шелковый путь был и остается примером самой мощной и древней международной торговой пути сообщения. Его влияние было неоспоримо велико. Государства, имевшие над ним контроль, являлись одними из самых могущественных и экономически-стабильных. Но также Путь был их слабым местом: во время периодически вспыхивавших византийско-иранских войн правители Персии блокировали караванные пути с тем, чтобы нанести максимальный ущерб экономике Византии. Государства вели войны и начинали вооруженные конфликты. Они разрушались, реформировывались, входили в состав других стран. Карта влияний и власти менялась и меняется на протяжении всей истории человечества. Неизменным остается только Шелковый путь.

Он сыграл большую роль в развитии экономических и культурных связей народов Кавказа, Передней Азии, Средней Азии и Китая. Путь служил проводником распространения технологий и инноваций, в том числе в искусстве. Под его влиянием сформировалась та политическая карта и тот мир, который мы видим сейчас. Дискредитировать его важность в развитии государств на протяжении всей истории никто не осмеливается [2].

Противоположным примером, также доказывающим важность развития международных торговых путей является Япония и ее период проведения политики Сакоку. В средние века внутренняя логистика островного государства характеризовалась бурным ростом несмотря на отличительные черты.

Страна была поделена на большое количество провинций, являвшихся отдельными экономическими, административными, культурными и военными центрами. В XVI веке - «эпоха воюющих провинций» - местные князья («дайме») ревностно укрепляли и развивали свои владения, бурно росла инфраструктура и строились новые судна, имевшие возможность перебросить огромное количество солдат и снаряжения для победы в войнах. Тщательный надзор уделялся модернизации линий снабжения, которые должны были быть способны обеспечить бесперебойную поставку необходимого груза во все точки Японии и за ее пределы (в места, где активно велись боевые действия).

Но особенность развития Японии заключается в ее истории: периодически на протяжении долгих веков государство изолировалось от остального мира. В основном связано это было с желанием сохранить свою самобытность, независимость и традиции. Самым известным из таких периодов был с 1641 по 1853 годы. В данный момент сегунат был под властью рода Токугава. В страну начали проникать христианские учения. Нищий и голодный народ под предводительством опытных бойцов – ронинов – выразил несогласие с налоговой политикой. Вспышки восстаний начались в самых бедных районах Японии и сегунату чудом удалось удержать натиск бунтующий. Для профилактики подобных случаев в будущем было принято решение проводить политику самоизоляции государства.

Торговля продолжала осуществляться с некоторыми государствами, но проходила она через отдельные провинции и районы, что давало им монополию

на иностранные товары. Все эти века Япония нищала. Страна приходила в упадок, люди умирали от голода на протяжении всего времени действия указа.

Больше всех в «открытии» Японии были заинтересованы Соединенные Штаты Америки. Островное государство могло служить для них промежуточной базой при перевозке необходимых товаров и для обеспечения безопасности своим морякам, чьи пути проходили рядом.

После заключения в 1864 году договора о торговле, навязанного американцами во главе с Мэтью Пэрри, Япония получила возможность активно изучать и овладевать научными, техническими, технологическими достижениями западных стран и, разумеется, развивать внешние торговые отношения и промышленные отрасли [2].

Все последующие полтора века Япония наращивала могущество и даже успешно участвовала в нескольких войнах (Второй Мировой и русско-японской). Все это только побуждало ее постоянно развиваться, улучшать свои технологии, транспорт, военное вооружение.

Одной из главных сложностей японской экономики является сильное ограничение в ресурсах, что послужило толчком к развитию концепции «Just in time», которая в данный момент успешно применяется по всему миру и основана на рациональном использовании ресурсов. В довершение к этому, свою роль сыграл местный менталитет, стремление к стабильности и высокому качеству продукции, финансирование и активное внедрение информационных технологий в различные отрасли экономики [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. История Великого шелкового пути. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%88%D1%91%D0%BB%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D1%83%D1%82%D1%8C
2. История Японии в период действия политики Сакоку. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BA%D1%83#:~:text=%D0%A1%D0%B0%D0%BA%D0%BE%CC%81%D0%BA%D1%83%20\(%D1%8F%D0%BF.,%D1%81%201641%20%D0%BF%D0%BE%201853%20%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%8B](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BA%D1%83#:~:text=%D0%A1%D0%B0%D0%BA%D0%BE%CC%81%D0%BA%D1%83%20(%D1%8F%D0%BF.,%D1%81%201641%20%D0%BF%D0%BE%201853%20%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%8B)
3. «Аспекты и особенности развития логистики в Японии», Калашникова П.Д., Государственный университет управления. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://novainfo.ru/article/13185>

УДК 629.7

Н. Д. ЦЫПАЕВ

tsyraevnd@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А. В. ЗЫРЯНОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ДИАГНОСТИКА ПОВЕРХНОСТИ ФЮЗЕЛЯЖА САМОЛЕТА

Аннотация. Новый метод исследования поверхности фюзеляжа с применением машинного зрения не просто меняет способ эксплуатации самолетов, а поднимает его на новый уровень. Интегрирование машинного зрения в беспилотный летательный аппарат позволяет качественно и быстро произвести автоматизированную диагностику поверхности фюзеляжа самолета.

Ключевые слова: обслуживание летательного аппарата; БПЛА; машинное зрение.

По мере развития технологий искусственного интеллекта и других цифровых инструментов, появляются новые области для исследований и идеи, которые сегодня кажутся фантастическими. Например, разработка дрона, которого можно использовать для внешнего осмотра самолетов в ангарах.

Не специалисту подобная разработка покажется странной и лишней, однако это не так. Нет необходимости говорить о важности технического обслуживания самолетов. Но одно дело проверка небольшого турбовинтового аппарата, рассчитанного максимум на пару человек, а другое – регулярное техническое обслуживание крупного пассажирского или грузового авиалайнера.

Проверка только одного самолета может занять от 16 до 20 часов, то есть проведение инспекции в две, а то и в три смены. Техникам приходится использовать подъемники для проверки находящихся высоко элементов самолета. И это может быть потенциально опасно для людей. Для компании финансовые и временные расходы на обслуживание самолетов – одни из самых крупных в бюджете. А с помощью дрона эту часть процедуры можно выполнять быстрее, проще и экономичнее.

Новый метод диагностики поверхности фюзеляжа самолета направлен на: обеспечение летной годности самолетов для поддержания авиaperевозок; повышение безопасности полетов и качества обслуживания авиационной техники.

Способ исследования поверхности летательного аппарата основан на базе беспилотных технологий. На дрон устанавливается специальное программное

обеспечение, которое сравнимо с программой для распознавания лиц. Это позволяет ему обнаружить и идентифицировать повреждение на корпусе фюзеляжа.

Во время диагностики, дрон сканирует поверхность фюзеляжа, при помощи видеоаппаратуры высокого разрешения, если исследовательский аппарат находит повреждение, то это место помечается специальной маркировкой и присваивается статус повреждения. Далее по каналу беспроводной связи данные поступают в базу данных, куда техник может обратиться за информацией. Помимо этого, аппарат оснащен лазерной системой обнаружения препятствия, что не позволяет дрону проводится дальнейшие работы, и предотвратить повреждение воздушного судна, до момента устранения препятствия. Исследовательской аппаратуре не требуется хорошая освещенность в зоне проведения осмотров. Так на подвижный механизм установлен светодиодный элемент, для освещения зоны исследуемой поверхности в заданном направлении. По окончании исследования летательного аппарата, результаты полученных данных формируются в сводный отчет, в виде формате электронного документа. Полученный отчет заносится в единую базу данных с целью накопления информации по повреждениям с привязкой к конкретному воздушному судну. При использовании описываемого способа диагностики, присутствие техника около обследуемой поверхности фюзеляжа самолета не требуется.

Достоинство данного метода являются:

- низкая трудоемкость проводимых работ по исследованию поверхности фюзеляжа самолета на 90%;
- автоматическая система взлета-посадки и полета по заданной траектории;
- уменьшение потребного времени и персонала;
- экономия бюджетных средств авиакомпании.
- простота в эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Введение в машинное обучение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/448892/>
2. Boeing737 [Электронный ресурс].- Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Boeing_737
3. Руководство по обслуживанию B737 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://krr.aero/upload/iblock/a9a/rukovodstvo-po-nazemnomu-obslyzhivani.-chast-3--12.pdf>

УДК 629.7

Н. Д. ЦЫПАЕВ

tsyraevnd@yandex.ru

Науч. руковод. – майор А. В. ОВЧИННИКОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

КОМПОЗИТНАЯ ЛОПАТКА ПД-35

Аннотация. Композиционные материалы привносят в авиацию много полезного - они увеличивают прочность деталей, снижают их вес и подверженность коррозии, а также позволяют сократить количество деталей. В авиационных двигателях композиты тоже снижают вес, что влечет за собой экономию топлива.

Ключевые слова: композитные технологии; авиационный двигатель.

Сегодня стоимость изготовления лопатки для авиационного двигателя сравнима с ценой легкового автомобиля. Ведь для ее создания используют дорогостоящее оборудование и редкие металлы, обладающие столь же редкими физическими свойствами. Самолеты должны служить не одно десятилетие, при этом оставаясь экономичными и сверхнадежными - любая, даже незначительная поломка может привести к трагедии.

Одной из самых наукоемких и сложных в изготовлении компонентов газотурбинных двигателей для авиации, морских судов, энергетики является лопатка турбины. Продукцию подобной точности и уровня производят только шесть стран в мире, т.к. она требует сложнейших расчетов при проектировании и очень высокой точности в изготовлении. Способность государства производить литые охлаждаемые лопатки – показатель высочайшего уровня развития машиностроения.

Во время работы двигателя внутри турбины температура невероятно высока, огненная струя, вылетающая из реактивного сопла, наглядное тому подтверждение. На входе в турбину еще жарче, и чем горячее газ перед ней, тем мощнее и экономичнее работает двигатель.

Редкие металлы, которые применяют при изготовлении лопаток для авиационного двигателя – это цирконий, молибден, ванадий, бериллий, рений.

Средняя стоимость сплава без рения составляет где-то от миллиона до двух миллионов рублей за тонну. Стоимость ренийсодержащего сплава - 12 миллионов рублей за тонну. Легирующие элементы связываются в виде γ' -фазы обычно содержат алюминий и титан (т.е. $Ni_3(Al, Ti)$). Для получения требуемых жаропрочных характеристик, их объем в сплаве должен быть не менее 60%. Вводя в состав сплава рений (Re) увеличивают на порядок коэффициент диффузии, при введении рутения (Ru) обеспечивается равномерное распределение легирующих элементов, т.е. каждый элемент сплава имеет свое особое функциональное значение.

Литье происходит в вакуумной индукционной печи. При этом металл должен застыть особым образом чтобы образовать один неделимый кристалл, тогда лопатка будет сверхпрочной. Уникальность технологии производства лопаток состоит в литье, при котором происходит направленная кристаллизация. В едином кристалле нет, как говорят металлурги, «зерен мелких частичек» на стыке которых могут скапливаться легкоплавкие примеси, понижающие прочность сплава. Итог: лопатка представляет из себя монокристалл, т.е. он состоит из «монокристаллического зерна», а значит, он прочен.

Достижение заданных параметров двигателя ПД-35 требует разработки порядка 18 критических технологий, среди которых одна из ключевых – лопатка вентилятора из композитов. В то же время генеральный конструктор предприятия «ОДК-Авиадвигатель» Александр Иноземцев уточнил, что переход от цельной титановой к полый титановой лопатке позволил сократить массу узла на 30%, а использование композитной лопатки даст экономию массы еще на 30%. Уже собран двигатель с этими лопатками и начаты его стендовые испытания.

Разработка двигателя ПД-35 для перспективных широкофюзеляжных дальнемагистральных самолетов ведется на основе опыта, полученного при создании двигателя ПД-14 для авиалайнера МС-21. В проекте задействованы современные технологические решения – композиционные лопатки вентилятора, высокоэффективный компрессор высокого давления, малоэмиссионная камера

сгорания, турбина высокого давления с расширенным температурным диапазоном, цифровая система управления. Также применяются новые материалы и методы производства - аддитивные технологии, ротационная сварка трением, сложнофазонное литье.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ПД-35 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rostec.ru/news/dvigatel-pd-35-bolshaya-tyaga-k-nebu/>
2. Композитные лопатки авиационных двигателей [Электронный ресурс]. – Режим работы: https://yandex.ru/patents/doc/RU82009U1_20090410
3. Технические характеристики ПД-14 [Электронный ресурс].- Режим работы: <https://aviakatastrofa.net/raznoe/dvigatel-pd-14-tehnicheskie-harakteristiki.html>

СЕКЦИЯ 1.2 ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ

УДК 621

А. А. ДАВЫДКОВ
alexandr.da99@mail.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук., проф. Р. Д. ЕНИКЕЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОТОЦИКЛЕТНОГО ДВС НА БАЗЕ АВИАЦИОННОГО ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ

Аннотация. В статье представлена модель мотоциклетного двигателя на базе авиационного поршневого двигателя, в частности анализ требований к авиационным и мотоциклетным двигателям, результаты теплового расчета, результаты моделирования в СИМ «Allbea», а также результаты моделирования в САПР SolidWorks.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, мотоцикл, моделирование, тепловой расчет, рама мотоцикла.

Введение

Двигатель внутреннего сгорания (ДВС) – тепловой двигатель, в котором топливная смесь сгорает непосредственно в рабочей камере (внутри) двигателя. В цилиндрах двигателя тепловая энергия сгорающего топлива преобразовывается в механическую работу. При этом движущийся из-за давления газа поршень приводит к вращению коленчатый вал через кривошипно-шатунный механизм. Этот механизм состоит из коленчатого вала, шатуна, поршня с кольцами, поршневого пальца, цилиндра. Существует большое число разнообразных двигателей с внутренним сгоранием, отличающихся назначением, способом отдачи мощности, и другими параметрами.

Анализ требований к современным авиационным и мотоциклетным двигателям

Современные двигатели внутреннего сгорания имеют очень длинную и богатую историю, времена подъема и спада. Но в данный момент в авиации двигатель внутреннего сгорания может использоваться в легкой авиации, самолетах спортивной авиации и самолетах авиации общего назначения. Из-за этого

требования к современным двигателям очень ужесточились по течению времени. Требования, представляемые к мотоциклетным двигателям внутреннего сгорания более щадящие. Главными отличиями авиационного двигателя от мотоциклетного является прежде всего разные режимы работы, наземные двигатели хоть и рассчитаны до 6000 оборотов, но работают в основном в диапазоне до 2500-3000 оборотов, также многие системы в авиации, в части безопасности должны быть дублированы, причем, если одна система отказывает, то вторая должна обеспечить падение характеристик не более 2-3 % от максимального режима. К примеру, в АПД устанавливаются две независимые системы зажигания. Вследствие этого можно сделать вывод, что требования предъявляемые к авиационным двигателям более высокие, чем к мотоциклетным.

Тепловой расчет двигателя

Были подобраны исходные параметры, которые представлены в табл.1, а также проведен тепловой расчет. Основные параметры и показатели двигателя представлены в табл.2.

Таблица 1

Исходные данные

Тип двигателя	Бензин 4-тактный
Назначение двигателя	Мотоциклетный
Число цилиндров двигателя, i	2
Расположение цилиндров двигателя	V-образный
Заданная мощность, N_e	47
Частота вращения коленчатого вала, n , об/мин	5800
Степень сжатия, ϵ	9,8

Таблица 2

Основные параметры и показатели двигателя

n , об/мин	F_n , см ²	V_l , л	N_l , кВт/л	N_e , кВт	M_e , Нм	G_T , кг/ч
5800	58,06	0,789	57,3	47	77,42	15

Где площадь поршня F_{Π} , см²:

$$F_{\Pi} = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 86^2}{4} = 58,06 \text{ см}^2 ; \quad (1)$$

Литраж двигателя V_L , л:

$$V_L = \pi D^2 S \frac{i}{(4 \cdot 10^6)} = 0,789 \text{ л}; \quad (2)$$

Мощность двигателя N_e , кВт:

$$N_e = 47 \text{ кВт}; \quad (3)$$

Литровая мощность двигателя N_L , кВт/ч * л:

$$N_L = \frac{N_e}{V_L} = \frac{53}{0,63} = 57,3 \text{ кВт/ч * л}; \quad (4)$$

Эффективный крутящий момент M_e , Н * м:

$$M_e = \frac{3 \cdot 10^4 N_e}{\pi n} = \frac{3 \cdot 10^4 \cdot 47}{3,14 \cdot 5800} = 77,42 \text{ Н * м}; \quad (5)$$

Часовой расход топлива G_T , кг/ч:

$$G_T = N_e g_e \cdot 10^{-3} = 47 \cdot 319 \cdot 10^{-3} = 15 \text{ кг/ч}. \quad (6)$$

Моделирование двигателя в СИМ «Albea»

В СИМ «Albea» была проведена работа по моделированию, сборке в соответствии с рисунком 1 и утверждению параметров двигателя, также был проведен его расчет при 5800 об/мин. в соответствии с рисунком 2.

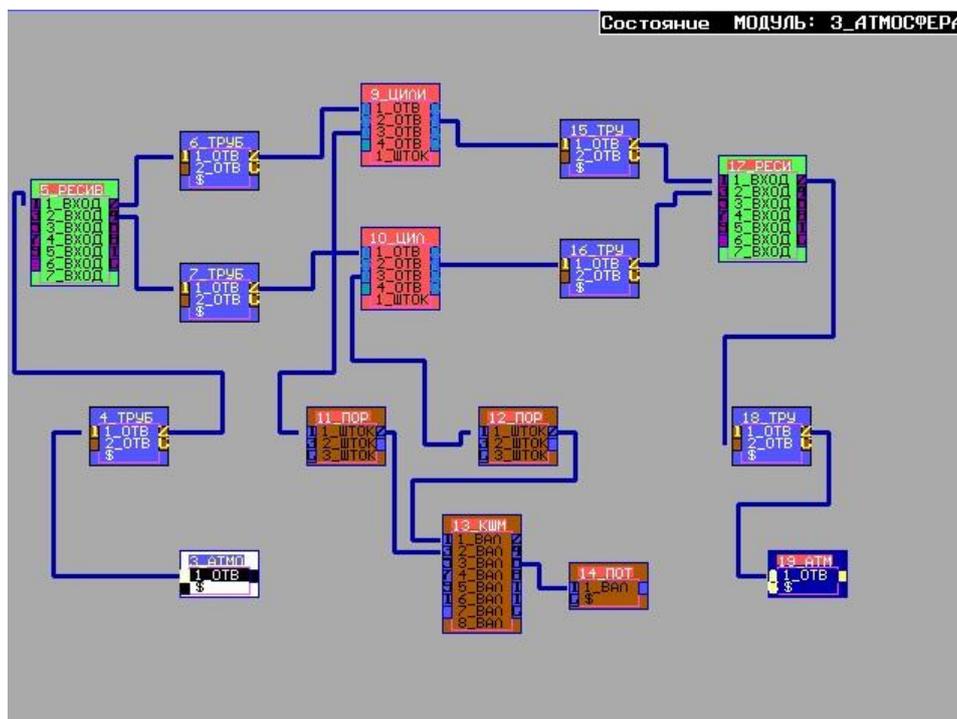


Рис. 1. Копия экрана сборки двигателя

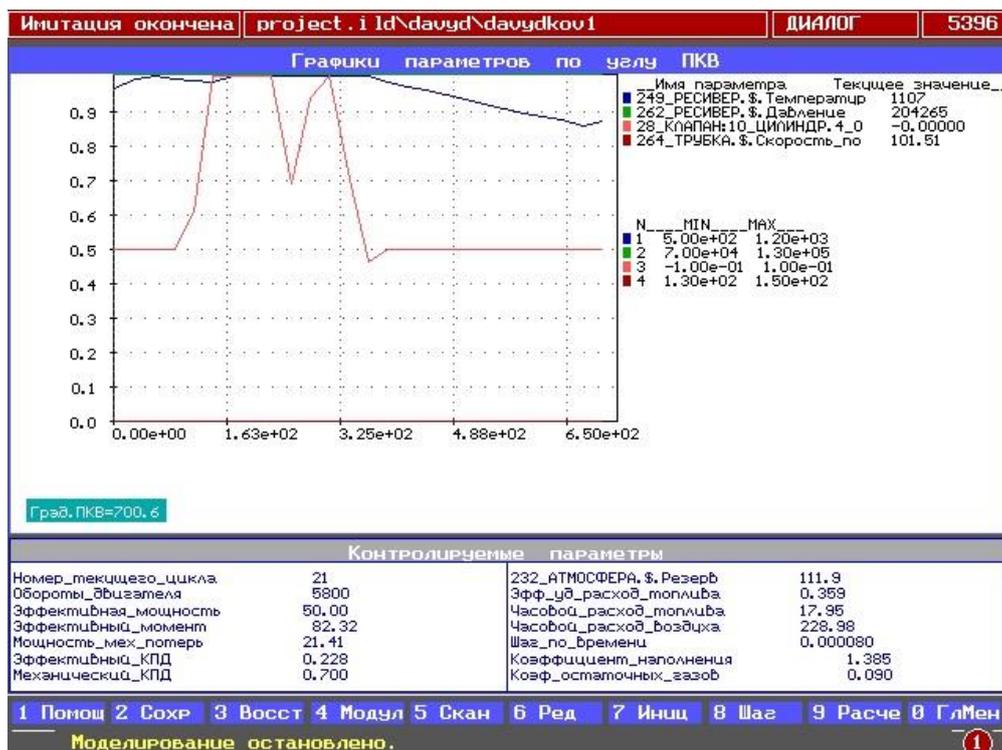


Рис. 2. Копия экрана расчета двигателя

По итогам проведенного расчета можно сделать вывод, что наш двигатель показывает ожидаемые выходные параметры и успешно поддерживает их.

Моделирование и прочностной расчет поршня двигателя в САПР SolidWorks, а также размещение двигателя на раме мотоцикла

В программе SolidWorks сделал модель поршня в соответствии с рисунком 3, а также расположили нагрузки на поршень в соответствии с рисунком 4.

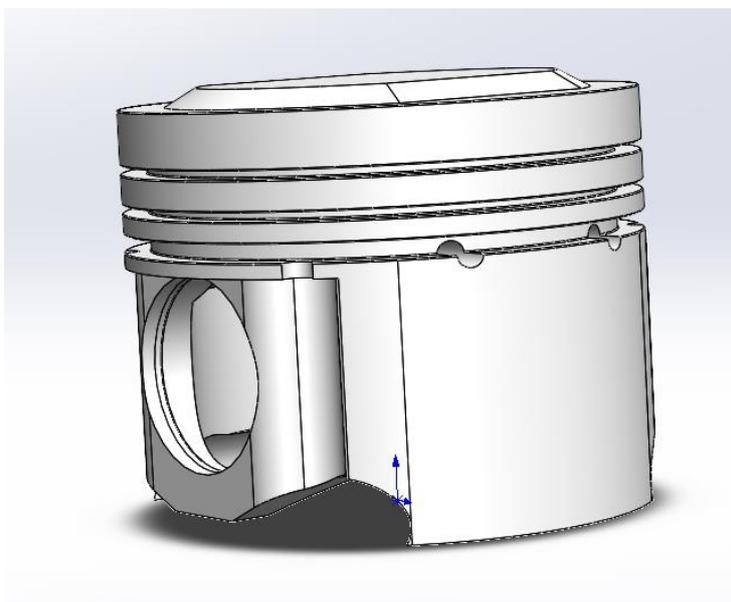


Рис. 3. Модель поршня

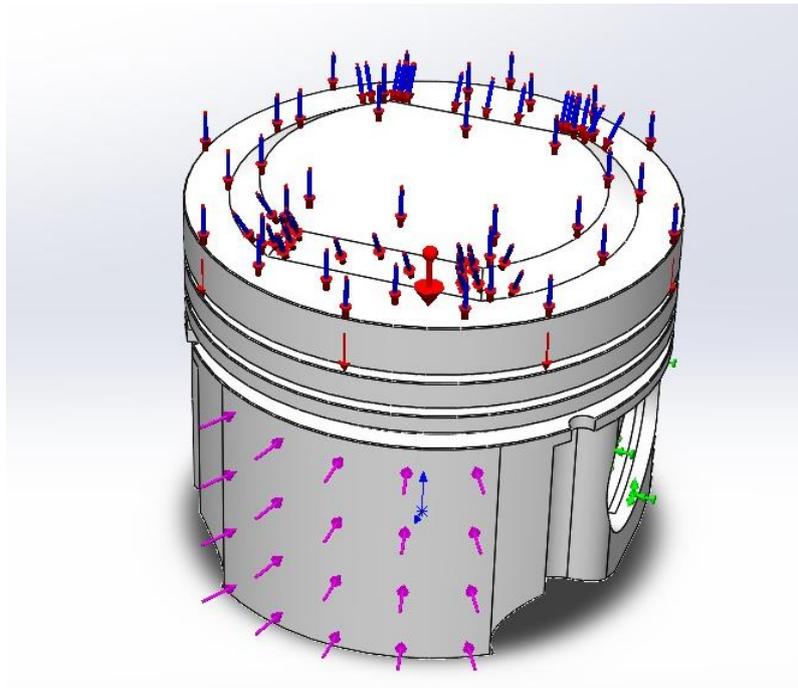


Рис. 4. Нагрузки на поршень

Также на рисунках ниже представлен проведенный расчет поршня на прочность: напряжения, действующие в материале расчетной детали в соответствии с рисунком 5, перемещения в поршне в соответствии с рисунком 6, деформация в поршне в соответствии с рисунком 7, распределение запаса прочности в соответствии с рисунком 8.

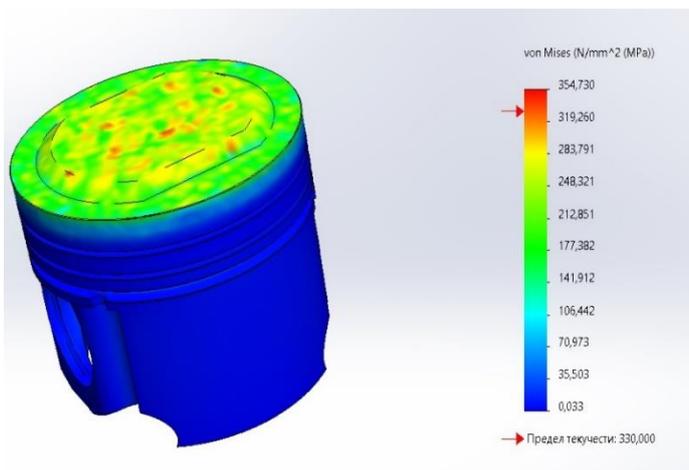


Рис. 5. Напряжения в поршне

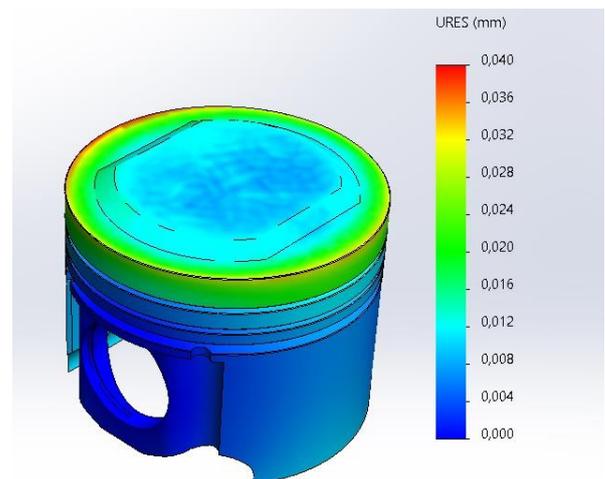


Рис. 6. Перемещения в поршне

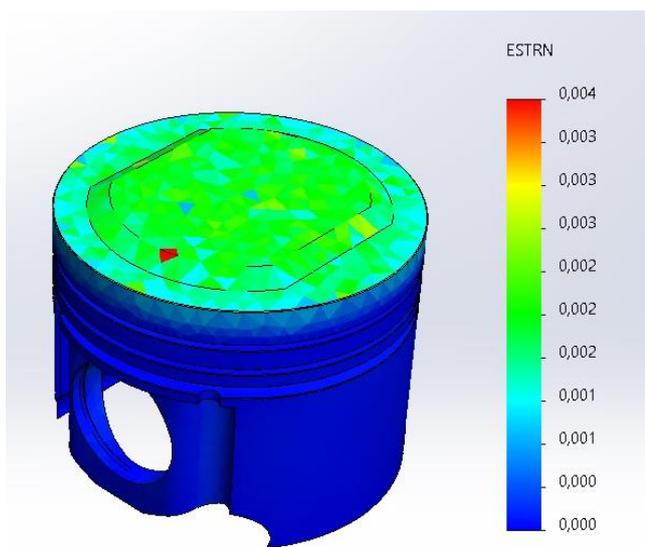


Рис. 7. Деформации в поршне

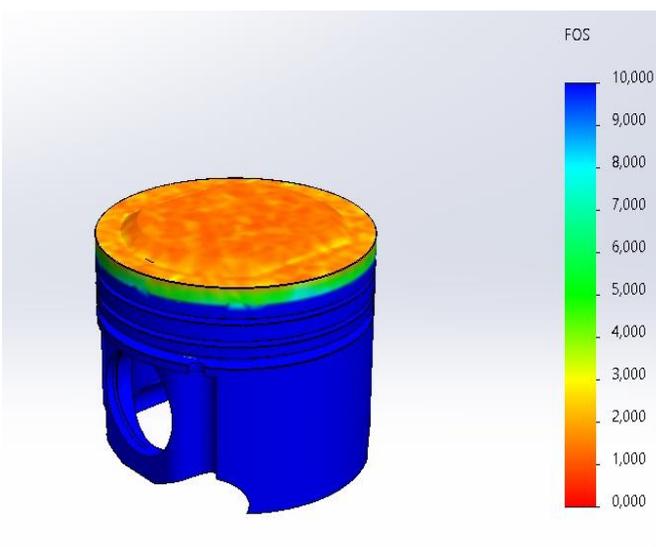


Рис. 8. Распределение запаса прочности

Поршень выдержит все нагрузки. Перемещения в поршне не значительные, предел текучести не превышает допустимые значения, деформации незначительные, распределение запаса прочности наибольший на юбке поршня, минимальный на днище, так как туда приходит повышенное давление и температура.

После проведенного исследования различных компоновок двигателей мотоциклов была выбрана модель V-образного двухцилиндрового двигателя. Так как возраст идеи V-образных двухцилиндровых двигателей сравнивается с возрастом самого мотоцикла и тот факт, что данная схема в настоящее время используется достаточно часто, говорит о ее разумности. Преимуществом V-образных двигателей с двумя цилиндрами и общей шатунной шейкой помогает избежать проблем «качающейся пары» двухцилиндрового рядного двигателя. При расположении двух шатунов на одной пинии данный эффект отсутствует. При поперечном расположении двигателя вибрации сильнее, чем при продольном, поэтому было сделано решение о моделировании V-образного двигателя с продольным расположением на раме мотоцикла в соответствии рисунком 9.

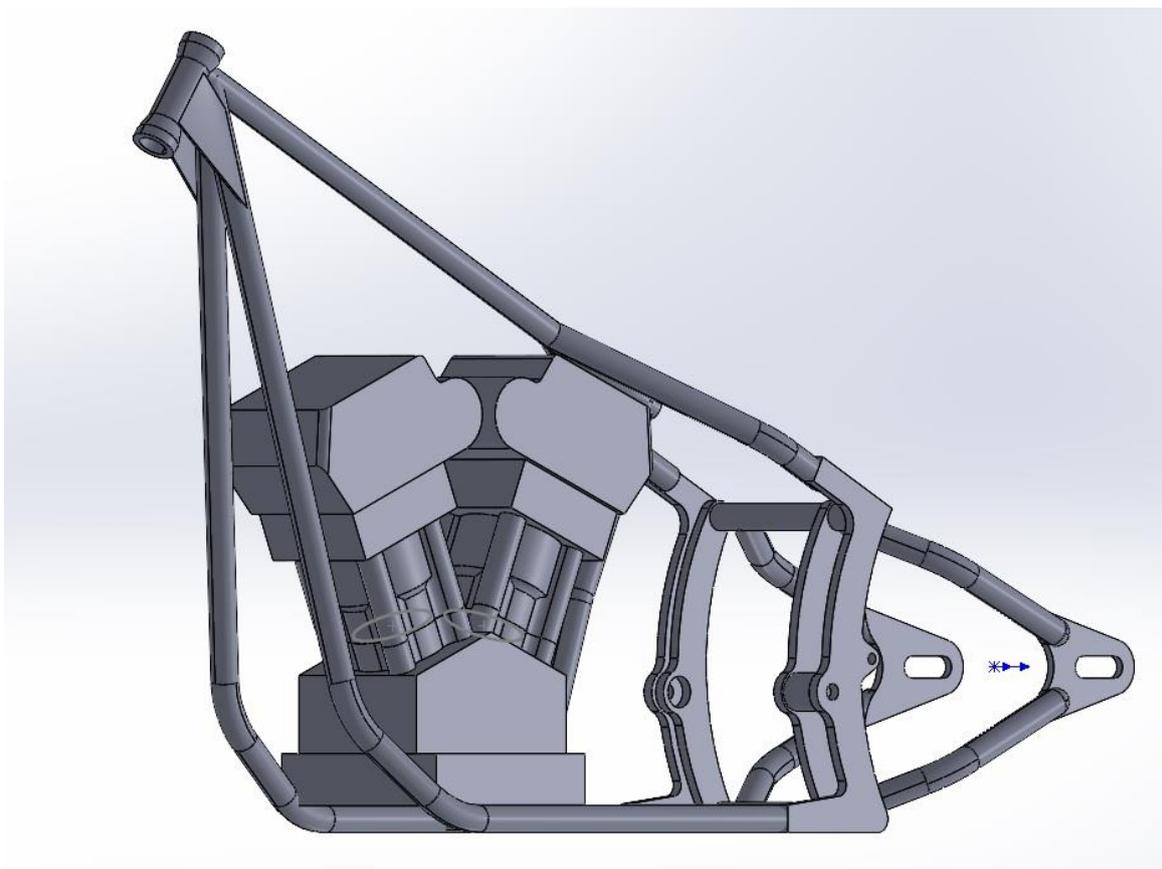


Рис. 9. Компоновка двигателя на раме мотоцикла

Заключение

Были проведены анализ требований к современным двигателям, тепловой расчет, моделирование в СИМ «Allbea» и САПР SolidWorks. Результатом работы стал V-образный двигатель с продольным расположением двигателя на раме мотоцикла, на базе авиационного двигателя внутреннего сгорания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колчин, А. И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей: учеб. пособие для вузов / А. И. Колчин, В. П. Демидов – 3-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 2003. – 496 с. – ISBN 5-06-003828-9.
2. Дмитриевский А. В. Автомобильные бензиновые двигатели. М.: Астрель, 2003.
3. Типы двигателей мотоциклов и их преимущества // <https://bikepost.ru> URL: <https://bikepost.ru/blog/engine/8347/двухцилиндровые-v-образные-и-двухцилиндровые-рядные-мотодвигатели.html> [дата обращения 25.07.2022]

УДК 621

Р. Э. ДАДАШОВ

reshad.dadashov85@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А. А. ЧЕРНОУСОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

СНИЖЕНИЕ ШУМА ВЫПУСКА ДВИГАТЕЛЯ РМЗ-640

Аннотация. В статье представлено исследование проходных сечений и объема трубопровода на примере системы выпуска двигателя РМЗ-640. Выполнено сравнение результатов, полученных расчетным методом, для исходной системы и для оптимальной.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, система выпуска отработавших газов, глушитель шума, шум выпуска, имитационное моделирование.

Введение

Борьба с шумом актуальна для современного общества, в интересах которого – сохранение окружающей человека среды. Жители современных городов находятся в условиях шумового дискомфорта. Шум ухудшает качество жизни и ведет к снижению производительности труда, становится причиной многих заболеваний, а значительный шум плохо сказывается на органах слуха.

Заметный источник шума – системы выпуска отработавших газов двигателей внутреннего сгорания. Проведено расчетное исследование, в ходе которого применены ПО и методика расчета звукового давления. В задачи исследования входило оценить применимость инструментария к выбору оптимальных конструкторских параметров глушителей шума выпуска отработавших газов двигателей внутреннего сгорания.

Моделирование двигателя и технические характеристики

Сгорание в цилиндрах топливовоздушной смеси двигателя и газообмен вызывают колебания потока газов в газо-воздушном тракте. Система выпуска двигателя внутреннего сгорания является одним из источников излучения двигателем газодинамического (аэродинамического) шума. Это шум, возникающий в результате колебаний давления и скорости в газовых потоках и объемах. Проблемы снижения шума от процесса газообмена, как правило, актуальны для

низкочастотной области спектра. Для снижения такого шума увеличивают объем и длину трактов газообмена или применяют во впускной системе специальные глушители. Глушитель шума – важный элемент, он снижает уровень давления в излучаемых акустических волнах. Устройство и параметры конструкции глушителя влияют не только уровень шума от транспортного средства, но и мощностные характеристики его двигателя.

В данной работе исследовано влияние проходных сечений глушителя на уровень шума выпуска и мощность двигателя. Объектом исследования взят двигатель РМЗ-640 от снегохода «Буран». Система выпуска РМЗ-640 включает выхлопной коллектор, соединительный парубок и сам глушитель. Глушитель состоит из корпуса, внутри которого расположен ряд камер и переходными трубками. На рисунке 1 представлена схема системы выпуска двигателя.

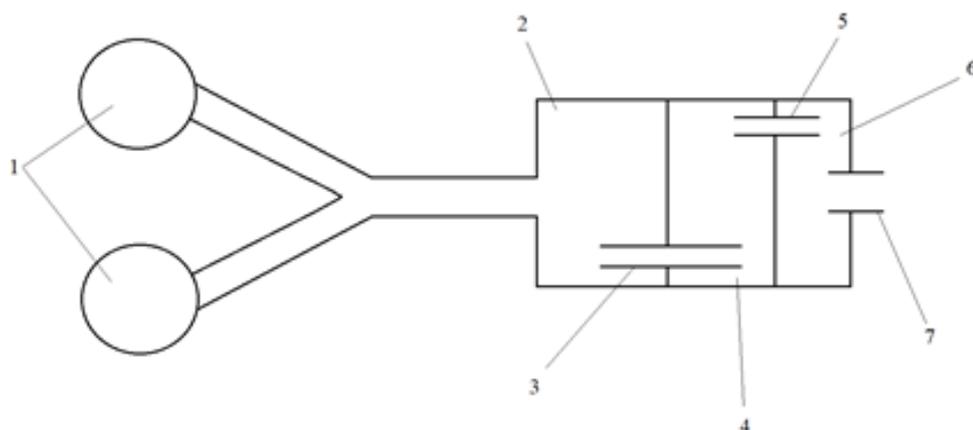


Рис. 1. Схема выпуска отработавших газов РМЗ-640:

1 – цилиндр; 2 – камера 1; 3 – передняя проходная трубка 1; 4 – камера 2; 5 – задняя проходная трубка; 6 – камера 3; 7 – выходной патрубком

Процесс в газо-воздушном тракте рассчитан в системе имитационного моделирования (СИМ) «Альбея» [1]. Система «Альбея» предназначена для автоматизации процесса имитационного моделирования сложных объектов. В ней ведутся расчеты рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания.

В СИМ «Альбея» была представлена модель двигателя РМЗ-640, показанная на рисунке 2.

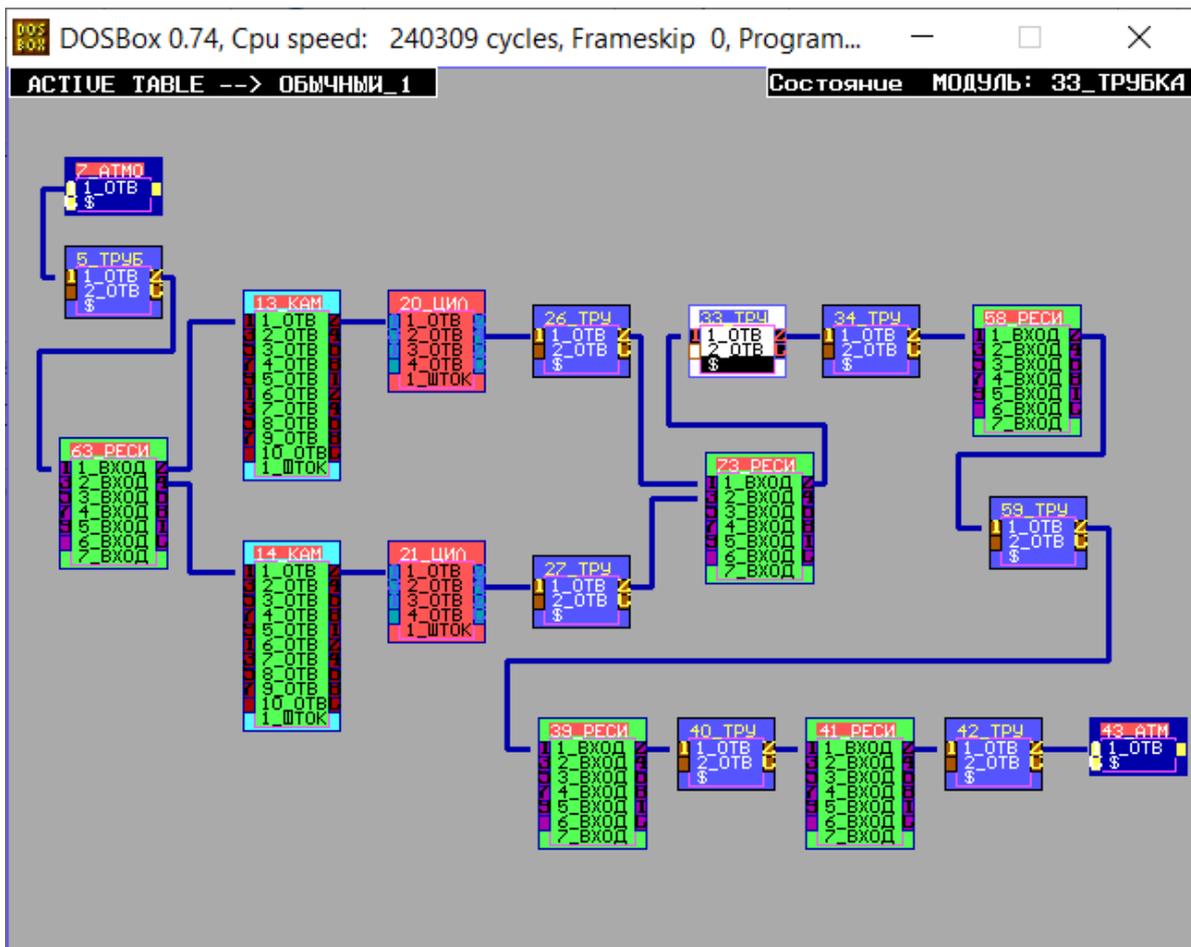


Рис. 2.

Полученные расчетом параметры пульсирующего потока на срезе выходного патрубка глушителя закладывались в расчет звукового давления.

Расчет звукового давления

Расчет шума неустановившейся струи газа и, в частности, шума выпуска ДВС, может проводиться различными моделями, методами и инструментами.

В примененном программном обеспечении (программа *Noise2*, разработанная на кафедре ДВС УГАТУ) и по заданным зависимостям от времени для температуры и скорости течения газа на срезе патрубка численно рассчитывается двумерной модели возмущение в окружающей среде. Этот расчет дает переменное давление на расстоянии 0,5 м от среза.

При дальнейшей обработке определяют среднее p_{cp} и переменное избыточное давление в каждой точке массива: $\Delta p_i = p_i - p_{cp}$. Массив избыточных давлений служит для расчета уровня звукового давления L , Дб [3]:

$$L = 20 \lg \left(\frac{1}{p_0} \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta p_i} \right),$$

где $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па – опорное значение давления; n – число элементов в массиве за период пульсаций давления на срезе.

Исследование проходных сечений и объема глушителя

Исследование влияния размеров проходных сечений и выпускного патрубка глушителя на изменения уровня шума и мощности двигателя. Рассмотрены внутренние проходные трубки глушителя совместно с выходным патрубком глушителя. Задавались проходные сечения глушителя с диаметрами от 30 до 40 мм, и выпускным патрубком от 40 до 50 мм с интервалом 2 мм.

Таблица 1

Результаты исследования внутренних сечений

Диаметр внутреннего проходного сечения, мм	30	32	34	36	38	40
Мощность двигателя, кВт	30,20	32,25	34,07	35,52	35,79	35,85
Шум выпуска, дБ	113,7	115,1	115,9	116,5	117,3	118,2

Вместе с уменьшением диаметра снижается мощность и шум выпуска. Шума снижается на 4,5 дБ. Мощность двигателя падает на 5,65 кВт. Снижение мощности связано с тем, что, уменьшая диаметр внутреннего проходного сечения глушителя, создается преграда для выхода. Это препятствие создает давление, которое мешает нормальному выходу отработавших газов, что плохо влияет на продувку цилиндров и наполняемость камеры сгорания топливно-воздушной смесью. Все это приводит к снижению мощности двигателя.

В исследовании был изменен объем глушителя шума, от серийного размера проводилось увеличение и уменьшение в два раза. В ходе исследования нужно было понять, как влияет объем на изменение шума выпуска и мощность двигателя. В табл. 2 представлены результаты исследования.

Результаты исследования изменения объема

Объем, м ³	0,00161	0,00214	0,00322	0,00483	0,00644
Мощность двигателя, кВт	31,03	32,81	35,52	36,32	36,63
Шум выпуска, дБ	119,4	117,8	116,5	113,9	111,1

С увеличением объема глушителя наблюдается увеличение мощности на 1,11 кВт также идет уменьшение шума выпуска на 5,4 дБ. С уменьшением объема оба этих показателя ухудшаются.

Заключение

Исследование показало, что используемые инструменты и методика применимы к выбору оптимальных конструкторских параметров глушителей шума выпуска по критериям уменьшению звукового давления и сохранения (насколько возможно) мощностных показателей работы двигателя внутреннего сгорания с тем или иным обликом системы выпуска. Однако, настоятельно требуется автоматизация расчетных оценок совершенства системы выпуска, с этой целью может быть разработана модель микрофона для отечественной программной системы моделирования на ЭВМ процессов в ДВС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбачев В.Г. Система имитационного моделирования "Альбея" (ядро). Руководство пользователя. Руководство программиста : учебное пособие/ В.Г. Горбачев, С.А. Загайко, Н.В. Рудая // УГАТУ. – Уфа, 1995. – 112 с.
2. Шатров М.Г. Шум автомобильных двигателей внутреннего сгорания: учеб. пособие / М.Г. Шатров, А.Л. Яковенко, Т.Ю. Кричевская. – М.: МАДИ, 2014. – 68 с.
3. Вахитов Ю.Р. Методические указания по расчету шума впуска и выпуска ДВС / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа, 2018. – 24 с.
4. Дударева Н.Ю. [Электронный ресурс] *SolidWorks 2011 на примерах* / Н.Ю. Дударева, С.А. Загайко // СПб.: БХВ – Петербург, 2011. – 496 с. – Режим доступа: <https://avidreaders.ru/read-book/solidworks-2011-na-primerah.html>

УДК 621.431

А. И. ДОЙНИКОВ

anton.doinikov2013@yandex.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. Н. Ю. ДУДАРЕВА

Уфимский государственный авиационный технический университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОКРЫТИЯ НА ПРОЦЕСС ИЗНОСА ПОРШНЯ ДВС

Аннотация. Повышение износостойкости поршней двигателей внутреннего сгорания является актуальной современной задачей. Наиболее подвержен износу такой элемент поршня, как юбка. Для повышения износостойкости поверхности поршня обычно используют различные покрытия. Из которых наиболее перспективным является покрытие, формируемое методом микродугового оксидирования. Для оценки эффективности того или иного технологического подхода обычно используют математические модели. В данной работе представлена разработанная математическая модель износа юбки поршня с покрытием, сформированным методом микродугового оксидирования. В модели учтен комплекс факторов, учитывающих как работу двигателя внутреннего сгорания, так и свойства покрытия. Верификация разработанной математической модели, проведенная на основе данных известных экспериментальных исследований, показала достаточно высокую сходимость.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания; поршень; износ; покрытие; микродуговое оксидирование.

Исследование износостойкости поршней является актуальной задачей современного двигателестроения, поскольку эта деталь является одной из самых ответственных в цилиндропоршневой группе. Условия, в которых работает поршень, экстремальны и характеризуются высоким давлением, температурой (более 450 °С) и значительными инерционными нагрузками [1]. Наиболее подвержена износу юбка поршня. Именно ее производители стараются защитить в первую очередь. Износ поверхности юбки поршня является одним из основных факторов, определяющих межремонтные периоды двигателя.

С целью снижения веса и инерционных сил, в современных автомобилях поршни часто изготавливаются из алюминиевых сплавов. Кроме этого используют различные покрытия. Один из перспективных способов защиты юбки поршня от износа – микродуговое оксидирование (МДО) [2]. Это современная перспективная технология электрохимического окисления металлов вентильной группы в целях образования на их поверхности равномерного керамическо-

го покрытия толщиной до 200–300 мкм с высокими эксплуатационными и защитными свойствами. МДО позволяет получить на поверхности детали из алюминиевого сплава покрытие, отличающееся большой микротвердостью (до 22 ГПа), хорошей адгезией к подложке и достаточно высокими износостойкими качествами [3].

Целью данной работы является разработка математической модели изнашивания юбки поршня с керамическим покрытием, сформированных методом микродугового оксидирования на ее поверхности.

Для разработки математической модели были проанализированы факторы, влияющие на износ поршня с МДО-покрытием (рис. 1).



Рис. 1. Факторы, влияющие на износ поршня с МДО-покрытием

Проведенный анализ литературы [4] показал, что на износ юбки поршня влияет множество факторов. Общий вид зависимости изнашивания I можно представить формулой:

$$I = f(\vartheta_{\text{п}}, P, Ra, H_{\mu}, e, S_o), \quad (1)$$

где $\vartheta_{\text{п}}$ – скорость поршня, м/с; P – сила, действующая на боковую поверхность юбки поршня, Па; Ra – шероховатость покрытия, мкм; H_{μ} – твердость слоя, ГПа; e – коэффициент пористости; S_o – толщина слоя смазочного материала, мкм.

В свою очередь, сила, действующая на боковую поверхность поршня, определяется уравнением:

$$P = (P_r + P_j) \cdot \operatorname{tg} \beta, \quad (2)$$

где P_r – сила давления газов; P_j – сила инерции поступательно движущихся масс; β – угол между осями поршня и шатуна.

Предварительный вид математической модели представлен в формуле (3):

$$I = K (\vartheta_{\text{ш}} \cdot P \cdot R_a) / (H_{\mu} \cdot e \cdot S_o), \quad (3)$$

где K – коэффициент пропорциональности.

На основании уточненных факторов и необходимых преобразований был получен итоговый вариант математической модели:

$$I = k_w \frac{R \cdot \omega \cdot \left(\sin \alpha + \frac{R}{L} \sin 2\alpha \right) \cdot R_{\max r} \cdot \left((p_p - p_{\text{кшм}}) \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} - M \cdot R \cdot \omega^2 \cdot \left(\cos \alpha + \frac{R}{L} \cos 2\alpha \right) \right) \cdot \operatorname{tg} \beta_{\text{ш}}}{0,885 \cdot \eta^{\frac{2}{3}} \cdot (R \cdot \omega \cdot \left(\sin \alpha + \frac{R}{L} \sin 2\alpha \right))^{\frac{2}{3}} \cdot \rho^{1/3} \cdot r_r \cdot b_r^{\frac{1}{3}} \cdot h_p \cdot D} \cdot \left(\frac{\mu}{H_{\mu} \cdot e} \right), \quad (4)$$

где $k_w = 0,4 \cdot 10^{-2}$ (коэффициент определен в результате расчетов); R – радиус кривошипа, м; ω – частота вращения коленчатого вала, рад/с; α – угол поворота коленчатого вала (в расчетах был принят 90°); L – длина шатуна, м; p – радиальное давление поршневого кольца на цилиндр, Па; η – вязкость смазочного масла; μ – коэффициент трения.

Была проведена верификация модели по трем различным экспериментам, представленным в научной литературе. Расчеты, проведенные для двигателя М–412 [5] показали расхождение расчетных и экспериментальных значений – 10,7 %. Расчеты, проведенные для двигателя К6S310DR [6] показали, что расхождение расчетных и экспериментальных данных составляет 32,5 %. А расчеты, проведенные для двигателя ASP80 [7] показали расхождение 38,5%.

Выводы

Разработанная математическая модель износа юбки поршня с МДО-покрытием учитывает значительное количество различных факторов, влияю-

щих на ее износ. Верификация математической модели показала достаточно высокую сходимость расчетных и экспериментальных данных – 10,7-38,5 %. Расхождение обусловлено сложностью процессов, происходящих в процессе трения юбки поршня.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ховак М.С., Маслов Г.С. Автомобильные двигатели. М.: Машиностроение, 1971. 456 с.
2. Суминов И.В., Эпельфельд А.В., Людин В.Б. и др. Микродуговое оксидирование: теория, технология, оборудование. М.: ЭКОМЕТ, 2005. 368 с.
3. Dudareva N. Yu., Kalschikov R.V., Butusov I.A., Grin R.R., Alexandrov I.V., Musin F.F. The Investigation of the Effect of Micro-Arc Oxidation Modes on the Adhesion Strength of Coatings // Journal of Engineering Science and Technology Review. 2014. Vol. 7. № 5. P. 5–8.
4. Чичинадзе А. В, Браун Э. Д., Буше Н. А. и др. Основы трибологии (трение, износ, смазка): Под общ. ред. А. В. Чичинадзе. М.: Машиностроение, 2001.
5. Загайко С. А. Математическое моделирование изнашивания деталей ЦПГ ДВС // Вестник УГАТУ, Т. 17, №. 3 (56), 2013, С. 231-238.
6. Шпаковский В.В. Внедрение поршней с корундовым слоем при ремонте дизелей тепловозов ЧМЭ-3 // Двигатели внутреннего сгорания, 2013, № 2. С. 112-115.
7. Бутусов, Н. Ю. Дударева, И. А. Исследование влияния микродугового оксидирования на износостойкость поршня ДВС // Наука и образование. Научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2013. № 9, С. 127-144.

УДК 1.2

А. А. ЛИТАРОВА

litarovali@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук С. С. МАТВЕЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАНИЦЫ УСТОЙЧИВОЙ РАБОТЫ ПРИ ГОРЕНИИ МЕТАНО-ВОДОРОДНОЙ СМЕСИ

Аннотация. В данной работе была спроектирована экспериментальная установка для определения проскока пламени. Затем в программном продукте Ansys Fluent были проведены расчетные исследования по определению проскока пламени смеси метан-водород воздух в модельной камере сгорания с содержанием водорода 30, 60 и 80% соответственно.

Ключевые слова: водород, нормальная скорость распространения пламени, кинетические механизмы, горение, проскок пламени, расчетная модель, моделирование.

Продукты неполного сгорания углеводородных топлив токсичны и канцерогенны, а также являются одной из причин парникового эффекта. Снижение углеродного следа в энергетике и декарбонизация отраслей является на данный момент важнейшей экологической проблемой.

Уменьшение углеродного следа в энергетике связано с применением возобновляемых источников энергии, и замене углеводородных горючих на водород. 30% добавка водорода к природному газу, позволяет снизить эмиссию CO₂ на 10%. 80% водорода снижает эмиссию вредных веществ на 55%. Чистый водород сгорает, образуя воду. Единственными вредными промежуточными продуктами сгорания при этом являются оксиды азота.

Поэтому при разработке новых установок с горением необходимо определить диапазон устойчивой работы камеры сгорания, а именно вероятность проскока пламени вверх по потоку. На этапе проектирования установок с горением, для решения данных задач целесообразно воспользоваться проверенными методиками расчетов в трехмерной постановке, с использованием методов вычислительной газовой динамики и горения.

Основными характеристиками ТВС, влияющими на проскок, являются температура и нормальная скорость распространения пламени. Горение водо-

рода и метано-водородных смесей отличается высокой скоростью распространения пламени и более высоким тепловыделением относительно горения природного газа. Скорость распространения пламени – скорость перемещения фронта пламени в направлении перпендикулярном его поверхности. Данная величина является фундаментальной характеристикой топливовоздушной смеси, которая зависит от коэффициента избытка топлива, начальной температуры и давления.

Для более точного определения и расчета скорости распространения пламени необходимо использовать испытанные кинетические механизмы горения метано-водородных и водородных топливовоздушных смесей.

Экспериментальное исследование проводилось на установке НОЦ газодинамических исследований Самарского университета по определению нормальной скорости распространения пламени методом Heat Flux [1,2]. Метод основан на измерении профиля температуры плиты горелки. Данная установка позволяет мерить как жидкое, так и газообразное топливо при атмосферном давлении с диапазоном температур от 300 до 400К.

Полученные в результате расчета данные были приведены к наиболее распространенному виду [3]:

$$Sl = Sl_0 \cdot \left(\frac{T_k}{T_0}\right)^\alpha \cdot \left(\frac{P_u}{P_0}\right)^\beta,$$

где α – показатель степени при температуре; β – показатель степени при давлении. Показатели степени α и β , а также Sl_0 являются функциями от коэффициента избытка топлива φ .

Полученные формулы использовались при моделировании процесса горения в трехмерной постановке с помощью пользовательских функций.

В данной работе была спроектирована экспериментальная установка для определения проскока пламени. Затем в программном продукте Ansys Fluent были проведены расчетные исследования по определению проскока пламени смеси метан-водород воздух в модельной камере сгорания содержанием водорода 30, 60 и 80% соответственно.

В результате выполненного исследования была определена граница устойчивой работы при горении метано-водородной смеси в диапазоне добавки водорода в топливо от 30 до 80 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1.S.S. Matveev, D.V. Idrisov, S.G. Matveev and A.A. Konnov, «Laminar burning velocities of surrogate components blended with ethanol» in *Combustion and Flame* 209, 389-393 (2019).
- 2.Bosschaart KJ, de Goey LPH. The laminar burning velocity of flames propagating in mixtures of hydrocarbons and air measured with the heat flux method. *Combustion and Flame* 2004;136(3):261-9.
- 3.I.A. Zubrilin, S.S. Matveev, S.G. Matveev and D.V. Idrisov «Measurements and Experimental Database Review for Laminar Flame Speed Premixed Ch₄/Air Flames» in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (2018).

УДК 621.431.36

Н. В. МОМЗИКОВ, Е. В. КАРПОВА

ekarpova960@gmail.com, nickmmzk@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Г. А. САИТОВА

Уфимский государственный авиационный технический университет

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА НА СОСТОЯНИЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Аннотация. Представлены результаты исследования влияния различных видов дизельного топлива на состояние и работу дизельных форсунок (инжекторов).

Ключевые слова: форсунка дизельная; топливо; дизель.

Существенная часть техники, применяемой в разных областях, оснащена дизельными двигателями. Высокий показатель производительности этой техники во многом предопределяется состоянием двигателей внутреннего сгорания. Эффективность дизельных двигателей в большей мере определяется качеством работы топливной аппаратуры (ТА), так как нарушения основных регулировочных параметров приводят к снижению динамических, мощностных и множеству других важных показателей, вызывая значительные потери топлива при эксплуатации, а также уменьшению ресурса двигателей. Нарушения работы топливоподачи высокого давления могут возникать при износе нагнетательного клапана, форсунок или цилиндропоршневой группы дизеля. Нередко неисправности появляются именно из-за дизельной форсунки (инжектора), так как она является ключевой деталью дизеля.

Основной задачей инжектора служит распыление, точная дозировка и подача топлива в камеру сгорания. Учитывая многочисленные факторы и условия при эксплуатации дизельного двигателя от характеристик и эффективности выполнения поставленных задач для инжектора зависит КПД всего агрегата.

К форсункам предъявляются очень жесткие требования: оптимальная дисперсность, обеспечение такой скорости струи топлива, чтобы оно достигало краев камеры сгорания, распределение впрыскиваемого топлива по всему объему камеры сгорания, резкое начало впрыска и его прекращение.

Эксплуатация дизельной форсунки предусматривает циклическое и последовательное повторение 4 рабочих стадий. Представленных в рисунке 1.



Рис. 1. Стадии работы форсунки

Приведенная выше схема с некоторыми корректировками достаточно точно описывает эксплуатацию дизельных форсунок любого типа.

Главной проблемой при эксплуатации форсунок выступает использование низко качественного дизельного топлива. Оно может быть связано как с засоренностью топлива мелкими частицами различных веществ, так и с использованием некачественных присадок или содержанием большого количества тяжелых фракций углеводородов и серы.

В любом из перечисленных случаев возникают крайне неприятные последствия в виде повышенного уровня износа и быстрой эрозии поверхности деталей и узлов дизельной форсунки. Следствием этого становятся очевидные проблемы в работе двигателя в целом.

На предприятии «СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КООПЕРАТИВ ИМЕНИ С.М.КИРОВА» была проведена серия исследований в течении летнего периода. Информация приведена в таблице 1.

Информация по исследованию

Наименование	Доп.информ
Техника на которой проводилось исследование	МТЗ 1221 В.2
Моточасы	3000
Форсунки	172.1112010-11.01 (ЗАО «АЗПИ», РФ)
Топливо	Солярное масло, ДТ Евро (ДТ-Л-К5 сорт Е), биодизельное топливо
Двигатель	Д-260.2С

На технике использовалось три разных вида топлива. Сравнение характеристик топлива приведено в таблице 2.

Таблица 2

Характеристики топлива

Топливо/ характеристика	Дизельное топливо	Соляровое масло	Биодизельное топливо
Вязкость, сСт	5,78	7,89	6,23
Содержание серы,%	5,9	0,25	0,2
Минимальная температура вспышки в открытом тигле, °С.	67	125	131
Температура кипения, °С.	150-250	250-400	250-380
Температура вспышки, °С.	64	120	126
Содержание золы,%	0,02	0,027	0,013

После отработки поставленных моточасов было произведено ТО на котором были отмечены следующие замечания, представленные в таблице 3.

Таблица 3

Информация по работе на разных видах топлива

ДТ Евро (ДТ-Л-К5 сорт Е)	Солярное масло	Биодизельное топливо
повышение уровня масла (топливо просачивается)	ухудшение пусковых характеристик двигателя (особенно в дождливую погоду)	увеличение расхода топлива
повышенное дымообразование выхлопа при прогреве	увеличение расхода топлива	повышение уровня масла
увеличение расхода топлива	ухудшение равномерности работы двигателя на холостом ходу	
	троение мотора (периодический перебой в работе цилиндра)	

Проанализировав таблицу можно сделать вывод о том, что от характеристик топлива зависят и показатели работы форсунки. В каждом случае инжектор был засорен, но в разной степени. В случае с соляровым маслом он был засорен больше всего что и привело к неисправностям в работе двигателя. При использовании биодизельного топлива и ДТ Евро (ДТ-Л-К5 сорт Е) форсунки были менее засорены и выполняли свои функции в стандартном режиме. Но были замечены некоторые проблемы, не столь серьезные как при использовании солярового масла.

Современное диагностическое оборудование позволяет заблаговременно выявить возможные проблемы с форсунками двигателя и предотвратить их. Поэтому для длительной и бесперебойной работы агрегата целесообразно регулярно проходить техническое обслуживание.

Вывод. От работы инжектора зависит вся работа дизельного двигателя. Содержание активных и неактивных сернистых соединений. Превышение показателей зольности и коксуемости в ДТ приводит к высокому нагарообразованию и преждевременному выходу форсунок из строя. На образование отложение также влияет показатель содержания серы. Чем он выше, тем больше нагара и шламов образуется на элементах топливной системы. Эффективную работу форсунок может обеспечить качественное топливо и своевременная диагностика, чем выше качество топлива, тем длительней и бесперебойной будет работа и выше результат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еремеев, А.Н Эксплуатационные методы улучшения показателей тракторных дизелей. Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе. Сб. материалов Международной научно-практической конференции - Кострома, 2004. С. 21-22.
2. Басуров В. М., Белов В. В. Системы автомобильных и тракторных двигателей. Владимир, 2001. 68 с.
3. Астахов, И.В. Подача и распыливание топлива в дизелях [Текст] / И.В. Астахов, В.И. Трусов, А.С. Хачиян - М.: Машиностроение, 1971. - 359 с.
4. Астахов, И.В. Топливные системы и экономичность дизелей [Текст] / И.В. Астахов, Л.Н. Голубков, В.И. Трусов, А.С. Хачиян.- М.: Машиностроение, 1990.-288 с.

УДК 621

А. Х. НАЗАРОВ

nazarovalbek@mail.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. Р. Д. ЕНИКЕЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ ДВИГАТЕЛЕЙ СТИРЛИНГА

Аннотация. Рассмотрены перспективы развития Стирлинг-генераторов. Выявлены основные проблемы современных Стирлинг-генераторов, ограничивающих их КПД и возможности применения. Выявлено наиболее эффективное техническое решение, призванное повысить основные характеристики Стирлинг-генераторов.

Ключевые слова: Стирлинг-генераторы; повышение КПД Стирлинг-генераторов; двигатель Стирлинга.

Стирлинг-генераторы – это электрогенераторы, привод которых осуществляется при помощи двигателя Стирлинга. Двигатель Стирлинга – тепловая машина, в которой рабочее тело в виде газа или жидкости движется в замкнутом объеме, разновидность двигателя внешнего сгорания. Он основан на периодическом нагреве и охлаждении рабочего тела с извлечением энергии из возникающего при этом изменения давления. Может работать не только от сжигания топлива, но и от любого источника тепла. Не смотря на все положительные качества двигателя Стирлинга, он не популярен. Выделяют несколько видов данного двигателя.

– α -Стирлинг – содержит два отдельных силовых поршня в отдельных цилиндрах, один – горячий, другой – холодный. Цилиндр с горячим поршнем находится в теплообменнике с более высокой температурой, с холодным – в более холодном. У данного вида двигателя отношение мощности к объему достаточно велико, но, к сожалению, высокая температура «горячего» поршня создает определенные технические трудности. Регенератор находится между горячей частью соединительной трубки и холодной.

– β -Стирлинг – цилиндр всего один, горячий с одного конца и холодный с другого. Внутри цилиндра движутся поршень (с которого снимается мощность) и вытеснитель, разделяющий горячую и холодную полости. Газ перекачивается

из холодной части цилиндра в горячую через регенератор. Регенератор может быть внешним, как часть теплообменника, или может быть совмещен с поршнем-вытеснителем.

– γ -Стирлинг – тоже есть поршень и вытеснитель, но при этом два цилиндра – один холодный (там движется поршень, с которого снимается мощность), а второй горячий с одного конца и холодный с другого (там движется вытеснитель). Регенератор может быть внешним, в этом случае он соединяет горячую часть второго цилиндра с холодной и одновременно с первым (холодным) цилиндром. Внутренний регенератор является частью вытеснителя. Данный вид двигателя является самым популярным.

Также существуют разновидности двигателя Стирлинга, не попадающие под вышеуказанные три классических вида:

– Роторный двигатель Стирлинга – решены проблемы герметичности (патент Мухина на герметичный ввод вращения (ГВВ), серебряная медаль на международной выставке в Брюсселе «Эврика-96») и громоздкости (нет кривошипно-шатунного механизма, так как двигатель роторный)[2].

– Термоакустический двигатель Стирлинга – вместо использования поршня-вытеснителя, рабочее тело движется между горячей и холодной полости за счет явлений акустического резонанса. Такая схема позволяет уменьшить количество движущихся частей, но возникают сложности с поддержанием акустического резонанса, а также со снятием мощности.

Двигатели Стирлинга являются очень перспективными, так как имеют ряд преимуществ, как в техническом плане, так и в экологическом, что на данный момент очень важно.

Во первых, «*Всеядность*» двигателя – как все двигатели внешнего сгорания (вернее – внешнего подвода тепла), двигатель Стирлинга может работать от почти любого перепада температур: например, между разными слоями воды в океане, от солнца, от ядерного или изотопного нагревателя, угольной или дровяной печи и т. д.. *Простота конструкции* – конструкция двигателя очень про-

ста, он не требует дополнительных систем, таких как газораспределительный механизм. Он запускается самостоятельно и не нуждается в стартере. Его характеристики позволяют избавиться от коробки передач.

Во вторых, *Увеличенный ресурс* – простота конструкции, отсутствие многих «нежных» узлов позволяет «стирлингу» обеспечить небывалый для других двигателей запас работоспособности в десятки и сотни тысяч часов непрерывной работы. *Экономичность* – для утилизации некоторых видов тепловой энергии, особенно при небольшой разнице температур, «стирлинги» часто оказываются самыми эффективными видами двигателей. Например, в случае преобразования в электричество солнечной энергии «стирлинги» иногда дают больший КПД (до 31,25 %), чем тепловые машины на пару.

И наконец, *Экологичность* – «стирлинг» не имеет выхлопа из цилиндров, а это значит, что уровень его шума гораздо меньше, чем у поршневых двигателей внутреннего сгорания. β -стирлинг с ромбическим механизмом является идеально сбалансированным устройством и, при достаточно высоком качестве изготовления, имеет предельно низкий уровень вибраций (амплитуда вибрации меньше 0,0038 мм). Сам по себе «стирлинг» не имеет каких-то частей или процессов, которые могут способствовать загрязнению окружающей среды. Он не расходует рабочее тело. То есть экологичность двигателя обусловлена прежде всего экологичностью источника тепла. А для него можно отметить, что обеспечить полноту сгорания топлива в двигателе внешнего сгорания проще, чем в двигателе внутреннего сгорания.

Основные проблемы двигателей Стирлинга

Громоздкость и материалоемкость – основной недостаток поршневых двигателей внешнего сгорания. У двигателей внешнего сгорания вообще, и двигателя Стирлинга в частности, рабочее тело необходимо охлаждать, и это приводит к существенному увеличению массогабаритных показателей силовой установки за счет увеличенных радиаторов.

Для получения характеристик, сравнимых с характеристиками ДВС, приходится применять высокие давления (свыше 100 атм) и особые виды рабочего тела – водород, гелий.

Тепло подводится не к рабочему телу непосредственно, а через стенки теплообменников. Стенки имеют ограниченную теплопроводность, из-за чего КПД оказывается ниже, чем можно было ожидать. Горячий теплообменник работает в очень напряженных условиях теплопередачи и при очень высоких давлениях, что требует применения высококачественных и дорогостоящих материалов. Создание теплообменника, который удовлетворял бы противоречивым требованиям – весьма нетривиальная задача. Чем больше площадь теплообмена, тем больше потери тепла. При этом растет размер теплообменника и объем рабочего тела, не участвующий в работе. Поскольку источник тепла расположен снаружи, двигатель медленно откликается на изменение теплового потока, подводимого к цилиндру, и не сразу может выдать нужную мощность при запуске.

Для быстрого изменения мощности двигателя используются способы, отличные от применяемых в двигателях внутреннего сгорания: буферная емкость изменяемого объема, изменение среднего давления рабочего тела в камерах, изменение фазного угла между рабочим поршнем и вытеснителем. В последнем случае отклик двигателя на управляющее действие водителя является почти мгновенным.

Обратим внимание на уже известные технические решения, (патент 2016131416, опубл. 01.08.2016), в котором используют максимально полную теплоемкость рабочего тела, что приводит к увеличению мощности двигателя при тех же размерах двигателя. То есть размещение в рабочем теле устройства (вентилятор, насос), создающего вихревые потоки, приводит к улучшению теплообмена (полноте, ускорению). И создание принудительной конвекции в рабочем теле позволяет увеличить мощность двигателя.

Регулирование выходной мощности двигателя Стирлинга (патент 2649523, опубл. 03.04.2018) заключается в том, что двигатель Стирлинга гамма типа

включает последовательно работающий приводной механизм для рабочих поршней и вытеснителей и обеспечивает практически идеальную последовательность операций. Двигатель дополняется регулятором потока рабочего тела и перегородкой, отделяющей работающий подогреватель рабочего тела от остального двигателя во время этапа действия высокого давления. В регуляторе потока рабочее тело перед подогревом проходит через один или более последовательных этапов с вытеснителями/рабочими цилиндрами. Система управления направляет рабочее тело от входного отверстия к первому вытеснителю, далее к первому рабочему цилиндру, и после увеличения объема либо на подогрев, либо к следующему вытеснителю. Охлажденное рабочее тело, в конце концов, направляется обратно к подогревателю, работающему по принципу противотока.

Также для увеличения обмена тепла между поверхностью цилиндра и внешней средой (патент 93015908/09, опубл. 25.03.1993) внешнюю стенку цилиндра снабжают тепловой камерой, охватывающей большую часть наружной поверхности цилиндра, и тепловыми трубками, соединяющими тепловую камеру с внешним теплообменником, при этом внутренние теплопроводные элементы соединены в тепловом отношении с внутренними стенками цилиндра.

Стирлинг-генераторы в виду своих отличительных качеств таких как возможность использовать любой вид топлива выделяющий тепло и простоту конструкции превосходят традиционные двигатели внутреннего сгорания. В стремлении за чистой энергией в скором будущем будут использоваться стирлинг-генераторы благодаря его экологичности. Именно поэтому перспективным направлением является разработка двигателей Стирлинга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Научная электронная библиотека e.LIBRARY.RU [Электронный ресурс] e.library // URL: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp> Дата обращения: 14.09.2022;
2. Поиск патентной информации [Электронный ресурс] ФИПС // URL: <https://www.fips.ru/> Дата обращения: 14.09.2022;
3. Поиск патентной информации [Электронный ресурс] Espacenet // URL: <https://ru.espacenet.com/> Дата обращения: 14.09.2022.

А. С. НИКИТИН

rus.shooting@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А. О. БОРИСОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

АНАЛИЗ БЕЗОПАСНОСТИ БЕСПИЛОТНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Аннотация. Выполнен анализ различных факторов, определяющих степень безопасности применения беспилотных транспортных средств.

Ключевые слова: безопасность, распознавание образов, беспилотный автомобиль.

По статистике в России за 2021 год произошло 133000 дорожно-транспортных происшествий (ДТП), в которых погибло 15 тыс. человек и более 170 тыс. пострадало. В 94% случаев критическую ошибку, повлекшую за собой ДТП, допустил водитель. Таким образом, человеческий фактор является основной причиной ДТП на дорогах общего пользования, что и является одной из основных предпосылок применения беспилотных транспортных средств (БТС).

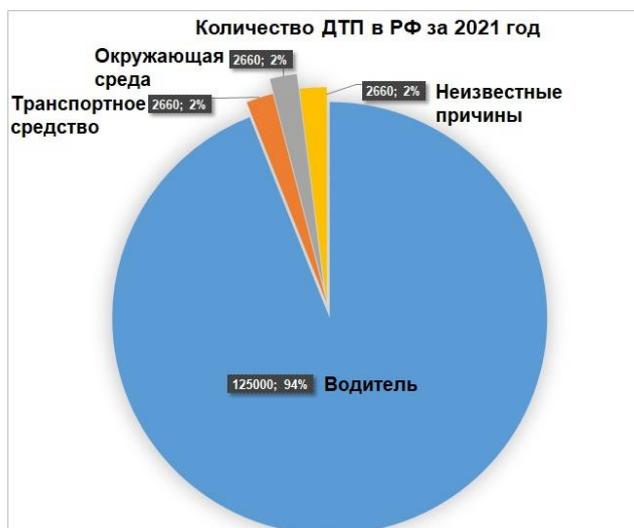


Рис. 1.

Человек по своей природе достаточно медлителен по времени реакции и скорости принятия решения. Его эмоциональные и физические характеристики изменяются в широком диапазоне непредсказуемым образом, что в критических ситуациях провоцирует возникновение ДТП. Человек способен видеть в угловом диапазоне 120° и распознавать объекты на дороге с расстояния не более 90 метров за время 500 мс. В свою очередь, система технического зрения

БТС может распознавать объекты в угловом диапазоне 360° на расстоянии до 200 метров за время 15 мс, что оставляет большее время на выбор типа и совершение маневра [1].

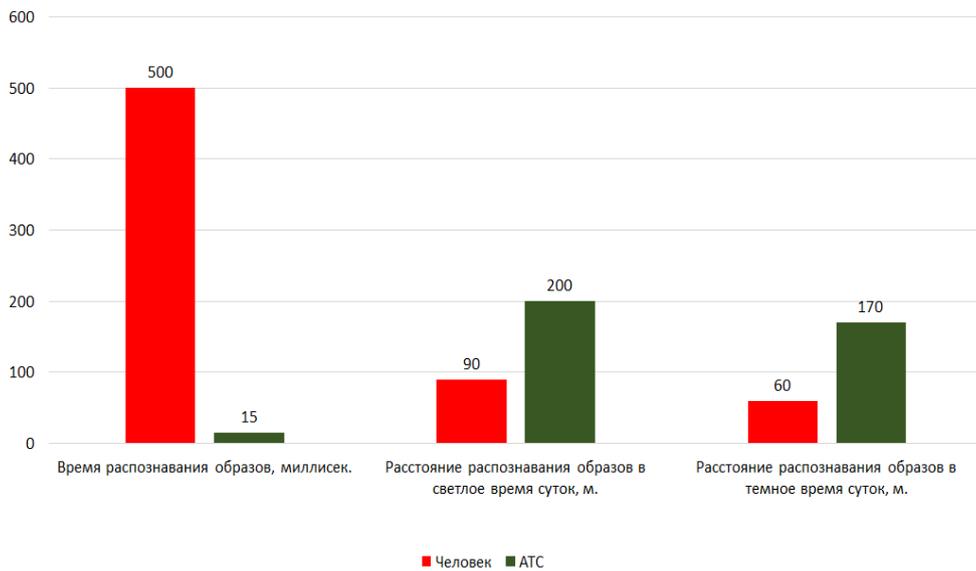


Рис. 2.

Для дальнейшего анализа были выбраны популярные на сегодня нейросети по распознаванию образов, результаты их сравнения по точности распознавания образов приведены на рисунке ниже [2].

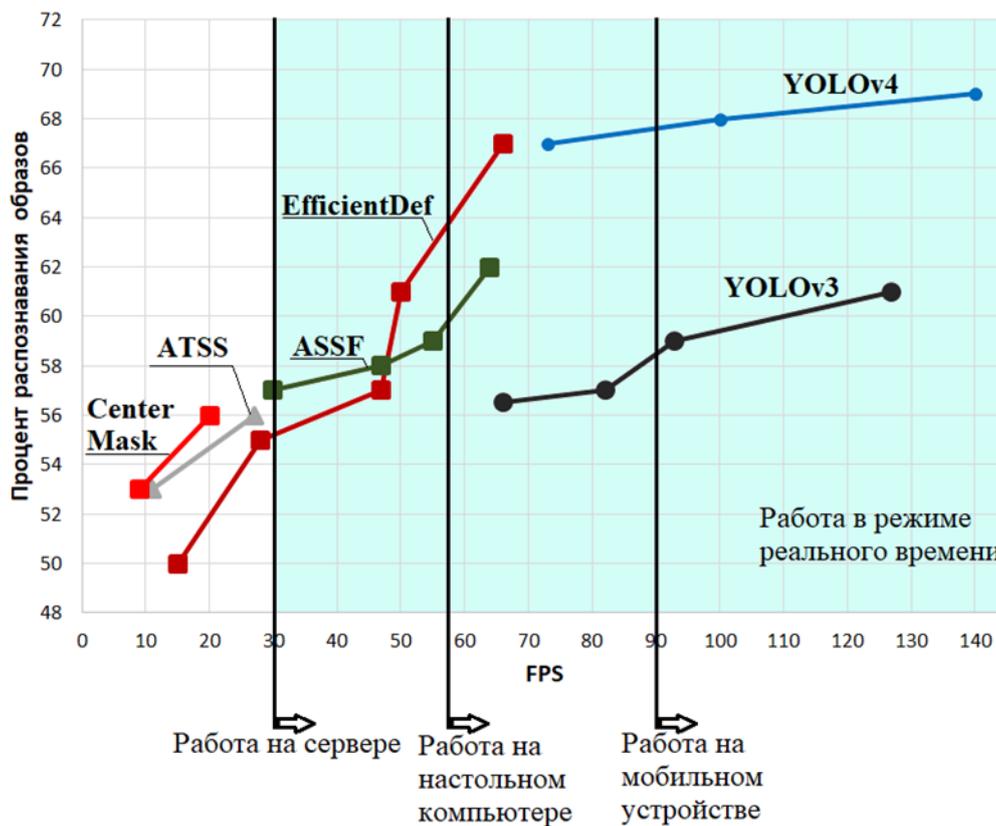


Рис. 2. Сравнение точности распознавания образов современных нейросетей

Для применения в системах управления БТС подходят только YOLOv3 [3] и YOLOv4, потому что они могут работать на мобильном устройстве, не требуют много энергии, массивной системы охлаждения и не занимают много места, что так же важно. За основу алгоритма была взята нейросеть YOLOv3, поскольку данных YOLOv4 нет в открытом доступе.

На основе алгоритма было проведено исследование точности распознавания объектов на видео. Из диаграммы можно увидеть, что максимальный процент точности был достигнут в хороших погодных условиях – летом. В зимних условиях и в условиях лето-дождь и лето-ночь-дождь процент точности заметно ниже, это происходит из-за нескольких факторов: недостаточная освещенность объекта, плохие погодные условия и загрязненность объектов исследования.

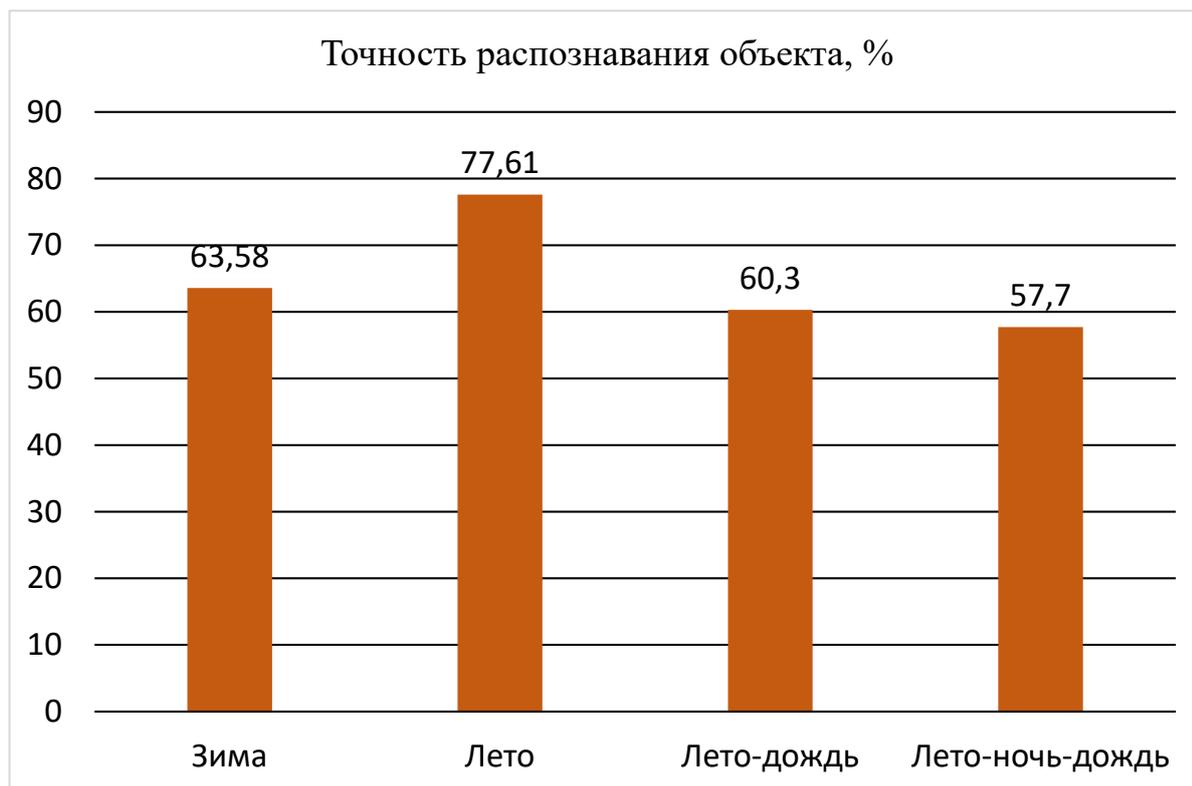


Рис. 3. Точность распознавания объектов YOLOv3 в различных условиях

Так как система распознавания образов не имеет чувств, присущих человеку, то она потенциально может увеличить безопасность на дорогах общего пользования. По результатам прогноза при 10% внедрении БТС, на которых бу-

дет установлена данная система, количество ДТП уменьшится на 20 тыс. случаев, что в свою очередь повлечет за собой уменьшение количества погибших и пострадавших на 3 тыс. человек. При 50% внедрении БТС количество ДТП уменьшится на 60 тыс. и будет уменьшено количество пострадавших на 5 тыс. человек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 24 Self-Driving Car Statistics & Facts // carsurance : сайт. – URL: <https://carsurance.net/insights/self-driving-car-statistics/#:~:text=10,-Waymo's%20self%2Ddriving%20cars%20have%20been%20involved%20in%2018%20accidents,a%20period%20of%2020%20months.&text=That%20period%20is%20the%20whole,a%20human%20behind%20the%20wheel> (дата обращения: 26.05.2022)
2. Frustum Point Nets for 3D Object Detection from RGB-D Data // Stanford : сайт. – URL: <http://stanford.edu/~rqi/frustum-pointnets/> (дата обращения: 26.05.2022)
3. YOLOv3 Algorithm with additional convolutional neural network trained for traffic sign recognition // Researchgate сайт. – URL: https://www.researchgate.net/publication/341869416_YOLOv3_Algorithm_with_additional_convolutional_neural_network_trained_for_traffic_sign_recognition (дата обращения: 26.05.2022).

УДК 1.2

С. С. НОВИЧКОВА, Д. В. ЯКУШКИН, Д. В. РАДИН, А. Д. ПОПОВ
novichlova.ss@ssau.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, проф. С. С. МАТВЕЕВ

*Самарский национальный исследовательский университет им. Академика
С. П. Королёва*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНЦЕПЦИИ ВЕДУЩИХ ТОЧЕК ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ФРОНТА ПЛАМЕНИ В КАМЕРАХ СГОРАНИЯ В ТРЕХМЕРНОЙ ПОСТАНОВКЕ

Аннотация. Постоянное совершенствование рабочего процесса двигателей и энергетических установок требует непрерывного совершенствования методик их проектирования и доводки. Для снижения выбросов вредных веществ широкое применение получил метод сжигания бедных предварительно подготовленных смесей топлива с воздухом. Однако, данный метод имеет одну особенность: сужаются границы стабильной работы по срыву пламени. Стоит отметить, что проблема обеспечения беспрерывного режима горения актуальна не только при сжигании бедных предварительно подготовленных смесей, но и для большинства технологий малоэмиссионного горения. Для расчета процесса горения в настоящее время в большинстве случаев используется модель горения, предложенная Зимонтом [1] в сочетании с решением осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса (RANS). Однако существующая реализация модели Зимонта имеет ряд недостатков, один из которых – занижение скорости пламени в обеденных смесях. Чтобы решить данную проблему была предложена концепция ведущих точек [2], в рамках которой предполагается, что распространение турбулентного пламени предварительно подготовленной смеси контролируется ведущими ядрами (точками) пламени, которые дальше продвигаются в свежие реагенты. Данная модель хорошо зарекомендовала себя в теоретическом плане, но требует всесторонней проверки для RANS-моделирования. В связи с вышеизложенным актуальной является задача применения концепции лидирующих точек совместно с существующими моделями турбулентного горения, анализ полученных результатов и сравнение с традиционной моделью Зимонта.

Ключевые слова: концепция ведущих точек, горение, камера сгорания, моделирование.

В настоящее время для расчета процесса горения в большинстве случаев применяется модель горения турбулентного замыкания пламени, предложенная Зимонтом. Большое внимание уделяется проблеме качественного моделирования турбулентного горения предварительно подготовленных смесей с помощью RANS-уравнений. Чтобы решить данную проблему была предложена концепция ведущих точек, в рамках которой предполагается, что распространение турбулентного пламени предварительно подготовленной смеси контролируется ведущими ядрами (точками) пламени, которые дальше продвигаются в свежие реагенты.

Одним из самых распространенных подходов при моделировании процесса горения является использование модели Зимонта для расчета скорости турбулентного пламени, которая основана на уравнении переноса для усредненной по Фавру переменной скорости горения.

Так как для применения концепции ведущей точки к RANS-моделированию необходимо отношение $\left(\frac{S_c^{max}}{S_L}\right)^{1/2}$, то необходимо посчитать ламинарную скорость пламени и скорость пламени в турбулентном потоке.

Для уточнения скорости пламени в турбулентном потоке был выбран следующий подход: расчет проводился в программном пакете ANSYS 21 в модуле Chemkin Pro. Для расчета скоростей сильно деформированного пламени использовался реактор – Diffusion or Premixed Opposed-flow Flame. Состав предварительно смешанной смеси, подаваемой с двух сопел, содержал следующие компоненты:

Таблица 1

Исходные данные

Параметр	Значение
Начальное давление в смеси	1 атм
Температура окружающей среды	300К
Начальная температура смеси	300К
Скорость подачи смеси	20...800 см/с
Расстояние между соплами	20 мм

Для расчета ламинарной скорости пламени используется программный пакет ANSYS 21, модуль Chemkin Pro. Для расчета скоростей ламинарного пламени использовался реактор – Premixed Laminar Flame-Speed Calculation.

Использовался также кинетический механизм GRI 3.0. Давление равнялось 1 атм, а температура подаваемого вещества составляла 300К. Коэффициент избытка топлива варьировался от 0,6 до 1,4. Данные расчета представлены на рисунке 1.

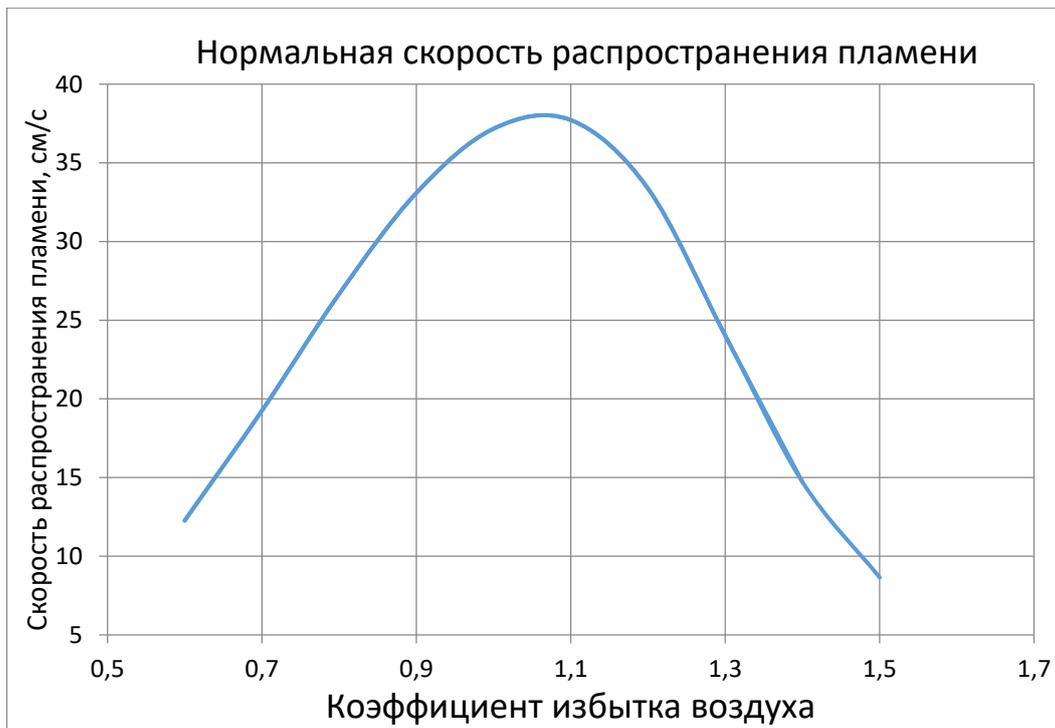


Рис. 1. Нормальная скорость распространения пламени

При моделировании горения в ANSYS Fluent использовались следующие настройки: модель горения Partially Premixed Combustion, Flamelet Generated Manifold. Для расчета горения была построена геометрическая модель и сеточная модель, которая составляет 4,9 миллионов элементов.

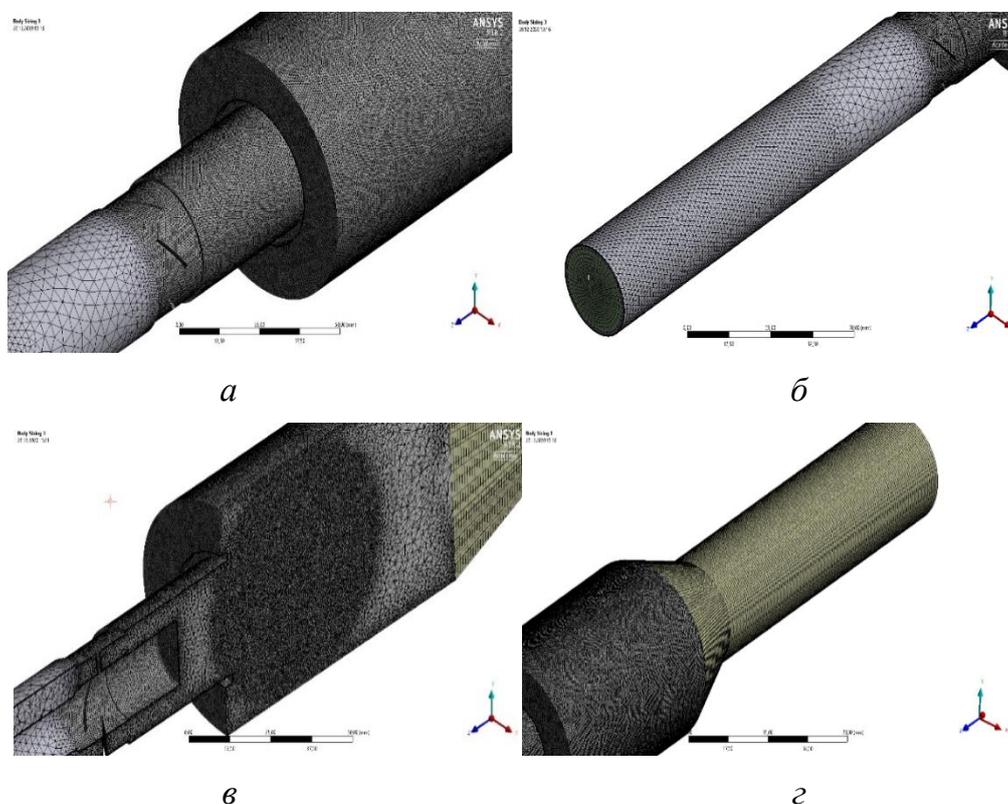


Рис. 2. Разные виды сеточной модели

Для расчета в ANSYS Fluent использовались следующие общие настройки:

- 1) перепад давления между входом и выходом равен 5%,
- 2) температура на входе в модельную камеру сгорания 673 К.

Для коэффициента избытка воздуха $\alpha=1,0$, единственная константа модели Зимонта А изменяется в соответствии с концепцией ведущей точки и равна произведению

$$\left(\frac{S_{C \max}}{S_L}\right)^{1/2} \cdot A = \left(\frac{63.17961}{37.72031}\right)^{1/2} \cdot 0,52 = 0,67298$$

Для коэффициента избытка воздуха $\alpha=1,3$:

$$\left(\frac{S_{C \max}}{S_L}\right)^{1/2} \cdot A = \left(\frac{52,61684}{24,02532}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot 0,52 = 0,76954$$

Для коэффициента избытка воздуха $\alpha=1,5$:

$$\left(\frac{S_{C \max}}{S_L}\right)^{1/2} \cdot A = \left(\frac{24.5682}{10.44221}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot 0,52 = 0.79762$$

Был проведен расчет параметров потока по длине камеры сгорания и расчет в выходном сечении в зависимости от коэффициента избытка воздуха.

В результате применения концепции ведущей точки совместно с моделью турбулентного замыкания пламени для моделирования процесса горения предварительно подготовленной смеси метана с коэффициентами избытка воздуха 1,0, 1,3 и 1,5, можно сделать следующие выводы:

1) Образование продуктов сгорания при использовании модифицированной модели начинается раньше и скорости этого процесса выше на 12% для $\alpha=1$, на 18% для $\alpha=1,3$ и на % для $\alpha=1,5$, чем при использовании стандартной модели.

2) Скорость образования NO_x на начальном участке КС выше приблизительно на 25% для всех коэффициентов избытка воздуха при использовании модифицированной модели, но далее выравнивается со значениями расчета стандартной модели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zimont V.L. Gas premixed combustion at high turbulence. Turbulent flame closure combustion model. Experimental Thermal and Fluid Science, 2000. – 8 с.
2. Verma S., Monnier F., Lipatnikov A.N. Validation of leading point concept in RANS simulations of highly turbulent lean syngas-air flames with well-pronounced diffusional-thermaleffects. International journal of hydrogen energy, 2021/ - 11с.

Д. А. РУДНЕВА
tttiiixxx@yandex.ru

Науч. руковод. – ст. преп. Д. Р. РЕЗВАНОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

СИСТЕМА ПОДАЧИ МАСЛА В ДВУХТАКТНОМ ДВИГАТЕЛЕ С СИСТЕМОЙ НЕПОСРЕДСТВЕННОГО ВПРЫСКА

Аннотация. В данной статье рассматривается система подачи масла в двухтактном двигателе. Проведено исследования по оптимальной подаче масла на подшипник качения с целью снижения перерасхода смазочного материала.

Ключевые слова: двухтактный двигатель, система питания, система подачи масла, непосредственный впрыск, лубрикатор MIKUNI, подшипник качения.

Поршневой двигатель внутреннего сгорания (ПДВС) – это двигатель, в котором тепловая энергия, выделившаяся при сгорании топлива, преобразуется в механическую работу поступательного движения поршня, которое после преобразуется во вращение коленчатого вала.

В мототехнике основной сегмент моторов приходится на бензиновые двух и четырехтактные двигатели.

Сходство четырехтактных и двухтактных моторов не трудно обнаружить. Главное различие между двумя типами является в количестве циклов за один оборот коленчатого вала. В двухтактном двигателе, рабочий цикл совершается всего за один оборот, тогда как четырехтактному двигателю требуется два оборота.

Исходя из этого, достоинством двухтактного двигателя является более простая конструкция и более сбалансированные отношения габаритных размеров к выдаваемой мощности. При одинаковых размерах и имеющих одинаковые обороты двухтактные двигатели превосходят в 1,5-1,6 раза литровую мощность четырехтактных. Соответственно, при заданной мощности, двухтактные моторы будут компактнее и меньше в габаритах.

Двухтактные двигатели используются там, где главные требования заключаются в малых габаритах, хорошей мощности, простоте устройства. Такие

двигатели можно встретить на мототехнике, снегоходах, лодках, генераторах, а также в судовых и тепловозных силовых установках.

К недостаткам таких моторов относят более низкие показатели экономичности и экологичности, чем у двигателей, работающих по четырехтактному принципу.

Снижение показателей обусловлено типом смазки двухтактных двигателей. Из-за особенностей продувки и подвода смазочного материала в двигатель. Так как масло, не оставшееся на стенках цилиндра, сгорает вместе с топливом, в отработавших газах содержится большое количество CO и CH.

Смазка – одна из важнейших операций, направленная на снижение износа, продление ресурса и повышения надежности при эксплуатации двигателя внутреннего сгорания. Помимо смазывания, система смазки выполняет такие функции как:

- понижение температуры деталей;
- удаление продуктов износа и нагара;
- защита деталей двигателя от коррозии.

Необходимым условием для качественной смазки является своевременная подача смазочного материала к поверхностям трущихся деталей и механизмов двигателя. Допустимо применение только специализированного масла, без содержания присадок, способных привести к закоксовыванию каналов и поверхностей цилиндропоршневой группы.

Несовершенство системы смазки деталей двухтактных двигателей является одной из ключевых проблем, тормозящих их развитие в современном мире.

С ужесточением норм экологичности такой тип двигателей перестал применяться на повседневных автомобилях и все меньше пользуется популярностью в мотоциклах последних моделей.

Для увеличения экономических и экологических показателей разрабатывают двухтактные двигатели с непосредственным впрыском топлива. В качестве рассматриваемого объекта с таким видом подачи топлива примем двигатель РМЗ-551i.

Данный силовой агрегат предназначен для оснащения российских снегоходов туристического класса «RM VECTOR». Приемлемая себестоимость и экономичность представляет преимущество в отличие от зарубежных аналогов. Эти критерии выделяют этот двигатель.

На рисунке 1 представлен двигатель на лабораторном стенде.

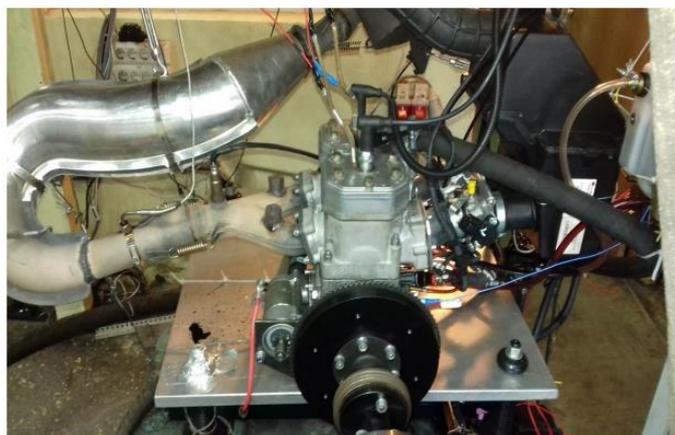


Рис. 1. Двигатель PM3-551i на лабораторном стенде

При снижении расхода топлива, так же и снизился расход масла. За систему отдельной системы смазки отвечает масляный насос MIKUNI. В зависимости от оборотов коленчатого вала, он регулирует подачу смазочного материала в подпоршневое пространство. Расход масла осуществлялся в пропорции 7% от количества расходуемого топлива. Расположения масляного насоса представлено на рисунке 2.

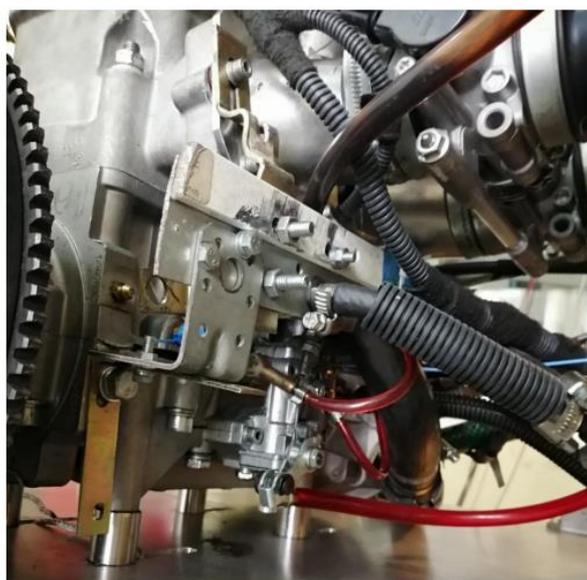


Рис. 2. Расположения масляного насоса MIKUNI

Решение использовать разделенную систему смазывания деталей и механизмов двигателя позволило снизить содержание в продуктах сгорания вредных веществ. Так же, данная система благоприятно влияет на улучшение экономических показателей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДВС. Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей: Учеб. Пособие для вузов/Под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение. 1990. – 289 с., ил.
2. Подшипники качения: Справочник/ Р.Д. Бейзельман, Б.В. Цыпкин, Л.Я. Перель. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1975. 572с.
3. Описание снегохода RM-VECTOR 551I [Электронный ресурс]// АО «Русская механика»: [сайт]. URL: http://go-rm.ru/rm_vector_551i_overview.html. Дата обращения (18.06.2022).

УДК 629.7.026.55

Д. В. САВЕЛЬЕВ

dim.saweliew2014@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А. О. БОРИСОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ СОСТАВА СМЕСИ АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Аннотация. В статье представлены результаты синтеза имитационной модели системы автоматического регулирования состава смеси автомобильного двигателя. Обосновано представление агрегатов системы звеньями библиотек системы имитационного моделирования SAMSIM. Приведены результаты моделирования.

Ключевые слова: автомобильный двигатель; регулирование автоматическое; обратная связь; датчик содержания кислорода; состав смеси; стехиометрия; возмущения.

На сегодняшний день перед энергомашиностроением стоит задача улучшения показателей двигателя путем снижения расход топлива и улучшения экологических показателей двигателя. Одним из путей решения данной задачи является применение системы автоматического регулирования (далее САР) состава смеси бензинового двигателя по сигналам с датчика кислорода. Поэтому актуальность разработки имитационной модели САР состава смеси для ее анализа очевидна.

Целью работы является синтез имитационной модели САР состава смеси, адаптированной к системе моделирования SAMSIM.

Объектом данного исследования является бензиновый двигатель. Предметом исследования является система автоматического регулирования состава смеси бензинового двигателя по сигналам с датчика кислорода, качеством переходных процессов которой определяются показатели токсичности отработавших газов двигателя.

Данная система служит для обеспечения стехиометрического соотношения воздух/топливо, которое определяет максимальную эффективность работы трехкомпонентного каталитического нейтрализатора отработавших газов. Система объединяет принципы регулирования по возмущению и обратной связи,

т.е. является комбинированной. В данной статье рассматривается синтез модели замкнутого контура рассматриваемой системы. Агрегатная схема замкнутого контура представлена на рисунке 1.

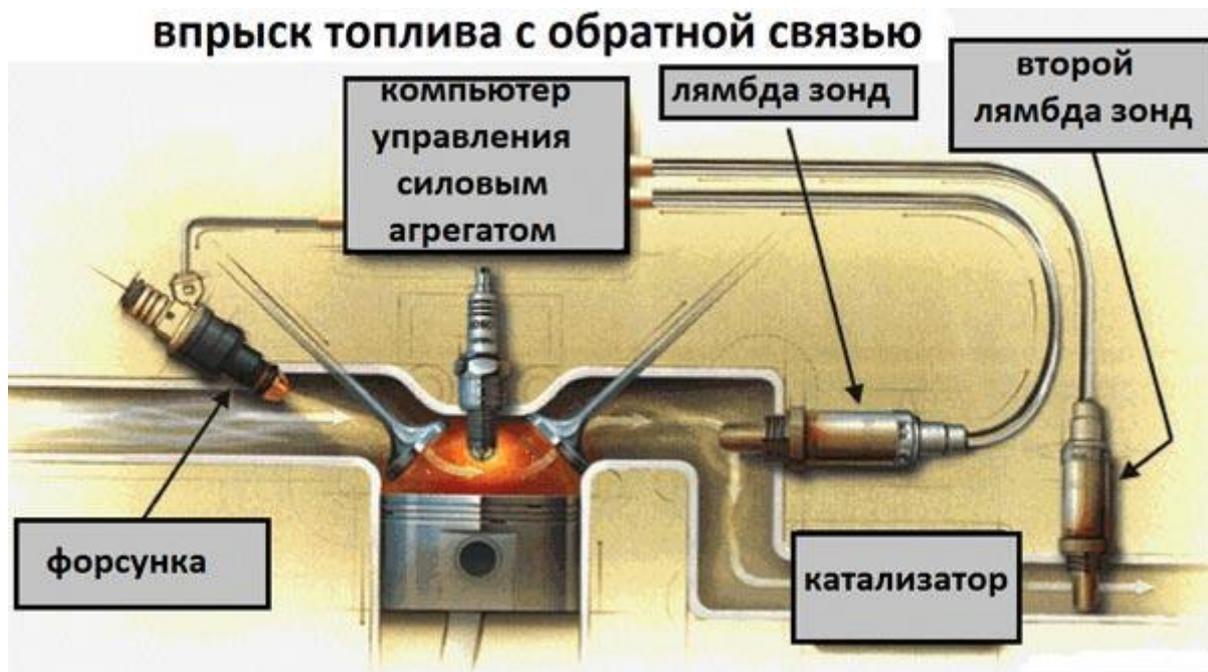


Рис. 1. Агрегатная схема замкнутого контура системы впрыска топлива

Структурная схема замкнутого контура системы регулирования приведена на рисунке 2. Данная структура определяется, с одной стороны, логикой построения имитационной модели двигателя, как объекта регулирования по составу смеси. С другой стороны, структура определяется довольно ограниченным перечнем шаблонов модулей, находящихся в распоряжении пользователя системы моделирования SAMSIM [1]. Поэтому модель датчика кислорода представлена сложной структурной схемой шаблонов модулей, необходимых для сдвига уровней сигналов датчика и имитации его реакции на изменение концентрации кислорода в отработавших газах.

Верхняя часть схемы представляет собой классическую систему регулирования с обратной связью и неизменяемой величиной эталонного значения. В качестве регулятора применяется интегрирующее звено, имитирующее изменение состава смеси с постоянной скоростью. После звена регулятора в схеме расположены два входа возмущений, вызывающих отклонение состава смеси от

эталонного значения (возмущения будут описаны ниже). Объект регулирования в нашем случае представлен последовательным соединением звеньев запаздывания, которые имитируют транспортную задержку прохождения смеси по газозоудушному тракту до сечения установки датчика кислорода и задержку нахождения смеси в рабочей камере двигателя.

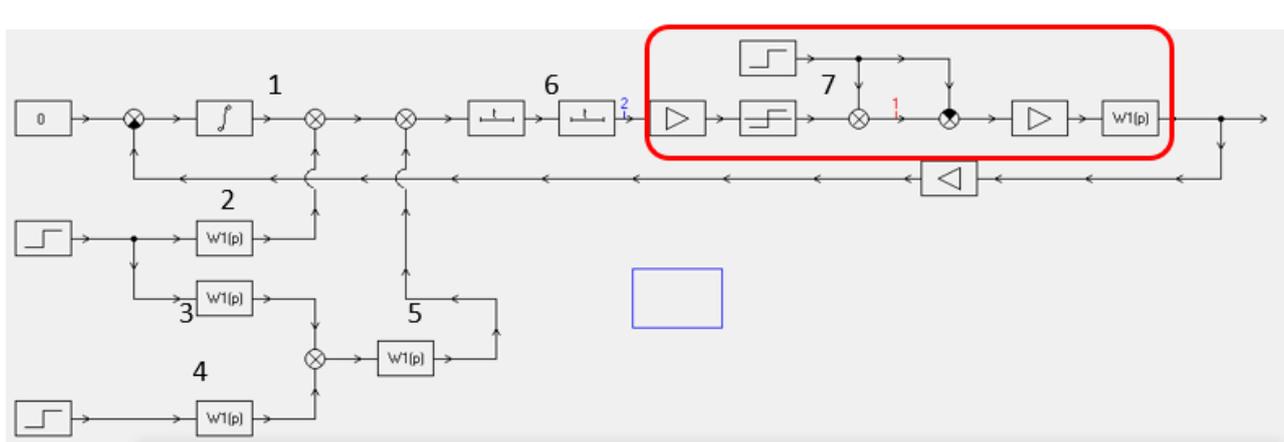


Рис. 2. Структурная схема замкнутого контура системы регулирования

Реакция датчика кислорода на ступенчатое изменение состава смеси имитируется звеном 2-го порядка, тип звена был выбран по результатам рассмотрения реальных осциллограмм переходного процесса датчика кислорода. Кроме этого, параметры звена задавались такими, чтобы обеспечить задержку реакции датчика около 22 мс. Остальные элементы, составляющие модуль датчика и их параметры, выбраны для смещения уровня выходного сигнала и его графического представления в привычном виде.

Имитация каналов возмущений (отклонения состава смеси от эталонного значения) выполнена на базе линейных моделей двигателя, как объекта регулирования по частоте вращения [2]. При прохождении автомобилем ездового цикла регистрируются повышенные выбросы токсичных компонентов с отработавшими газами при каждом изменении положения дроссельной заслонки. Это указывает на то, что в эти моменты времени состав смеси отклоняется от стехиометрического значения настолько, что эффективность нейтрализатора резко падает. Таким образом, внешними возмущениями для системы являются изменения положения дросселя и нагрузки. Причем, при изменении положения

дросселя состав смеси изменяется по двум параллельным каналам: канал (модуль 2) – за счет изменения циклового расхода воздуха при новом положении дросселя, и канал (модули 3 и 5) – за счет дополнительного изменения циклового расхода воздуха из-за изменения частоты циклов двигателя. Изменение нагрузки на двигатель (при неизменном положении дросселя) вызывает соответствующее отклонение состава смеси только за счет дополнительного изменения частоты циклов двигателя (модули 4 и 5).

Модель позволяет анализировать воздействие различных возмущений и параметров регулятора на показатели качества работы САР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.О. Борисов, Автоматическое регулирование и управление ДВС: лабораторный практикум по дисциплине «Автоматическое регулирование и управление ДВС» / Уфимск. гос авиац. техн. ун-т; Сост.: А. О. Борисов. – Уфа, 2017. – 37 с.
2. В.И. Крутов, Автоматическое регулирование и управление двигателями внутреннего сгорания: Учебник для студентов вузов обучающихся по специальности «Двигатели внутреннего сгорания». — 5-е изд., перераб. и доп. —М.: Машиностроение,1989.—416 с: ил.

УДК 629.7.026.55

Д. В. САВЕЛЬЕВ

dim.saweliew2014@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А. О. БОРИСОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РЕГУЛЯТОРА ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ АВИАЦИОННОГО ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ

Аннотация. В статье представлены принцип работы винта изменяемого шага, уравнения отдельных частей системы и преобразование их в одно уравнение и формирование придаточных функций.

Ключевые слова: винт; шаг лопасти; придаточная функция; двигатель; регулятор; частота вращения.

Винт изменяемого шага - воздушный винт, лопасти которого во время работы могут поворачиваться вокруг своих осей и устанавливаться под нужным углом к плоскости вращения. Винт изменяемого шага позволяет сохранять постоянным число оборотов двигателя при дросселировании (путем уменьшения установочного угла лопастей) и изменять его при постоянном положении дросселя (увеличение установочного угла лопастей дает уменьшение оборотов и наоборот). Кроме того, винт изменяемого шага позволяет (при наличии специального устройства) устанавливать лопасти на отрицательный угол и создавать отрицательную тягу (реверсивный винт) или ставить их по потоку с целью уменьшения добавочного сопротивления самолета от винта при остановке двигателя в полете [1].

Гребные винты с постоянной скоростью работают за счет изменения шага лопастей гребного винта. Чем больше угол наклона, тем больше подъемная сила (тяга). В то же время для раскрутки винта требуется больший крутящий момент, и двигатель замедляется. Обратное верно, когда угол поворота лопастей уменьшается: требуемый крутящий момент уменьшается, а двигатель ускоряется.

Шаг лопастей гребного винта изменяется гидравлическим исполнительным механизмом с использованием моторного масла.

В кабине самолета установлен рычаг, который позволяет регулировать шаг винта и частоту вращения вала двигателя. Компонент, отвечающий за эти действия, называется регулятором.

Регулятор оборотов авиационного поршневого двигателя (АПД) состоит, из:

1. рычага управления;
2. пружины ускорителя;
3. резьбового вала;
4. грузиков;
5. главного клапана;
6. шестеренчатого насоса;

Элементы, из которых состоит регулятор, можно увидеть на рисунке 1.

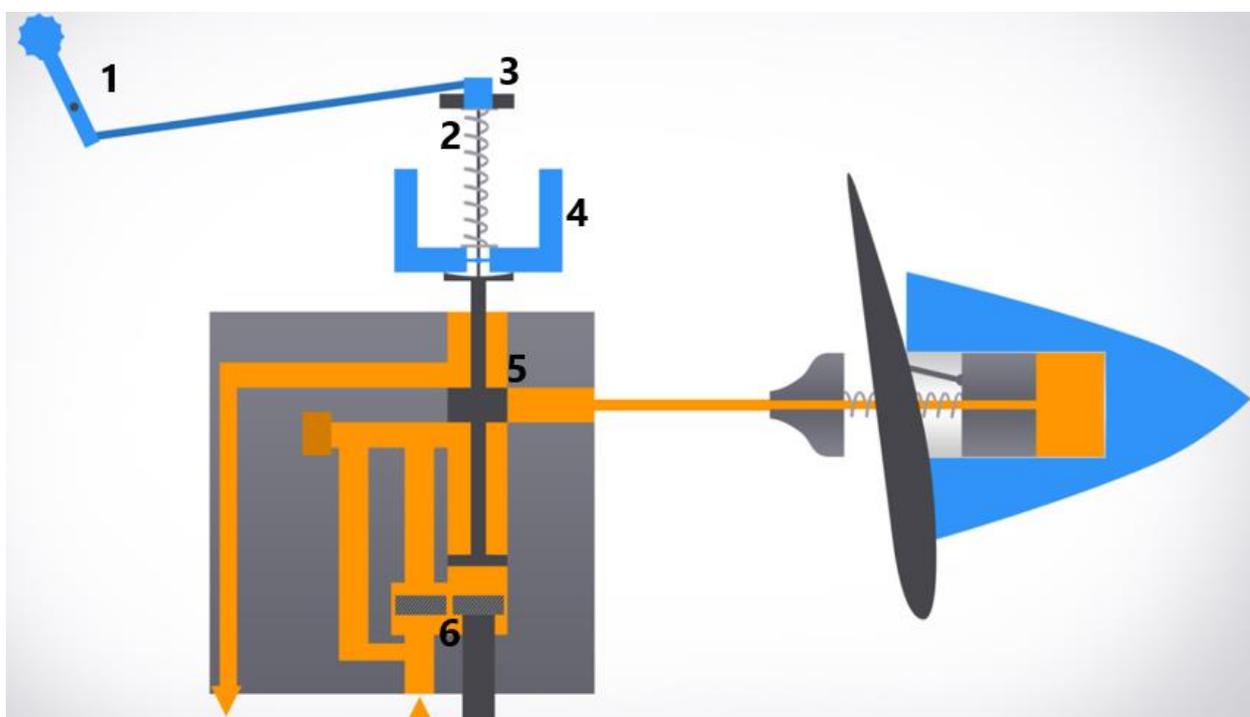


Рис. 1. Схема регулятора АПД с изменяемым шагом винта

В большинстве случаев при взлете и приземлении рычаг управления винтом находится в переднем положении, что означает, что гребной винт находится в режиме малого шага и высоких оборотов. В таком положении двигатель и винт дает максимальную (взлетную) мощность.

При увеличении угла атаки гребного винта увеличивается крутящий момент двигателя, частота вращения вала двигателя замедляется.

После анализа системы были выбраны следующие уравнения [2].

Для характеристики работы авиадвигателя подходит уравнение 1:

$$(T_1 p + 1)x_1 + a_{14}x_4 = -k_1\mu + f(t) \quad (1)$$

Для характеристики самолета уравнение 2:

$$-a_{41}x_1 + (T_4 p + 1)x_4 = k_4\mu \quad (2)$$

И для самого регулятора подходит уравнение 3:

$$(p^2 + 2dv_2 p + v_2^2)x_2 = k_2 v_2^2 x_1 \quad (3)$$

Чтобы понять, как взаимодействуют уравнения (1) и (2), нужно соединить их и избавиться от лишней переменной x_4 , которая характеризует изменение скорости, и оставить только x_1 , которая характеризует изменение оборотов двигателя.

Для начала из уравнения (2) выразим значение x_4 :

$$x_4 = \frac{k_4\mu + a_{41}x_1}{T_4 p + 1} \quad (4)$$

Затем подставим получившееся уравнение (4) в уравнение (1):

$$(T_1 p + 1)x_1 + \frac{a_{14}k_4\mu + a_{14}a_{41}x_1}{T_4 p + 1} = -k_1\mu + f(t) \quad (5)$$

Теперь перестроим получившееся уравнение (5), переместим в правую часть все части уравнения, где есть входная величина, затем избавимся от знаменателя и вынесем за скобки общие переменные. В результате мы получили уравнение взаимодействия двигателя и самолета:

$$\begin{aligned} & ((T_1 p + 1)(T_4 p + 1) + a_{14}a_{41})x_1 = \\ & = -(k_1(T_4 p + 1) + a_{14}k_4)\mu + (T_4 p + 1)f(t) \end{aligned} \quad (6)$$

Для получения передаточной функции нужно из уравнения (6) выразить значение x_1 и из полученного уравнения можно выразить передаточную функцию:

$$Wp = \frac{-k_1(T_4 p + 1) - k_4 + (T_4 p + 1)f(t)}{(T_1 p + 1)(T_4 p + 1)} \quad (7)$$

В результате мы получим передаточную функцию, которую можно разделить на 3 части:

$$W_{1p} = -\frac{k_1}{(T_1p + 1)} \quad (8)$$

$$W_{2p} = -\frac{k_4}{(T_1p + 1)(T_4p + 1)} \quad (9)$$

$$W_{3p} = \frac{f(t)}{(T_1p + 1)} \quad (10)$$

После того, как стало ясно, как взаимодействуют элементы и какие звенья схемы им соответствуют, была построена схема (математическая модель) и получен график зависимости изменения угла μ от величины $f(t)$ (красный). Полученную схему можно наблюдать на рисунке 2.

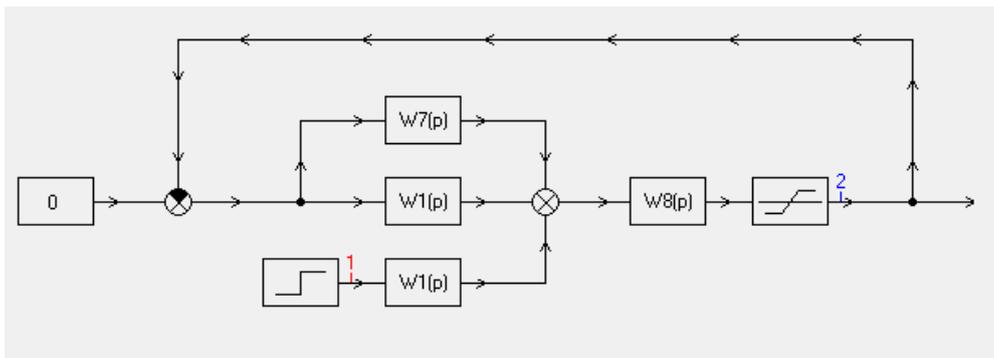


Рис. 2. Схема работы регулятора

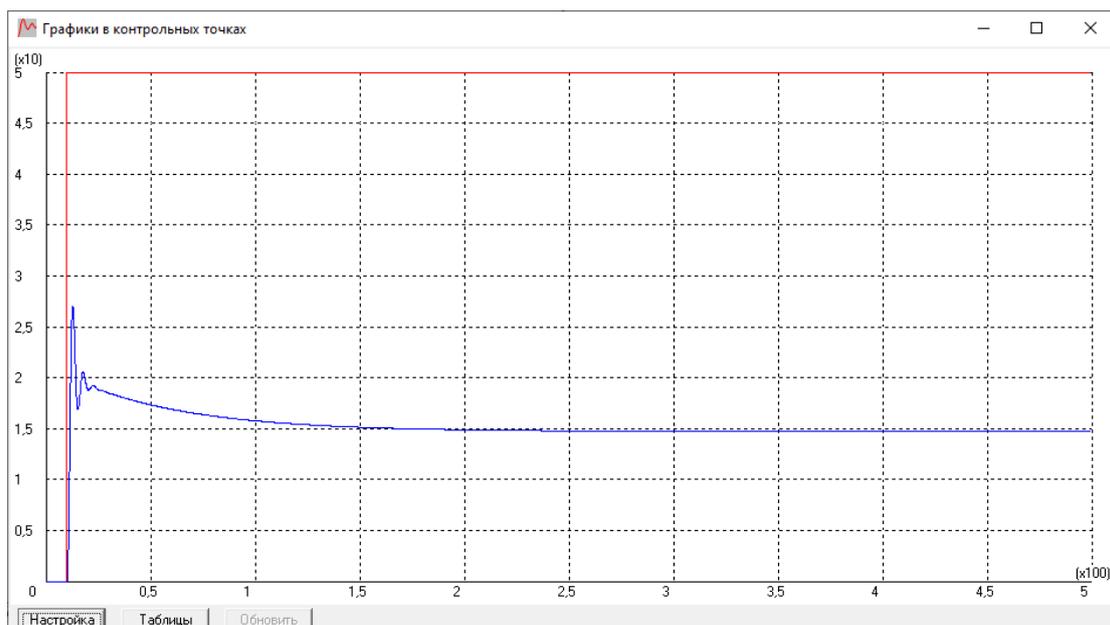


Рис. 3. График зависимости угла μ от входной величины $f(t)$

На графике, изображенном на рисунке 3 видно, как изменился угол наклона лопастей и как он стабилизировался, чтобы компенсировать настройку.

После сравнения полученного графика с графиком переходного процесса, можно заметить, что они почти совпадают, следовательно математическая модель была построена верно и по ней можно анализировать как будет вести себя регулятор и построить модель данного регулятора для испытаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Как работает пропеллер постоянной скорости [Электронный ресурс]. URL: <https://www.boldmethod.com/learn-to-fly/aircraft-systems/how-a-constant-speed-prop-works/> (дата обращения: 06.07.2022)
2. Боднер В.А. Автоматика авиационных двигателей издание 2-е, исправленное и дополненное // Государственное издание оборонной промышленности Москва 1956.

УДК 629.7.026.55

В. А. СЕМЕНОВ

vova.semyonov000@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А. О. БОРИСОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ФОРСУНКИ НЕПОСРЕДСТВЕННОГО ВПРЫСКА ТОПЛИВА

Аннотация. В статье рассмотрены принцип работы и конструкция магнитоэлектрического привода форсунки впрыска топлива. Представлены модель перемещения клапана и результаты моделирования.

Ключевые слова: впрыск; непосредственный; магнитоэлектрический; быстродействие.

Современные двигатели внутреннего сгорания (ДВС) характеризуются работой при относительно высоких частотах вращения коленчатого вала двигателя. При этом на совершение процессов рабочего цикла ДВС отводится очень малое время. Так процесс впуска при частоте вращения вала $n = 6000$ об/мин занимает меньше 5 мс. В этот небольшой промежуток времени должен укладываться процесс подачи топлива электромагнитной форсункой. Таким образом, к быстродействию форсунки предъявляются весьма жесткие требования, так как от ее работы зависит качество протекания процессов смесеобразования и сгорания, а, следовательно, также мощностные и экономические показатели двигателя [1].

Электромагнитная схема привода форсунки в наше время достигла предела своего конструктивного совершенства и не способна увеличить ее быстродействие. Поэтому разработчики обращают внимание на магнитоэлектрическую схему привода, которая свободна от основного недостатка традиционной конструкции.

Для анализа динамики такой схемы привода была разработана математическая модель движения якоря форсунки. Для проверки работоспособности и тестирования модели была реализована программа расчета в среде Excel. Программа содержит модуль исходных данных и модуль расчетных данных (промежуточных и окончательных результатов расчета).

Длина средней линии сердечника l, м	0,05
Магнитная индукция B, Тл	1,1
Масса подвижных деталей, кг	0,034
Вес под деталей, Н	0,33354
mg, Н	0,33354
Индуктивность L, Гн	0,00125
Сопротивление R, Ом	2,96
τ	0,00042230
Макс. Перемещение, м	0,0001

Рис. 1.

Время, мс	Время, с	Ускорение, м/с ²	Скорость, м/с	Перемещение, м	Сила тока в обмотке катушки, А	Эм, Н	Разность сил	U, В	Макс. Знач. Силы тока.
0	0	0	0	0	0,0	0	-0,33354	700	236,4864865
0,01	0,00001	-0,8845872	-8,85E-06	-0,0000000008845872035789760000	5,5	0,303464	-0,03008	700	236,4864865
0,02	0,00002	5,31221525	4,43E-05	0,0000000003543040842931970000	9,3	0,514155	0,180615	600	202,7027027
0,03	0,00003	5,136499151	9,56E-05	0,0000000013107168040462400000	9,2	0,508181	0,174641	400	135,1351351
0,04	0,00004	9,888014364	0,000195	0,0000000032559309601765100000	12,2	0,669732	0,336192	400	135,1351351
0,05	0,00005	14,52867074	0,00034	0,0000000066540121898594700000	15,0	0,827515	0,493975	400	135,1351351
0,06	0,00006	19,06105474	0,00053	0,0000000119581988938248000000	17,8	0,981616	0,648076	400	135,1351351
0,07	0,00007	23,48769252	0,000765	0,0000000196111548494344000000	20,6	1,132122	0,798582	400	135,1351351

Рис. 2.

Программа позволяет произвольным образом менять закон подачи напряжения на обмотку привода форсунки и оптимизировать его с целью обеспечения требуемого быстродействия при различных ограничениях тока потребления.

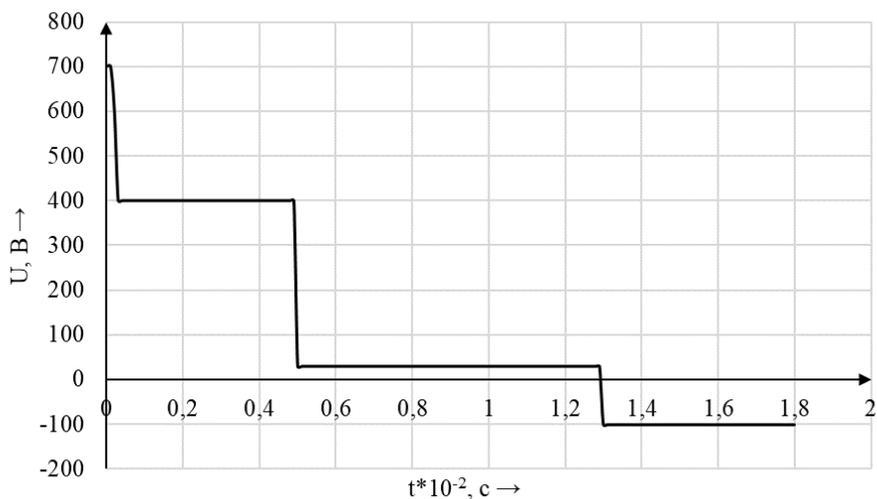


Рис. 3.

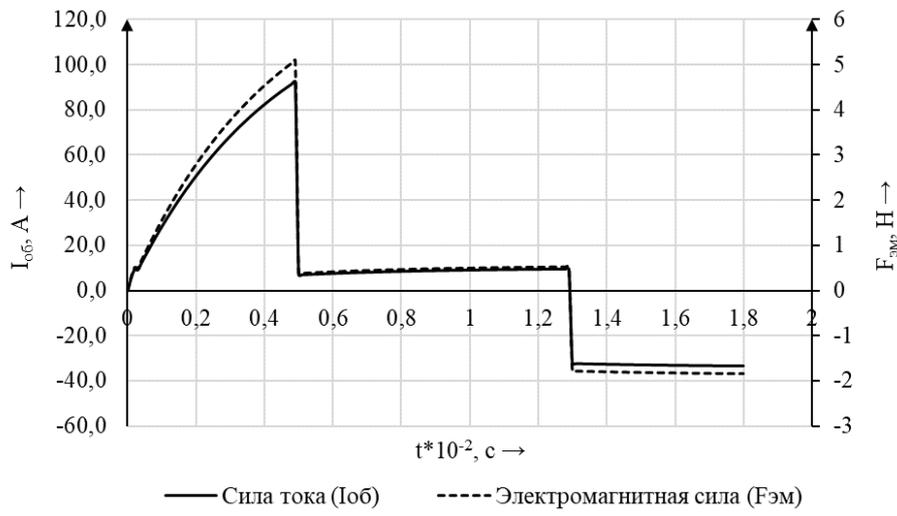


Рис. 4.

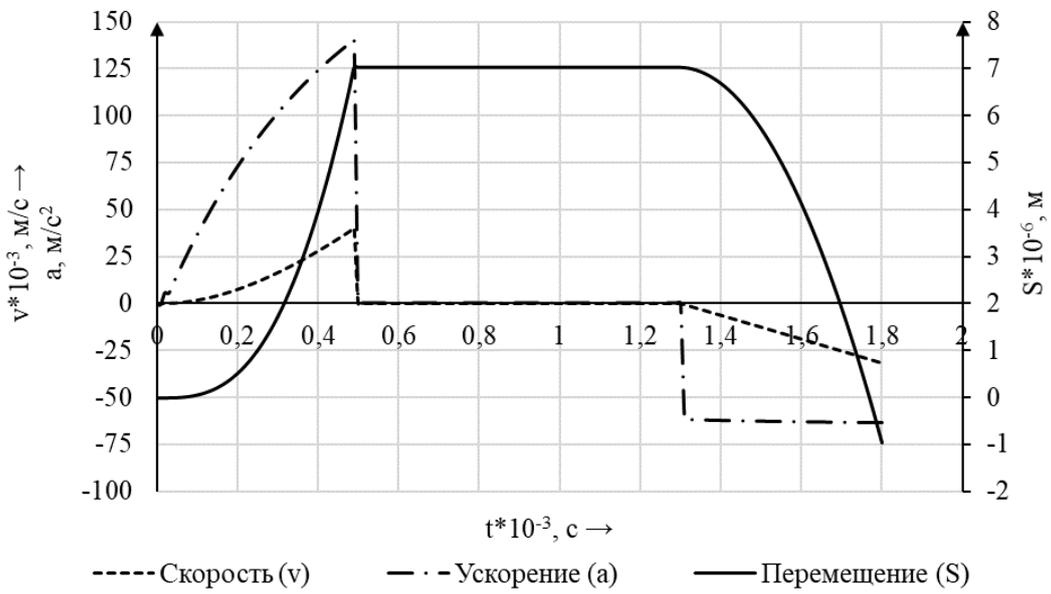


Рис. 5.

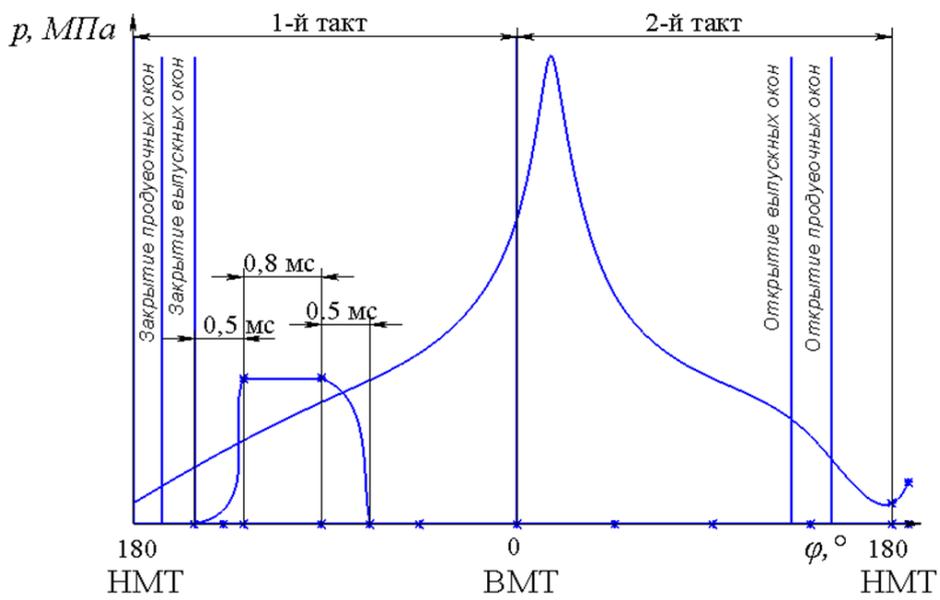


Рис. 6.

Разработанная программа позволила подобрать конструктивную схему и магнитные материалы привода форсунки; установить влияние значимых конструктивных и режимных параметров на динамику процесса перемещения клапана форсунки; разработать 3D модель форсунки и конструкторскую документацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ерохов В.И. Системы впрыска бензиновых двигателей (конструкция, расчет, диагностика). – М.: Горячая линия. Учебник для ВУЗОВ, 2011. – 567 с.
2. Козловский, В.Н. Электротехнический и программный комплекс управления двигателем внутреннего сгорания автомобиля [Текст] / В.Н. Козловский, В.В. Дебелов, М.А. Пьянов // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2015.– т.11. – № 1. – С. 73-83.

УДК 621.431

В. М. СИТДИКОВ

ven_s80@mail.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. Н. Ю. ДУДАРЕВА

Уфимский государственный авиационный технический университет

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ ТОКСИЧНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ ДВС

Аннотация. Снижение токсичности отработавших газов двигателей внутреннего сгорания является актуальной современной задачей. Для снижения токсичности обычно используются каталитические нейтрализаторы. Однако их потенциал уже практически исчерпан. В данной работе проведено обоснование возможности создания каталитического нейтрализатора непосредственно в камере сгорания двигателя посредством керамического покрытия, сформированного методом микродугового оксидирования. Обоснование проведено на основе свойств покрытия и требований к каталитическим нейтрализаторам. Представлены основные факторы, которые необходимо учитывать при создании такого нейтрализатора.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания; отработавшие газы; токсичность; покрытие; микродуговое оксидирование.

Человеческую жизнь в настоящее время уже невозможно представить без двигателей внутреннего сгорания (ДВС). С начала 19 века и по настоящее время, двигатели превратились в инновационную среду на которой основывается развитие транспорта, энергетики, боевой техники, и др. Однако экологические проблемы, связанные с токсичностью отработавших газов ДВС ежегодно усугубляются. В связи с этим проблема защиты окружающей среды становится все более актуальной. Для обеспечения экологических требований автомобильной техники наиболее часто используемыми и достаточно хорошо освоенными в научном и промышленном плане являются каталитические нейтрализаторы, которые благодаря каталитическим веществам осуществляют дополнительную очистку отработавших газов (ОГ) от токсичных продуктов неполного сгорания топлива и паров масла путем их дожигания [1]. Все чаще в последнее время рассматривается возможность разработки и применения каталитических нейтрализаторов внутри цилиндра двигателя. Это возможно путем нанесения специальных покрытий на стенки камеры сгорания (КС) [2,3].

Из всех существующих способов покрытий наиболее перспективным является метод микродугового оксидирования (МДО), позволяющий формировать на поверхностях деталей оксидированный теплоизолирующий керамический слой [4]. Такие покрытия отличаются высокой теплостойкостью, износостойкостью, микротвердостью и имеют пористую структуру. Кроме этого процесс микродугового оксидирования не приводит к изменению геометрических параметров поршня и не требует дополнительных операций по их механической обработке. Цель данной работы: проведение анализа возможности снижения токсичности отработавших газов в камере сгорания ДВС благодаря использованию МДО-покрытий.

Важным свойством катализаторов является их фазовый состав. МДО-слой состоит из высокотемпературных оксидов алюминия: $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, муллита ($\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{13}$), силлиманита [5]. Как известно оксиды алюминия, а также цеолиты достаточно часто используются в качестве катализаторов или носителей каталитических веществ [6]. Каталитические свойства переходных форм оксидов алюминия определяются рядом взаимосвязанных свойств, таких как кислотность поверхности, структура, степень гидроксирования поверхности, текстурные свойства, а именно, удельная поверхность, объем пор, распределение пор по размерам.

Еще одним немаловажным свойством катализатора является его пористость. Известно, что химические реакции гетерогенного катализа происходят на поверхности разграничения фаз. По этой причине при проектировании каталитических нейтрализаторов создают искусственную пористость. Поры приводят к формированию развитой поверхности и увеличивают скорость химических реакций. Рассматривая МДО-покрытия с точки зрения пористости, можно утверждать, что пористость у этих покрытий достаточно высока и может достигать до 30%. Этот факт также должен способствовать использованию МДО-покрытий в качестве катализаторов.

Скорость химических реакций катализа увеличивается при повышении температуры поверхности катализатора. Покрытия, формируемые методом МДО, по своему составу являются керамическими. И, как любая керамика, имеют низкий коэффициент теплопроводности: $\lambda = 1,1 - 5,0 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ [6]. Такой низкий коэффициент теплопроводности должен способствовать увеличению температуры на поверхности покрытия и повышать скорость химических реакций.

Таким образом, проведенный анализ свойств МДО-покрытий позволяет сделать вывод о том, что такие покрытия могут использоваться в качестве каталитического нейтрализатора. Причем как в качестве носителя катализатора, так и в качестве самого катализатора.

Для создания катализатора в камере сгорания ДВС важно иметь возможность сформировать МДО-покрытие на деталях камеры сгорания. Основными деталями этого узла являются поршень, гильза и головка блока цилиндров. Покрытия методом МДО можно формировать только на металлах вентильной группы, то есть на поверхности которых формируется естественный оксидный слой с односторонней проводимостью [4]. К таким металлам относятся алюминиевые, титановые и магниевые сплавы. Таким образом, для формирования каталитического нейтрализатора непосредственно в камере сгорания ДВС необходимо изготавливать детали из алюминиевых сплавов. Поршни и головка блока цилиндров у современных ДВС чаще всего изготавливаются из алюминиевых высококремнистых сплавов. Эти сплавы довольно хорошо подвергаются процессу МДО. Гильзы ДВС обычно выполняются из стали, но в последнее время их все чаще изготавливают из алюминиевых сплавов с использованием различных износостойких покрытий. Таким образом, подводя итог, можно утверждать о возможности создания каталитического нейтрализатора для ДВС непосредственно в камере сгорания путем формирования МДО-покрытий на днище поршня, на рабочей поверхности гильзы и головке двигателя, при условии, что эти детали будут изготовлены из алюминиевых сплавов.

Анализ свойств МДО-покрытий позволил также сформировать перечень факторов, которые необходимо учитывать при использовании этого покрытия в качестве катализатора. К таким факторам относятся: 1) площадь покрытия деталей камеры сгорания; 2) пористость покрытия; 3) диаметр пор; 4) толщина МДО-слоя; 5) количество активных центров на поверхности покрытия; 6) коэффициент теплопроводности.

Выводы

Проанализированы свойства покрытий, формируемых методом МДО и обоснована возможность использования этих покрытий в качестве каталитического нейтрализатора отработавших газов ДВС непосредственно в камере сгорания. Представлены факторы, которые необходимо учитывать при проектировании такого каталитического нейтрализатора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лешаков И.А., Кравченко И.Н., Ерофеев М.Н. Математическая модель расчета основных параметров каталитических нейтрализаторов // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 5. С. 76-80.
2. Ведрученко В.Р., Иванов А. Л., Борисов В. А., Литвинов П.В. Влияние материала поршня на процесс сгорания топлива в двигателе // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2016. № 5, С. 61-68.
3. Hu Z., Ladammatos N. In-Cylinder Catalysts - A Novel Approach to Reduce Hydrocarbon Emissions from Spark-Ignition Engines // SAE Technical Paper Series. 2005. Vol. 1. 952419.
4. Суминов И.В., Эпельфельд А.В., Людин В.Б. и др. Микродуговое окисление: теория, технология, оборудование. М.: ЭКОМЕТ, 2005. 368 с.
5. Dudareva N.Yu. Gallyamova R.F., Kruglov A.B. Method for determining of the coatings thermophysical properties formed by the microarc oxidation// MATEC Web of Conferences. 2019. – Vol. 298. - №00074.
6. Dudareva, N. Y. Ivashin P. V., Gallyamova R. F., Tverdokhlebov A. Ya., Krishtal M. M. Structure and Thermophysical Properties of Oxide Layer Formed by Microarc Oxidation on AK12D Al – Si Alloy // Metal Science and Heat Treatment/ - 2021. – Vol. 62. - 701-708.

УДК 629.7.026.55

Р. Р. ХАРРАСОВ

Radmir_Kharrasov@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А. О. БОРИСОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

СИНТЕЗ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ НА РЕЖИМЕ ПРОГРЕВА

Аннотация. Произведен синтез имитационной модели системы автоматического регулирования частоты вращения бензинового двигателя в процессе его прогрева на режиме холостого хода. В системе имитационного моделирования «SAMSIM» выполнен анализ качества переходных процессов системы. Произведен подбор структуры регулятора для оптимизации переходных процессов двигателя на режиме прогрева при подключении к нему нагрузки.

Ключевые слова: бензиновый двигатель, холостой ход, прогрев, частота вращения, нагрузка, регулятор, модель, переходные процессы.

Введение

Необходимость в регулировании частоты вращения вала двигателя была всегда. Корректная настройка частоты вращения вала двигателя на режиме прогрева позволяет уменьшить износ двигателя, сократить время достижения им рабочей температуры и выполнить нормы токсичности отработавших газов [1].

Целью работы является синтез имитационной модели системы автоматического регулирования частоты вращения вала двигателя с количественным регулированием мощности в процессе его прогрева на режиме холостого хода.

Синтез системы регулирования частоты вращения вала бензинового двигателя на режиме прогрева

Чтобы построить модель системы регулирования частоты вращения вала бензинового двигателя на режиме прогрева, нужно знать передаточные функции его элементов [2, 4].

Комбинированная модель содержит две подмодели: модель двигателя, как объекта регулирования по температуре охлаждающей жидкости и модель системы автоматического регулирования частоты вращения (САРЧВ) вала двигателя. При этом, величина температуры охлаждающей жидкости должна определять величину эталонного значения частоты вращения вала двигателя в про-

цессе прогрева на режиме холостого хода, которая должна автоматически снижаться по мере прогрева двигателя. В свою очередь, текущее эталонное значение частоты вращения вала двигателя должно воспроизводиться САРЧВ с определенной точностью независимо от текущей величины механических потерь и нагрузки потребителей, возможно подключаемых к двигателю в процессе его прогрева. В современных двигателях для этой функции применяется САРЧВ с обратной связью по частоте вращения.

Модель должна быть построена из элементов автоматики, находящихся в библиотеках системы имитационного моделирования «*SAMSIM*».

Указанные подмодели построены в линейном приближении в соответствии с уравнениями объекта, приведенными в [2, 4]. Подмодели объединены в общую сборку в соответствии с логикой работы реальной систему управления двигателем. Сборка (имитационная комбинированная модель) рассматриваемой системы регулирования частоты вращения вала бензинового двигателя на режиме прогрева реализована средствами пакета «*SAMSIM*» и представлена на рисунке 1.

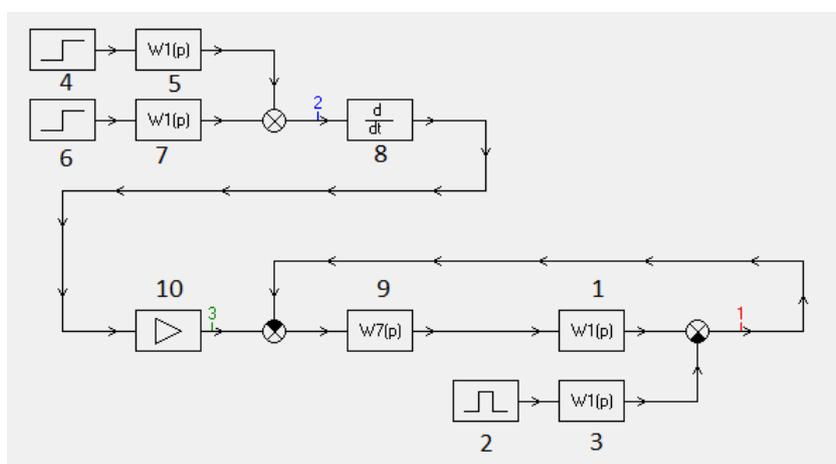


Рис. 1. Сборка комбинированной модели САРЧВ двигателя в процессе прогрева в программе «*SAMSIM*»

Верхняя часть сборки на рисунке 1 представляет собой модель двигателя как объекта регулирования по температуре охлаждающей жидкости (элементы 4,5,6,7). Для имитации сигнала датчика температуры охлаждающей жидкости (ДТОЖ) из библиотеки «*SAMSIM*» использовано дифференцирующее звено 8,

выходной сигнал которого повторяет зависимость сопротивления ДТОЖ от его температуры. Безынерционное звено 10 служит для согласования текущей величины сопротивления ДТОЖ с эталонным (текущим) значением частоты вращения вала двигателя, которое является задающим воздействием для САРЧВ.

Нижняя часть сборки представляет собой модель САРЧВ двигателя.

Здесь выходной координатой из двигателя является изменение действительного значения частоты вращения вала двигателя. Элементы первого порядка 1 и 3 составляют линеаризованную модель двигателя. Элемент 9 представляет собой пропорциональный регулятор частоты вращения (П-регулятор). Элемент 2 является генератором прямоугольных импульсов и служит для имитации ступенчатого подключения/отключения нагрузки для нарушения равновесия в системе и оценки качества регулирования частоты вращения вала.

Результаты моделирования процесса прогрева двигателя без нагрузки представлены на рисунке 2, где 1 – безразмерное изменение действительного значения частоты вращения вала двигателя; 2 – безразмерное изменение температуры охлаждающей жидкости в системе охлаждения; 3 – безразмерное изменение эталонного значения частоты вращения вала двигателя.

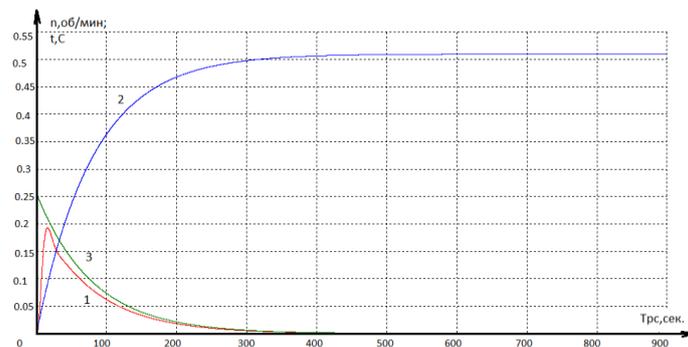


Рис. 2. Динамика прогрева двигателя без наброса нагрузки

Для оценки показателей точности САРЧВ далее используется ступенчатое подключение/отключение дополнительной нагрузки на двигатель, работающий на режиме холостого хода (имитация включения, например, кондиционера на некоторое время). На дальнейших рисунках процесс изменения дополнительной нагрузки изображен прямоугольным импульсом 4.

На рисунках 3 и 4 представлена реакция САРЧВ с П-регулятором на ступенчатое изменение нагрузки для прогретого и непрогретого двигателя.

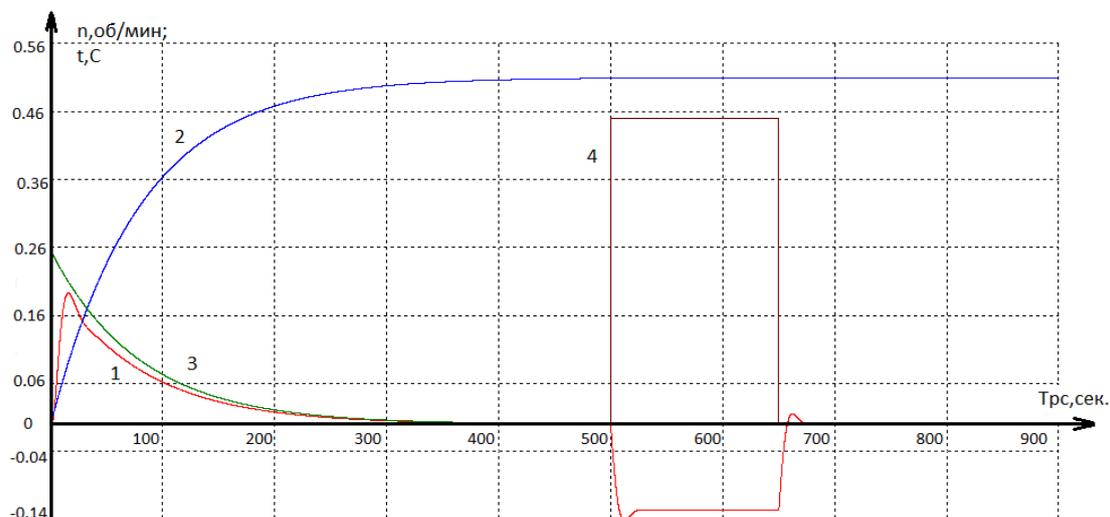


Рис. 3. Динамика модели с П-регулятором при подаче нагрузки на прогретом двигателе

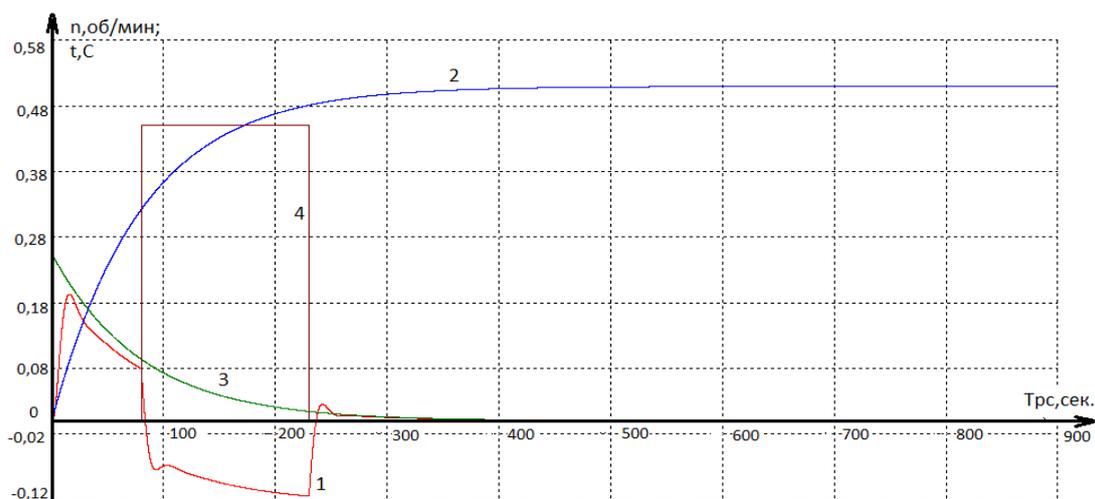


Рис. 4. Динамика модели с П-регулятором при подаче нагрузки на непрогретом двигателе

В любом случае имеется статическая ошибка по частоте вращения пока на двигатель действует дополнительная нагрузка. Это является существенным недостатком системы с П-регулятором, поскольку в действительности при подключении нагрузки и падении частоты вращения на режиме холостого хода возможна остановка непрогретого двигателя.

Попытки уменьшить величину статической ошибки за счет увеличения коэффициента передачи k П-регулятора закономерно приводит к выходу

САРЧВ на границу устойчивости и, соответственно, к потере ее работоспособности – рисунок 5.

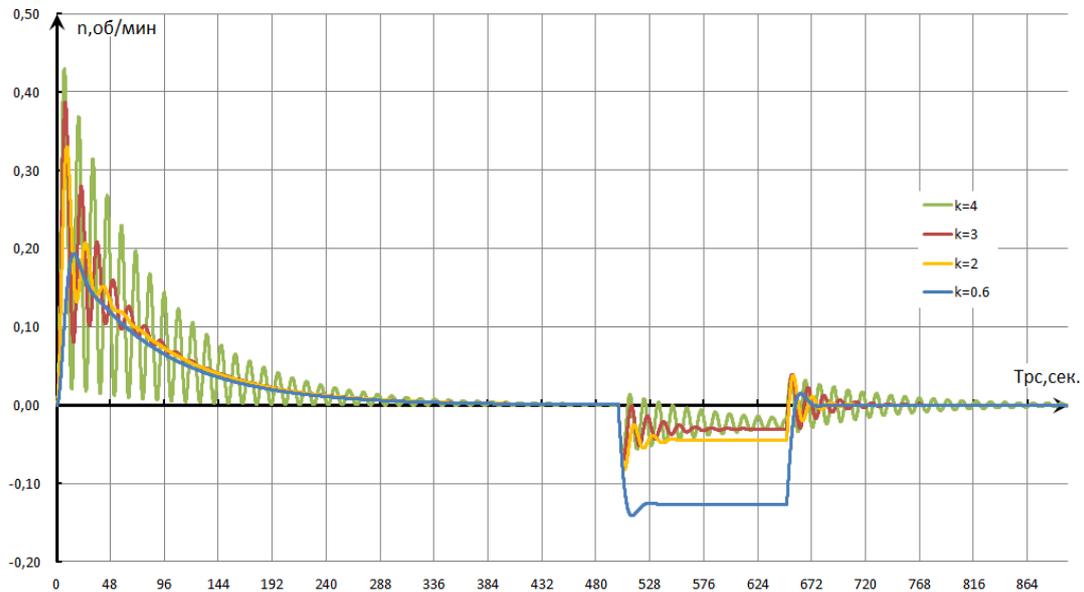


Рис. 5. Динамика модели с П-регулятором

Для устранения статической ошибки применен интегрирующий регулятор частоты вращения (И-регулятор) [3,4]. Структура модели представлена на рисунке 6.

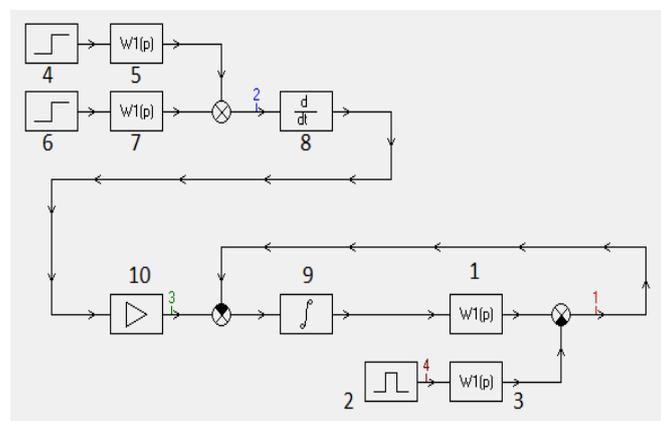


Рис. 6. Модель САРЧВ с И-регулятором

Динамика системы и показатели качества можно оценить по результатам моделирования, представленным на рисунках 7, 8. Значения коэффициентов передачи использованы такие же, как в модели с П-регулятором.

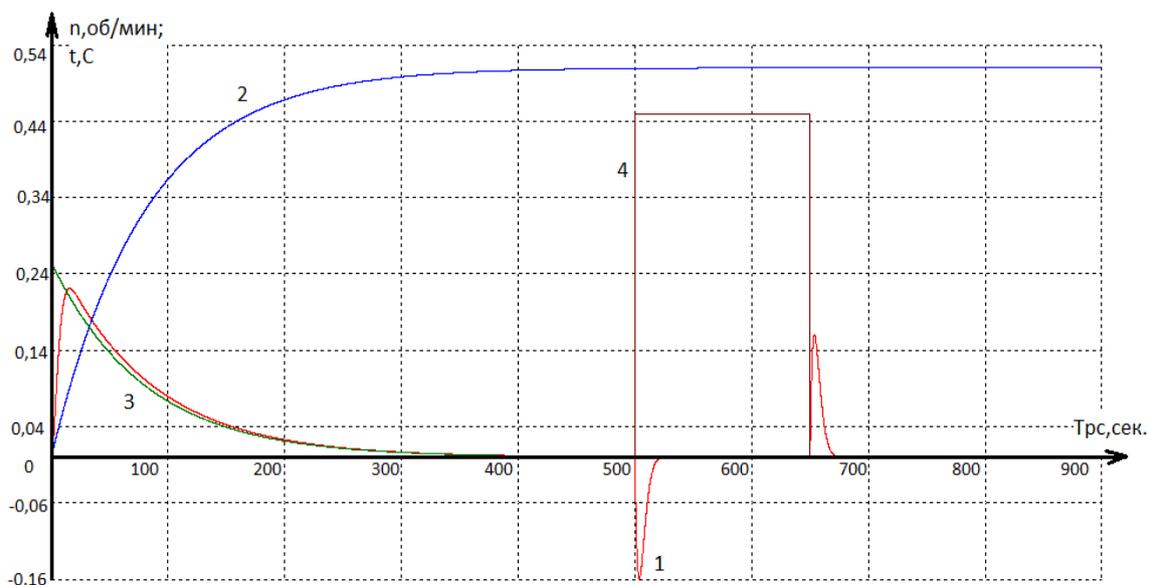


Рис. 7. Динамика модели с И-регулятором при подаче нагрузки на прогретом двигателе

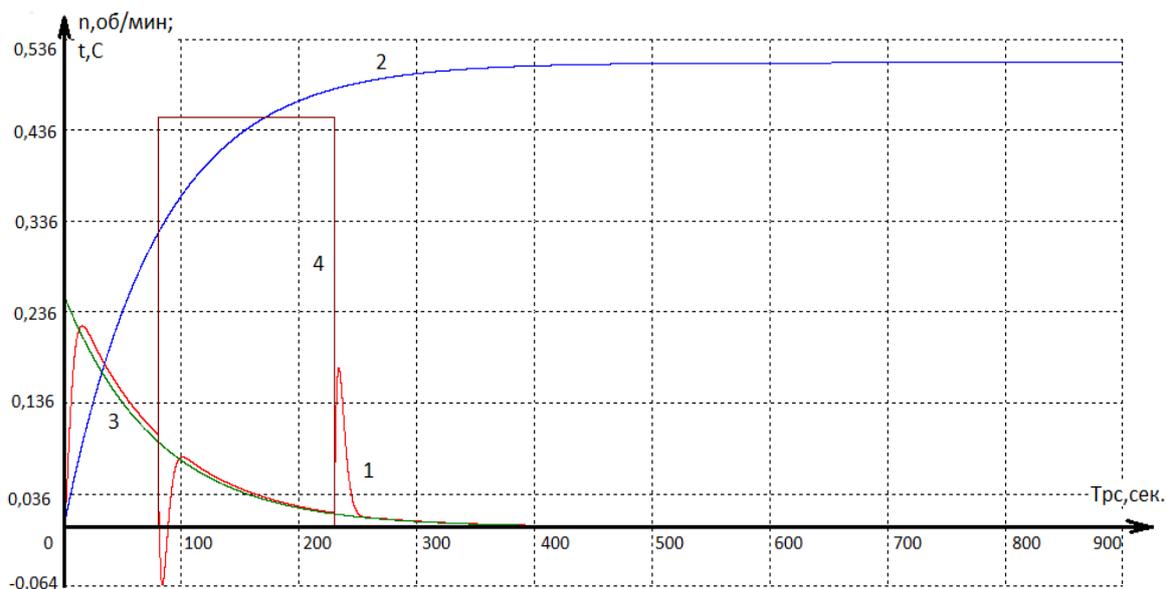


Рис. 8. Динамика модели с И-регулятором при подаче нагрузки на непрогретом двигателе

Результаты моделирования показывают, что применение И-регулятора обеспечивает нулевую величину статической ошибки без потери устойчивости системой.

Таким образом, разработанная имитационная модель системы адекватно отражает реальное поведение двигателя в процессе прогрева и может быть использована для определения динамики отработки возмущений и оптимизации

структуры и параметров регуляторов частоты вращения вала двигателя на режиме прогрева.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Двигатели внутреннего сгорания: Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей./ Учебник для студентов вузов/ под ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова.3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1980.
2. В.И. Крутов, Автоматическое регулирование и управление двигателями внутреннего сгорания: Учебник для студентов вузов обучающихся по специальности «Двигатели внутреннего сгорания». — 5-е изд., перераб. и доп. —М.: Машиностроение,1989.—416 с: ил. 3. В.А. Бесекерский, Е.П. Попов, Теория систем автоматического управления — 4-е изд., перераб. и доп. — СПб, Изд-во «Профессия»,2003. — 752 с.
4. А.О. Борисов, Автоматическое регулирование и управление ДВС: лабораторный практикум по дисциплине «Автоматическое регулирование и управление ДВС» / Уфимск. гос авиац. техн. ун-т; Сост.: А. О. Борисов. – Уфа, 2017. – 37 с.

СЕКЦИЯ 1.3
ПРИКЛАДНАЯ ГИДРОМЕХАНИКА И ТРАНСПОРТНАЯ ЛОГИСТИКА

УДК 368.2

А. А. АЙДАГУЛОВ
aidagulov11@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Д. В. ЦЕЛИЩЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

**АВТОМОБИЛЬНЫЙ РЫНОК РФ
В ПЕРИОД САНКЦИОННОЙ ВОЙНЫ**

Аннотация. В статье рассматривается вопрос о провале продаж новых авто, а также процесс импортозамещения в России.

Ключевые слова: новые автомобили, автомобильный рынок, санкции.

В марте 2022 года на фоне боевых действий на Украине возник острый дефицит автомобильных компонентов, что вызвало нарушение логистических цепочек и привело к простоям заводов в РФ. Кроме того, многие компании объявили о приостановке деятельности в России, временно прекратив поставки и выпуск машин на территории страны. В частности, речь идет о Volkswagen и Skoda, Renault, а также о BMW и Mercedes-Benz.

В марте 2022 года в России было продано 55129 новых автомобилей, это на 63% меньше, чем в марте прошлого года. Лидером по продажам новых легковых автомобилей остается АВТОВАЗ, который реализовал в марте 12289 автомобилей, на втором месте KIA – 6336, на третьем – Hyundai – 4909, на четвертом месте Renault – 4072, на пятом расположилась Toyota – 3231 [1].

В сложившихся условиях все марки без исключения подняли цены на весь свой модельный ряд. По данным «Автостат», новые автомобили в России подорожали на 35-45%.

ПРОДАЖИ НОВЫХ ЛЕГКОВЫХ И ЛЕГКИХ КОММЕРЧЕСКИХ АВТОМОБИЛЕЙ В РФ ПО МОДЕЛЯМ ЗА ПЕРИОДЫ МАРТ 2022/2021 и ЯНВАРЬ — МАРТ 2022/2021											
	Марка	Модель	Март				Марка	Модель	Январь — Март		
			2022	2021	Измен.				2022	2021	Измен.
1	Lada	Granta	3 433	12 686	-9 253	1	Kia	Rio	17 017	24 638	-7 621
2	Lada	Vesta	3 167	8 779	-5 612	2	Lada	Vesta	16 281	23 871	-7 590
3	Kia	Rio	2 918	8 102	-5 184	3	Lada	Granta	15 179	30 196	-15 017
4	Lada	Niva	2 898	6 016	-3 118	4	Hyundai	Solaris	13 802	14 940	-1 138
5	Hyundai	Solaris	1 666	5 945	-4 279	5	Hyundai	Creta	10 054	19 323	-9 269
6	VW	Polo	1 565	5 045	-3 480	6	Lada	Niva	9 307	13 194	-3 887
7	Hyundai	Creta	1 563	6 946	-5 383	7	Renault	Duster	8 526	7 360	1 166
8	Lada	Largus VP	1 555	3 530	-1 975	8	VW	Polo	7 225	12 181	-4 956
9	Skoda	Rapid PA II	1 473	4 471	-2 998	9	Toyota	RAV 4	6 981	11 248	-4 267
10	Renault	Duster	1 457	2 226	-769	10	Lada	Largus VP	6 536	8 733	-2 197
11	Nissan	Qashqai	1 270	2 017	-747	11	Skoda	Rapid PA II	5 484	9 540	-4 056
12	Toyota	RAV 4	1 216	5 058	-3 842	12	Nissan	Qashqai	4 978	5 344	-366
13	Mazda	CX-5	1 214	1 867	-653	13	Renault	Logan	4 451	7 756	-3 305
14	Nissan	X-Trail	996	1 864	-868	14	Toyota	Camry	4 363	5 028	-665
15	Renault	Logan	853	3 358	-2 505	15	Nissan	X-Trail	4 152	4 718	-566
16	Toyota	Camry	831	1 845	-1 014	16	Mazda	CX-5	4 079	5 622	-1 543
17	Kia	Sportage	812	3 432	-2 620	17	Kia	Seltos	3 901	4 278	-377
18	UAZ	Patriot	767	987	-220	18	Haval	Jolion	3 629	0	3 629
19	Hyundai	Tucson	734	167	567	19	Mitsubishi	Outlander	3 586	3 466	120
20	Renault	Sandero	719	2 481	-1 762	20	Renault	Sandero	3 315	6 557	-3 242
21	Haval	Jolion	662	0	662	21	Renault	Kaptur	3 071	4 610	-1 539
22	Kia	Seltos	597	1 561	-964	22	Kia	Sportage	3 048	7 415	-4 367
23	Renault	Kaptur	554	1 833	-1 279	23	Renault	Arkana	2 973	3 905	-932
24	Geely	TUGELLA	553	81	472	24	Lada	XRAY	2 842	5 775	-2 933
25	Skoda	Kodiaq	543	2 003	-1 460	25	VW	Tiguan	2 761	8 543	-5 782

Рис. 1. Продажи новых авто в РФ по моделям за период март 2022/2021 и январь-март 2022/2021 [4]

В июле спрос на новые автомобили начал постепенно восстанавливаться. В июле было продано 32412 машин. Однако не смотря на положительную динамику по сравнению с 2021 годом продажи в стране остаются на низком уровне. Причина таких показателей – нехватка машин у дилеров. Большинство марок приостановили ввоз автомобилей в страну, а компании Renault и General Motors (Buick, Cadillac, Chevrolet и GMC) вовсе решили покинуть российский рынок.

Эксперты прогнозируют наращивание объемов небольшими темпами, но достичь показателей прошлого года вряд ли удастся.

Новые поставщики и импортозамещение

Продажи АВТОВАЗА в июле составили 10323 автомобилей [3]. Все это благодаря упрощенным версиям LADA Granta и Niva. У машин этих моделей отсутствуют ABS и подушки безопасности, но они стоят гораздо дешевле машин обычных комплектаций. Также АВТОВАЗ обещает в ближайшее время отправить дилерам ограниченные партии LADA Largus и обновленную LADA Vesta.

Также два китайских бренда попали в топ-10 самых популярных марок в России. Haval и Geely они смогли продать 1973 и 1902 автомобиля соответственно. Данные показатели объясняются тем, что они не приостановили свою деятельность в России в отличие от других стран.

Haval продолжает собираться на заводе в Тульской области, а Geely экспортируется к нам из Белоруссии.

АВТОВАЗ объявил о начале производства автомобилей с минимальным содержанием иностранных комплектующих.

«Упрощенные требования нового технического регламента необходимы, чтобы не допустить остановку производства автомобилей на период реализации программы импортозамещения компонентов», - сообщили в компании УАЗ.

Планируется запуск производства автомобилей «Москвич» на, который выделят 5 млрд рублей.

Власти Москвы ожидают, что производство планируется стартовать уже до конца нынешнего года. Сами власти пока не раскрывают данную информацию, лишь отметили, что это будут «самые современные модели». Кроме того, добавили, что к проекту планируется привлечь иностранных партнеров, так как «с нуля создать отечественный автомобиль своими силами невозможно» [2].

Таким образом, автомобильный рынок в России будет стараться усовершенствовать свои личные модели, создавать новые и т.п. Так как многие известные бренды приостановили ввоз своих моделей на фоне санкций, а на оставшиеся подняли цены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Продажи новых автомобилей в России в марте упали. [Электрон.ресурс]. Режим доступа: <https://www.autonews.ru/news/624d5a0a9a7947380ab745b5>
2. Собянин: создать с нуля своими силами автомобиль "Москвич" невозможно, нужны международные партнеры. [Электрон.ресурс]. Режим доступа: <https://www.interfax-russia.ru/moscow/main/sobyanin-sozdat-s-nulya-svoimi-silami-avtomobil-moskvich-nevozmozhno-nuzhny-mezhdunarodnye-partnery>
3. Продажи новых легковых автомобилей и LCV в РФ в июле упали на 74,9%. [Электрон.ресурс]. Режим доступа: <https://tass.ru/ekonomika/15392833>
4. Продажи новых авто в РФ по моделям за период март 2022/2021 и январь-март 2022/2021 [Электрон.ресурс]. Режим доступа: https://s0.rbk.ru/v6_top_pics/resized/1024xH/media/img/1/80/756492382949801.jpg

А. М. АХМЕТОВА

oladyshka45@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук., доц. Д. В. ЦЕЛИЩЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЦЕПЯХ ПОСТАВОК

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы цифровизации логистической деятельности в цепях поставок. Отмечено, что наиболее многообещающими для сектора логистики являются технологии, связанные с местоположением, связью и большими данными. Проведен анализ ключевых движущих сил цифровой трансформации в цепях поставок. Сделан вывод о крупном старте цифровизации в логистической сфере.

Ключевые слова: цифровизация, логистика, цепь поставок, Интернет вещей, искусственный интеллект, блокчейн, трансформация.

Согласно недавнему опросу 65% руководителей логистики, цепочки поставок и транспорта признают необходимость обновления существующих моделей и повышения гибкости бизнес-операций, чтобы обеспечить многоканальную доставку, снизить затраты и удовлетворить постоянно меняющийся потребительский спрос.

Фактически, 72% предприятий, участвующих в планировании, выполнении и мониторинге потока продукции от точки происхождения до точки потребления, считают улучшение качества обслуживания клиентов ключевым преимуществом трансформации бизнеса.

Путь к повышению операционной эффективности и удовлетворенности клиентов лежит в цифровизации логистических рабочих процессов.

Благодаря значительному прогрессу в разработке оборудования и программного обеспечения, а также стремительно развивающейся мировой экономике, нормативным положениям и жесткой конкуренции 62% руководителей бизнеса признали, что их компании переживали цифровую трансформацию.

Поскольку цепочка поставок является источником структурированных и неструктурированных данных, вполне естественно, что Интернет вещей, искусственный интеллект и блокчейн считаются ключевыми движущими силами

цифровой трансформации в логистике, управлении цепочками поставок, складском хранении и транспортировке. Собирая информацию, генерируемую подключенным оборудованием и программным обеспечением для сферы логистики, и сопоставляя данные с моделями машинного обучения, реализованными в облаке, предприятия могут добиться большей прозрачности цепочки поставок и значительно сократить операционные расходы [2].

Интернет вещей

Интернет вещей, который в сфере транспорта часто называют «телематикой», может оказать прямое экономическое воздействие на логистику и цепь поставок в крайне крупном размере в течение следующих пяти лет.

Работая на трех уровнях - то есть подключенное оборудование, инфраструктура, которая облегчает обмен и обработку данных, и уровень программного обеспечения – Интернет вещей стирает грань между цифровым и физическим, поскольку практически любой объект, такой как средство доставки, тележка для сбора или инвентарь, потенциально могут становиться отслеживаемыми.

Оснащенные решениями Интернета вещей, транспортные, производственные и розничные компании могут отслеживать местонахождение товаров в режиме реального времени и гарантировать их прибытие в нужное время, в нужное место и в надлежащем состоянии. Кроме того, решения Интернета вещей позволяют предприятиям оценивать спрос на основе исторических данных и автоматизировать пополнение запасов [1].

Помимо отслеживания активов на основе RFID и штрих-кодов, технологии Интернета вещей в логистике включают:

– Подключенные и автономные транспортные средства доставки. В то время как бортовые GPS-трекеры, технология обнаружения сонливости водителя и датчики уровня топлива стали реальностью в современной логистике, дальнейшие достижения в области электронной техники и компьютерного зрения приведут к появлению беспилотных решений для доставки, включая беспи-

лотные летательные аппараты и беспилотные грузовики, направленные на автоматизацию услуг доставки на короткие расстояния и облегчение доставки в тот же день в отдаленные районы.

– Интеллектуальный склад. В отличие от традиционных систем управления складом (WMS), решения Интернета вещей позволяют менеджерам склада контролировать товары вплоть до уровня товара, оптимизировать обработку заказов с помощью роботов-сборщиков и повышать точность складских запасов до 95%.

– Носимые вещи. Применение носимых технологий в логистике, управлении цепочками поставок и транспортировке включает в себя устройства, надеваемые вручную, на голову и на ткани, которые ускоряют операции по комплектации на складе, контролируют самочувствие сотрудников и обеспечивают руководство промышленными работниками без помощи рук [4].

Искусственный интеллект

Благодаря большей доступности управляемых облачных сервисов, поддерживающих быструю и экономичную разработку специализированных аналитических решений на основе ИИ, а также экспоненциальному росту вычислительной мощности устройств Интернета вещей, позволяющих разработчикам программного обеспечения перемещать обработку данных ближе к границе сети, - эти задачи становятся управляемыми.

На сегодняшний день искусственный интеллект может улавливать большую часть текстовых и речевых взаимодействий. К тому же, способность распознавания алгоритмов преобразования речи в текст искусственного интеллекта уже превзошла человеческую и успешно преобразовывает огромные объемы визуальных данных в пригодный для использования системой контент.

Широкомасштабное внедрение решений искусственного интеллекта окажет следующее революционное влияние на цепочки поставок:

– Оптимизация затрат на маршрут и перевозку. Помимо опережающей доставки, обеспечиваемой с помощью интеллектуальных программ прогнози-

рования спроса, технология искусственного интеллекта может быть интегрирована в модули доставки для оптимизации маршрутов на основе данных об окружающей среде, дорожном движении и наличии транспортных средств или персонала в режиме реального времени, и, таким образом, сократить расходы на последнюю милю, расход топлива и выбросы углекислого газа.

– Интеллектуальные прогнозы. Несмотря на то, что прогнозирование спроса на основе ИИ все еще находится на начальной стадии, интеллектуальные алгоритмы, демонстрируют на 6,4% более высокую точность по сравнению с традиционными методами прогнозирования для отраслей с очень нестабильным спросом, поскольку они учитывают больше факторов. Обеспечивая постоянный поток данных по всей сети поставок и внедряя расширенные возможности в корпоративные программные решения, компании, занимающиеся логистикой и управлением цепочками поставок, могут осуществлять обмен информацией почти в реальном времени, предугадывать потребности клиентов и персонализировать процесс покупки.

– Повышенная автоматизация с помощью робототехники. От автономных мобильных роботов, которые обнаруживают, отслеживают и перемещают инвентарь на складах и в центрах выполнения заказов, до рабочих мест для совместной работы, где люди и интеллектуальные машины работают рука об руку, робототехника представляет собой уникальную возможность для предприятий, стремящихся восполнить дефицит рабочей силы и масштабировать операционную емкость [3].

Блокчейн

Применения технологии распределенного реестра в логистике в основном относятся к интеллектуальным контрактам, иначе говоря самоисполняющимся цифровым контрактам, которые позволяют компаниям, участвующим в распределении товаров, автоматизировать процесс покупки, устранить бюрократию и неэффективность коммерческих процессов, связанных с человеческими ошиб-

ками, безопасными платежными транзакциями и повысить прозрачность цепочки поставок.

Кроме того, логистическая система на основе блокчейна может хранить электронные документы о происхождении товаров, условиях транспортировки и сроке годности. Благодаря тому, что каждый товар имеет уникальный идентификатор, передовая технология дает возможность отслеживать путь продукции от производственного предприятия до конечного потребителя и, следовательно, может быть использована в борьбе с поддельными фармацевтическими товарами, которые составляют 30 % всех лекарств, продаваемых на развивающихся рынках, и обеспечивает качество холодной цепи для продуктов, чувствительных к температуре [5].

Выявление барьеров на пути цифровой трансформации в логистике

Среди барьеров необходимо выделить следующие:

– Ограниченные возможности информационных технологий. Согласно опросу «Цифровая трансформация цепочки поставок» 39% руководителей логистических компаний считают отсутствие необходимых технологических навыков и опыта - основным препятствием на пути к цифровизации бизнеса. Следует отметить, что для ускорения внедрения рабочего цифрового процесса 61% компаний будут полагаться на внешних партнеров, то есть на поставщиков услуг аутсорсинга, технологий и цифровой трансформации.

– Сопротивление переменам. Около 25% логистических и транспортных компаний не имеют цифровой стратегии, а 48% компаний, занимающихся распространением продукции, полагаются на традиционные технологии и устаревшее программное обеспечение для связи с партнерами и управления рабочими процессами. Только пятая часть руководителей логистики признает, что имеет доступ к данным из расширенной цепочки поставок и использует их для принятия обоснованных решений. Отсутствие сотрудничества между командами по развитию технологий и бизнеса только усугубляет проблему.

– Технологические ограничения. Основные технологические препятствия для внедрения инноваций включают неспособность обеспечить связь по всей

цепочке поставок, недостатки ИИ, то есть незрелые технологии предотвращения столкновений, препятствующие массовому внедрению беспилотных летательных аппаратов, а также проблемы безопасности Интернета вещей, которые возникают из-за неправильного проектирования аппаратных и программных систем [3].

В режиме реального времени скорость, время и принятие решений на основе данных являются ключевыми для обеспечения успеха компании и удовлетворения ожиданий клиентов, выходящих за рамки своевременной доставки. Технологии, которые являются многообещающими для сектора логистики, в основном связаны с местоположением, связью, большими данными, когнитивными вычислениями и безопасностью.

Учитывая тот факт, что 74 % руководителей логистики в настоящее время определяют свои компании в середину шкалы цифрового продвижения (таким образом, большинство проектов цифровой трансформации в логистике все еще находятся на стадии подтверждения концепции), можно с уверенностью сказать, что был сделан крупный старт цифровизации — и требуется только технологический лидер и гибкость команды, чтобы направить бизнес к успешному завершению [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курбанов А.Х., Курбанов Т.Х., Лучкин С.В. Цифровые логистические технологии: возможные перспективы и риски внедрения в цепи поставок // Логистика. 2018. – № 10.
2. «Основные этапы цифровизации логистической деятельности» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-etapy-tsifrovizatsii-logisticheskoy-deyatelnosti-predpriyatiya/viewer> (Дата обращения 22.10.2021).
3. «Digital Transformation Technologies and Predictions!» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://supplychaingamechanger.com/the-digital-transformation-in-logistics-technologies-barriers-and-predictions/> (Дата обращения 29.10.2021).
4. «Цифровизация цепей поставок в ведомственных логистических системах: проблемы и пути решения» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-tsepey-postavok-v-vedomstvennyh-logisticheskikh-sistemah-problemy-i-puti-resheniya/viewer> (Дата обращения 02.11.2021).
5. Николаевский Н.Н., Григорьев М.Н. Влияние цифровизации на процессы организации и функционирования логистических систем // Логистика и управление цепями поставок. – 2018. – №5 (89).

УДК 656.08

Д. В. БАЙМЕТОВ
sistkr74@gmail.com

Науч. руковод. – ст. преп. А. А. СОЛОВЬЕВА

Уфимский государственный авиационный технический университет

ОРГАНИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ОТРАСЛИ ДОБЫЧИ НЕФТИ И ГАЗА

Аннотация. В работе рассмотрены особенности исполнения принципов организации производства, специфика использования типов и форм организации производства в транспортном обслуживании предприятий нефтегазодобычи.

Ключевые слова: организация производства, транспортное обслуживание, технологический транспорт, принципы, типы, формы организации производства.

Эффективность деятельности нефтедобывающих и газодобывающих предприятий в большей мере зависит от объема и быстроты их обеспечения материальными ресурсами, оборудованием, персоналом, спецтехникой. Этому способствует правильно организованное и эффективно устроенное транспортное обслуживание.

Правильное распределение рабочих процессов позволяет изменить транспортное обслуживание так, чтобы уменьшить простои и неэффективное использование транспортных средств, сократить незанятость трудовых ресурсов. Это позволяет снизить затратно-емкость и капиталоемкость транспортного обслуживания, также обеспечивает безостановочную деятельность по добыче.

Трудности с эффективно организованным обслуживанием транспортом особенно ощущаются в сфере добычи нефти и газа из-за специфических особенностей данной отрасли. Так транспортные, технологические машины и оборудование составляют до 60 процентов общего состава подвижного состава предприятий нефтегазовой отрасли и при этом прямо участвуют в производственном процессе нефтегазодобычи [1].

Технологический транспорт отличается от автомобильного тем, что относится к технике промышленного назначения. Основные задачи технологического транспорта заключаются в следующем: транспортировка навесного оборудования к местам выполняемых работ и участие в самих нефтегазодобывающих процессах [6].

Таким образом, функции технологического транспорта и спецтехники отличаются от назначения автотранспорта общего пользования, так как они прямо заняты в производственном процессе добычи нефти и газа на месторождениях.

В связи с этим можно выделить особенность в транспортном обслуживании нефтегазовой отрасли. Она заключается в том, что определенный вид работ должна выполнять техника определенного вида, которую нельзя заменить техникой из других сфер производства.

В большинстве случаев технологические процессы нефтегазодобычи, капитального ремонта скважин и другие носят непрерывный характер [1]. Поэтому на предприятиях, обслуживающих нефтегазовую отрасль, должна быть четко отлажена система обеспечения необходимым транспортом в нужном количестве и бесперебойным потоком. На таких предприятиях подвижной состав необходимо поддерживать в готовности к работе и исправном техническом состоянии.

На рисунке 1 представлены задачи системы транспортного обслуживания, они носят разнообразный характер. При этом основная из них заключается в предоставлении транспортных услуг своевременно и в полном объеме. Транспортные предприятия, выполняющие обслуживание нефтегазовой сферы, предоставляют большой список комплексных услуг разных видов.



Рис. 1. Основные задачи транспортного обслуживания нефтегазовых предприятий

Для технологического обслуживания используется подвижной состав на колесном и гусеничном шасси со специализированным навесным оборудованием. К такому подвижному составу можно отнести следующую технику: установки для исследования скважин; установки для текущего и капитального ремонта скважин; установки для монтажа и наладки средств телемеханики и автоматизации, смазки станков-качалок; пескосмесительные агрегаты; промывочные, цементировочные агрегаты; лаборатории различного назначения; компрессорные установки; агрегаты для депарафинизации скважин горячей нефтью и другие [6].

При обустройстве нефтегазовых месторождений также требуется участие дорожной и строительной техники на гусеничном и колесном шасси. Эта техника используется при установке и строительстве скважин, дорог, необходимых для подъезда к месторождениям, обустройстве прилегающей территории, строительства и административных построек.

На местах добычи необходимо производить уборочные работы. Для этого необходим следующий подвижной состав: мусоровозы, илососные машины, снегоуборочные машины, снегопогрузчики, пескорозбрасыватели.

К деятельности нефтегазовой отрасли также относится перевозка добытого сырья, техники, не предназначенной для дорог общего пользования, строительных материалов. Эту деятельность осуществляет грузовой транспорт: бортовые автомобили, самосвалы, цементовозы, автоцистерны, седельные тягачи и другие виды техники для перевозки негабаритных грузов.

Для транспортировки ремонтных бригад, а также выполнения геолого-технических работ необходимы услуги тракторного транспорта. В данном случае к нему можно отнести тракторные тягачи, большие артиллерийские тягачи (БАТ), тяжелые тягачи на гусеничном ходу [6].

Погрузочно-разгрузочные работы и некоторые виды монтажных требуют наличие такой техники, как автокран, кран на тракторном шасси, автопогрузчики, трубоукладчики.

Для перевозки персонала вахтовым методом на предприятиях используются автобусы, микроавтобусы, грузовая техника, переоборудованная под транспортировку людей.

На рисунке 2 мы можем увидеть отличительные особенности принципов транспортного обслуживания в сфере добычи нефти и газа.



Рис. 2. Особенности реализации принципов организации производства в транспортном процессе

Принцип пропорциональности в организации транспортного обслуживания предполагает соответствие пропускной способности всех звеньев транспортного предприятия – цехов, участков, различных рабочих мест по выпуску транспорта в наряд [4].

Основные, вспомогательные и обслуживающие транспортные процессы подразумевают наличие смежных операций. Здесь используется принцип параллельности, то есть одновременности выполнения всех перечисленных работ.

Основной принцип обслуживания в нефтегазовой сфере – это ритмичность. Благодаря соблюдению этого принципа, можно добиться безостановочного и бесперебойного движения материальных потоков на предприятии. Для достижения ритмичности необходимо четко выполнять график транспортного обслуживания, составляемый с применением принципов прямоточности и автоматизации [5].

То, как организовано обслуживание транспортном во многом зависит от типа производства. Например, мелкосерийное и единичное производство не подразумевает постоянных перевозок, поэтому маршруты и заявки имеют разовый характер. Данный вид производства характерен для узкоспециализированных транспортных организаций, оказывающих специализированные услуги в единственном числе [3].

В свою очередь, в серийном производстве перевозки грузов и пассажиров могут происходить и по постоянным и по разовым маршрутам и заявкам. В этом случае технологический транспорт осуществляет работу как и по постоянному устойчивому графику, так и в разовом виде. Такой вид деятельности характерен для средних автотранспортных компаний с небольшим объемом транспортного обслуживания нефтегазовой отрасли.

Самые постоянные грузовые и пассажирские потоки характерны для крупносерийного и массового производственного процесса. Работа в таком случае организуется по постоянным маршрутам и заявкам [3]. Этот вид обслуживания используется в крупных автотранспортных предприятиях, которые обслуживают большое число месторождений.

Организация транспортного обслуживания напрямую зависит от специализации, концентрации и степени кооперирования на предприятии. Эти формы производства обусловлены между собой и взаимосвязаны.

Концентрация производства – это процесс концентрирования транспортного обслуживания, который можно охарактеризовать полнотой оказания транспортных услуг, численностью водителей и операторов техники, количеством подвижного состава. По величине концентрации разделяют крупные, средние, мелкие организации [2].

Специализация – деятельность по узким направлениям. Рассматриваются отдельные технологические процессы и операции. Специализация производства в транспортном обслуживании реализована в двух основных формах: предметной и технологической [4].

Кооперирование – это форма организации производства, при которой осуществляется установление и использование сравнительно устойчивых и долговременных производственных и управленческих связей между предприятиями [7]. В случае с предприятиями транспортного обслуживания нефтегазовой отрасли, это подразумевает совместную работу с другими узкоспециализированными предприятиями и с самими организациями добычи нефти и газа.

Таким образом, транспортные предприятия, выполняющие обслуживание нефтегазовой отрасли, в целом следуют общепринятым принципам, используют стандартные типы и формы организации производства [8], но из-за специфики своей деятельности обладает характерными особенностями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бренц, А. Д. Организация, планирование и управление предприятиями нефтяной и газовой промышленности [Текст]: учебное пособие / А. Д. Бренц, В. Е. Тищенко. — М.: Издательство «Недра», 2011. — 52 с.
2. Бухалков, М. И. Производственный менеджмент. Организация производства [Текст]: учебник для студентов высших учебных заведений / М. И. Бухалков. — М.: Издательство «ИНФРА-М», 2015. — 385 с.
3. Матанцева, О. Ю. Основы экономики автомобильного транспорта [Текст]: учебное пособие для студентов / О. Ю. Матанцева. — М.: Издательство «Юстицинформ», 2015. — 189 с.
4. Минько, Р. Н. Организация производства на транспорте [Текст]: учебно-методическое пособие для студентов высших учебных заведений / Р. Н. Минько. — М.: Издательство «Инфра-М», 2015. — 335 с.
5. Организация производства в транспортной системе России [Текст]: учебно-методическое пособие / под ред. Н. Б. Поповой. Новосибирск: Издательство «СГУПС», 2015. — 263 с.
6. Павловская, А. В. Организация производства на буровых и нефтегазодобывающих предприятиях [Текст]: учебное пособие / А. В. Павловская. — Ухта: Издательство «УГТУ», 2014. — 191 с.
7. Туровец, О. Г. Организация производства на предприятии [Текст]: Учебное пособие / О. Г. Туровец, В. Н. Родионова. — М.: Издательство «ИНФРА-М», 2011. — 207 с.
8. Найманова, А. С. Особенности организации транспортного обслуживания нефтегазодобывающих предприятий / А. С. Найманова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2020. — № 1 (291). — С. 101-104. — URL: <https://moluch.ru/archive/291/65968/> (дата обращения: 13.09.2022)

УДК 368.2

А. А. БАЙМУРЗИНА

anyuta.baymurzina@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Д. В. ЦЕЛИЩЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ВЛИЯНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКИХ САНКЦИЙ НА ПРОИЗВОДСТВО В СФЕРЕ ПАРФЮМЕРНО-КОСМЕТИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

Аннотация. В статье рассматривается проблема, с которой столкнулись крупные парфюмерно-косметические компании России из-за антироссийских санкций со стороны западных стран.

Ключевые слова: импорт, сырье, санкции, логистика, косметика, парфюмерия.

В связи событиями на Украине в 2022 году российские производители столкнулись с рядом проблем, которые связаны с поставкой сырья для производства косметики. По некоторым данным ассортимент косметики, парфюмерии и различных бытовых предметов в магазинах с начала марта сократился на 25%. Российские бренды готовы встать на замену иностранным маркам, но при этом они зависят от импортного сырья: без него, к примеру, не сделать тушь для ресниц или помаду для губ [2].

На поставки из-за рубежа повлияло поднятие цен логистики в три раза, если раньше логистика позволяла привозить сырье напрямую из Европы, то теперь трафик поменялся, и производители вынуждены переправлять товар «окольными» путями. Это сказывается на сроках поставки, но эта проблема решаема, т.к. уже многие производители открывают свои филиалы в других республиках и ищут замену.

Логистика – важная часть себестоимости любого товара, поэтому поднятие цен на любой вид доставки влияет и на подорожание готовой продукции. И из-за введенных западными странами санкций этот важный компонент – логистика, находится в шатком положении, и особенно это заметно проявляется в повышении цен товаров, в том числе и на косметику, парфюмерию [1].

Российский парфюмерно-косметический рынок входит в ТОП-10 крупнейших в мире по обороту. На часть импортной продукции приходилось около

60% рынка. Зависимость российских крупных косметических компаний от западного сырья оценивалась более 50% компонентов, конечно, отечественное производство поставляло некоторые базовые компоненты, но эта была малая часть, которая нужна для производства косметики [1].

Но уже сейчас компании, связанные с производством декоративной косметики, смогли преодолеть некоторые преграды на пути производства своей продукции. Многие наши бренды перешли на отечественную косметику, которые используют российское сырье. Некоторые отмечают, что используют только натуральные компоненты, переходят на другие технологии и заказывают упаковки для своей продукции на территории РФ.

Процесс перехода на отечественный рынок не быстрый, было потрачено время на анализ нового сырья. «Тушь как раз пример того, что нам пришлось запуск перенести на один месяц позже из-за того, что пришлось срочно заменить основной компонент — полимеры — на другой. Соответственно, мы потеряли время на тестировании, мы убедились, что в качестве мы не потеряли, заменив ингредиент», - пишет основатель бренда Beautydrugs Татьяна Кирилловская [2].

Компании так же ищут альтернативу западному сырью и в восточной части Азии. Некоторые поменяли привычные им для производства компоненты на новые, которые производятся в Китае, и там же можно заказывать упаковки для парфюмерии. Кроме того, для производства некоторых косметических товаров, например, для туши, пудры или помады, необходимо большое количество компонентов, технологии производства которых в России пока отсутствуют, но есть у восточных соседей России.

Потребители косметических компаний скептически относятся к смене производителя компонентов продукции. Женская часть населения была очень огорчена тем фактом, что с отечественного рынка пропали товары известных марок Maybeline New York, Lancôme, Vichy и др. Но представители российских компаний уверяют, что «всему нужно свое время» как они привыкли работать

с другими составляющими, так и пользователи косметики тоже со временем привыкнут к отечественным маркам на полках магазинов.

Проблемы с логистикой серьезно усложнили поставки готовой косметики и сырья для ее изготовления, известно, что в производстве косметики используется более 5000 различных компонентов, некоторые из которых невозможно полностью заместить аналогами из России. Но отечественные компании прилагают все усилия, чтобы поднять уровень и качество производства косметики с помощью российского сырья и технологий [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глава ТПП России рассказал о влиянии санкций на состояние торговли [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://iz.ru/1350709/2022-06-16/glava-tpp-rossii-rasskazal-o-vliianii-sanktcii-na-sostoianie-torgovli>
2. Российские производители и продавцы столкнулись с трудностями замещения импортной помады и туши [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://www.bfm.ru/news/502491>
3. Российские производители и продавцы столкнулись с трудностями замещения импортной помады и туши [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://www.vedomosti.ru/business/news/2022/06/17/927094-rossiiskie-proizvoditeli-stolknulis-s-trudnastyami-pomadi>

УДК 656.01

Е. Г. БАШКИРСКАЯ

elizavetka0018@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Д. В. ЦЕЛИЩЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ПРИМЕНЕНИЕ ЛОГИСТИКИ В СИСТЕМЕ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

Аннотация. В статье рассматриваются особенности применения логистики в сфере развития общественного транспорта.

Ключевые слова: пассажирская перевозка, страхование груза, страховой тариф, страховая ситуация, стоимость страхования, логистика, компенсация.

Такое понятие, как «логистика», на первый взгляд, не является чем-то обывательским. Кажется, будто столкнуться с ним возможно только в случае приобретения навыков узконаправленного специалиста в данной области. Однако, как и любая сфера деятельности в той или иной степени, оно стало неотъемлемой частью нашей повседневной рутины в том или ином виде. В этот внушительный список, в том числе, входит такой привычный нам общественный транспорт.

Он представляет систему регулярных пассажирских перевозок в городе и за его пределами, развивающуюся согласно экономическим и социальным концепциям, согласованную с проектами и планами расширения города и предназначенную для удовлетворения спроса населения в соответствующих перевозках [1].

Логистическая система непосредственно связана с общественным транспортом и в свою очередь представляет собой «структурированную экономическую систему, состоящую из всей совокупности предприятий и фирм, организующих потоки услуг и управляющих ими в процессе осуществления пассажирских перевозок, а также сопутствующими им потоками информации и финансов, осуществляющих обслуживание данного рынка» [2].

Логистический подход к управлению пассажирскими потоками предполагает объединение определенных участков транспортного процесса в единую

систему, способную обеспечить качественные услуги по перевозке населения при минимальных затратах [3].

Его применение обусловлено следующими группами задач:

- диспозиционные
- транспортные
- станционные
- информационные
- прочие специальные [4].

Как логистическая система, общественный транспорт также имеет некоторые свойства:

1. Целостность и членимость.
2. Взаимосвязанность элементов.
3. Организованность совокупности элементов.
4. Интегративные качества.
5. Сложность.
6. Иерархичность.
7. Целостность.
8. Структурированность [5].

Вместе с использованием логистики вероятно увеличение технической оснащенности пассажирского транспорта, а также частоты движения, снижение наибольшей наполняемости подвижного состава в «час-пик», применение передовых компьютерных систем, а также исследование информационных потоков, что должно привести к совершенствованию организации перевозок пассажиров.

В ходе исследования рынка городских пассажирских перевозок было установлено, что вместе с использованием логистического подхода проблемы муниципального пассажирского транспорта будут сведены к достижению таких целей, как максимизирование доходов каждой отдельной автотранспортной компании при лучшем удовлетворении спроса пассажиров, результативное ав-

тотранспортных средств компаний за счет рационального распределения их на маршруте, поведение компаний на рынке с учетом его регулярно меняющейся конъюнктуры [6].

С целью увеличения качества обслуживания пассажиров, обеспечения более эффективного использования подвижного состава, предприятия муниципального пассажирского транспорта обязаны регулярно обследовать и изучать пассажиропотоки согласно дням недели и месяцам года, как на отдельных маршрутах, так и на всей маршрутной сети. В зависимости от принятого масштаба обследование пассажиропотоков может проводиться сплошное и выборочное. Сплошное исследование осуществляется одновременно на всех маршрутах одного либо нескольких видов пассажирского транспорта, выборочное - на отдельных маршрутах или рейсов маршрутов [7].

Подводя итоги, мы можем утверждать, что в настоящее время понятия «общественный транспорт» и «логистика» неразрывно связаны. Использование логистических методов позволяет ориентироваться на повышение уровня качества транспортных услуг, обеспечивать гарантированность и беспересадочность поездки, а также повышать эффективность управления информационными потоками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мальчикова, А. Г. Организация логистических потоков в системе городских пассажирских перевозок / А. Г. Мальчикова. — СПб, 2000.
2. Логистическая система городского пассажирского транспорта [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://vuzlit.com/1289005/logisticheskaya_sistema_gorodskogo_passazhirskogo_transporta
3. Особенности логистики общественного пассажирского транспорта [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://helpiks.org/9-49848.html>
4. Логистика городского общественного транспорта [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://www.referat911.ru/Logistika/logistika-gorodskogo-obshhestvennogo-transporta/103401-1917522-place1.html>
5. Свойства логистической системы [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://lektsii.org/13-20710.html>
6. Исследование и оптимизация городских автобусных перевозок на примере пассажирского автотранспортного предприятия ап-3 г. Екатеринбурга [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/60143/1/m_th_i.a.pazyldinov_2018.pdf
7. Изучение пассажирских потоков [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://studopedia.info/10-23848.html>

УДК 629.3.016.8

С. Ю. БОРИСОВ

serega23bor@mail.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. В. А. ЦЕЛИЩЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ: ВЛИЯНИЕ САНКЦИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Аннотация. Рассматриваются проблемные вопросы импортозамещения в лесном секторе России, а также возможные способы адаптации к современным реалиям лесозаготовителей и производителей изделий из древесины. Проведен анализ факторов, усложняющих процесс импортозамещения, в числе которых: использование техники и оборудования иностранного производства, рост себестоимости готовой продукции, снижение доступности иностранных кредитных средств, сокращение запасов экономически привлекательной древесины на доступных лесных участках, а также отсутствие специалистов по производству и обслуживанию производственного оборудования. Рассмотрены возможные пути дальнейшего развития лесного сектора.

Ключевые слова: ключевое слово; лесной сектор России, импортозамещение, лесопользование, лесозаготовка, переработка древесины.

Работа российского лесопромышленного комплекса в значительной степени зависит от поставок высокотехнологичного оборудования для валки, обрезки, транспортировки и переработки вырубленной древесины. В отдельных сегментах этого рынка зависимость от импорта достигает 100%. В условиях приостановки отгрузок и полного ухода ведущих иностранных производителей из России первоочередной задачей видится скорейшее налаживание собственного производства. Непреодолимых препятствий для этого нет, потому что делать спецтехнику на базе автомобилей-вездеходов в России и Белоруссии умеют. Необходимо лишь профессионально проанализировать этот рынок в новых условиях и выяснить у потребителей, какая техника им нужна взамен импортной [1].

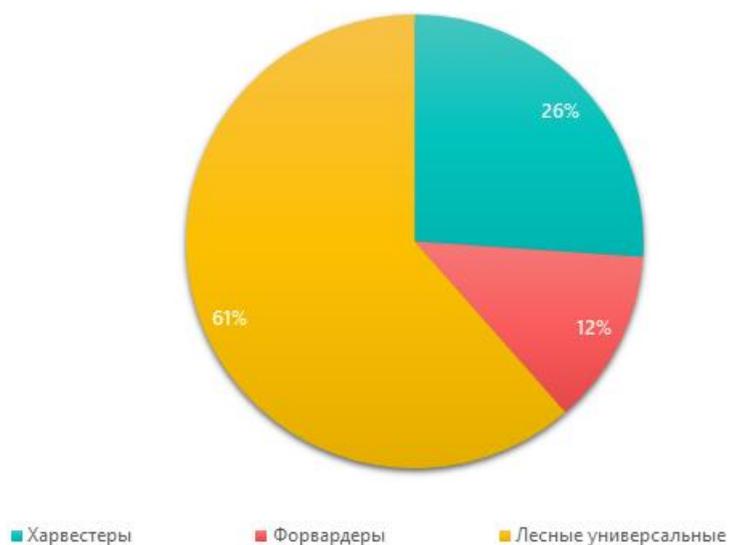


Рис. 1. Структура рынка по видам лесозаготовительной техники в количественном выражении

В денежном выражении $\frac{3}{4}$ объема потребления приходится на сегмент харвестеров в силу их более высокой стоимости по сравнению с другими видами лесозаготовительной техники.

Несмотря на наметившуюся в 2019–2020 гг. тенденцию к увеличению доли российского производства, рынок остается импортозависимым. Единственный отечественный производитель — ООО «Амкодор-Онего» наращивает объемы выпуска (в 2021 г., по предварительным оценкам, изготовлено в 5 раз больше техники, чем в 2019-м), но пока занимает не более 20% рынка, даже с учетом снижения его объема почти в 2 раза за последние 3 года.

По данным Федеральной таможенной службы РФ, основные объемы иностранной спецтехники для валки и заготовления древесины в 2020–2021 гг. поставляли следующие производители [1]:

- харвестеры – Ponsse Oyj, John Deere Forestry Oy, Komatsu Forest AB и Rottne Industri AB;

- универсальные лесные машины – FAE Group SPA, Maquinaria Agricola Cancela S. L. U., Serrat Trituradoras и Seppi M SPA-A.;

- форвардеры – John Deere Forestry Oy, Iwafuji, Oikawa и Yanmar.

В данной статье будут рассматриваться преимущественно харвестеры.

В свете введенных против России в феврале — марте 2022 г. санкций, в сегменте харвестеров сложилась довольно сложная ситуация. Здесь сразу 3 ведущих поставщика объявили о приостановке своей деятельности. Компании Ponsse, John Deere и Komatsu теперь не поставляют не только лесозаготовительную технику, но и запчасти к ней, соответственно, полностью прекращается сервисное обслуживание работающего в России оборудования.

По оценкам аналитиков, доля указанных компаний в общем объеме поставляемых в Россию харвестеров составляет 75%. Российский производитель выпускает лесозаготовительные комбайны на базе колесных шасси из Белоруссии, однако, по данным официального сайта ООО «Амкодор-Онего», в них используются импортные комплектующие (передний и задний мосты, навесное оборудование – манипулятор и харвестерная головка и т. д.) [1].

Учитывая то, что РФ не только является крупнейшим экспортером пиломатериалов в мире, но и активно увеличивает объемы переработки леса внутри страны (только в последние несколько лет запущены крупные проекты по строительству новых ЦБК, заводов по производству твердого топлива и т. д.), проблемы лесозаготовителей могут отразиться на многих смежных производствах, включая строительство, мебельные фабрики, изготовление всех видов бумаги и упаковки из нее и т. д.

В связи с этим в качестве временной меры некоторые эксперты предлагают попытаться организовать импорт лесозаготовительной техники через третьи страны, в том числе через ЕАЭС. Но сделать это будет довольно сложно, потому что харвестеры, форвардеры и другая спецтехника — это штучный товар, отследить конечную точку их поставки западные производители смогут довольно легко.

Следовательно, в сложившихся условиях остается только одно: максимально быстро организовывать производство аналогов импортной техники в России. Правительство РФ уже объявило о том, что вопрос государственной поддержки этого направления прорабатывается, а проведенный нашим

агентством анализ рынка показал, что условия для импортозамещения в отрасли есть. Чтобы воспользоваться благоприятным моментом, нужно четко понимать, что сейчас нужно рынку в тех сегментах, откуда ушли иностранные производители.

В данной статье предлагается вариант импортозамещения зарубежного харвестера на базе экскаватора гидрооборудованием отечественного производства.

В качестве прототипа для разработки гидравлической системы была выбрана гидросистема гусеничного харвестера CAT 320 PONSSE H7.

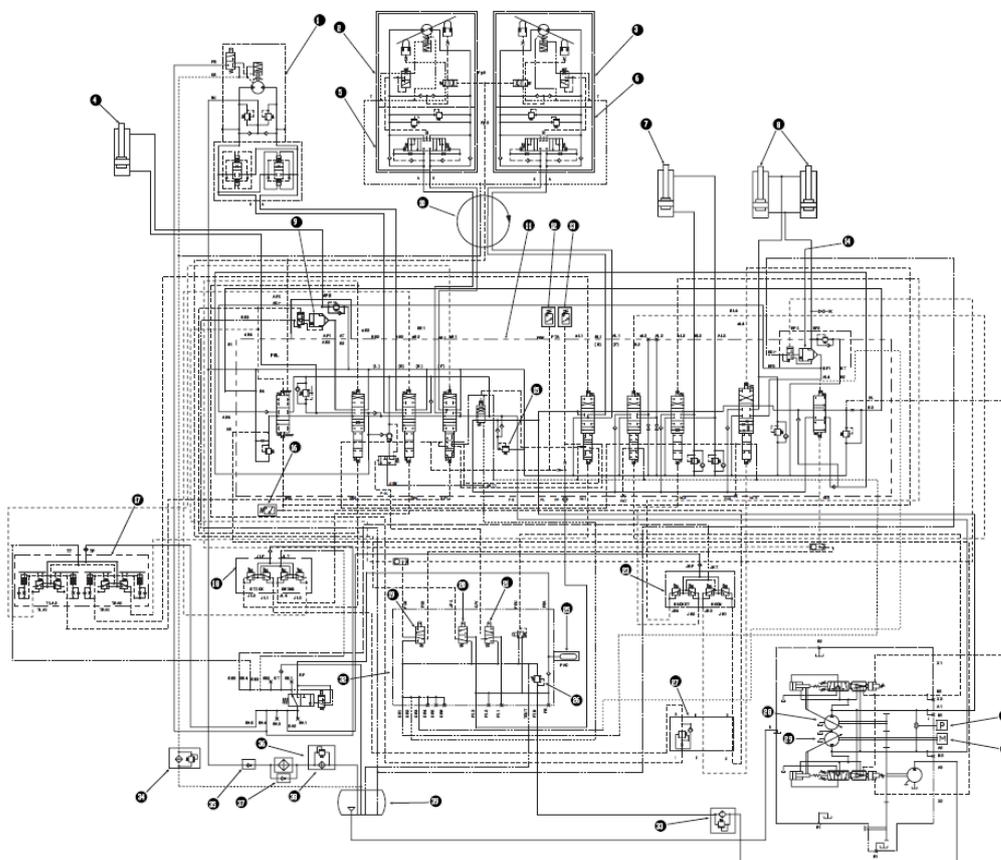


Рис. 2. Принципиальная гидравлическая схема гусеничного харвестера CAT 320 [2]

Принципиальная гидравлическая схема экскаватора включает гидробак закрытого типа, два регулируемых насоса, один нерегулируемый насос. Первый регулируемый насос обеспечивает работу контура хода харвестера и поворот платформы. Второй регулируемый насос обеспечивает работу рукояти,

стрелы и харвестерной головки. Управление гидроцилиндрами и гидромоторами осуществляется гидрораспределителями с электронным управлением.

Зная нагрузки и усилия, предъявляемые к данной спецтехнике, было подобрано гидрооборудование (гидромоторы, гидроцилиндры, насосы и т.п.) от таких отечественных производителей как ОАО «Пневостроймашина» и «Елецгидроагрегат»:

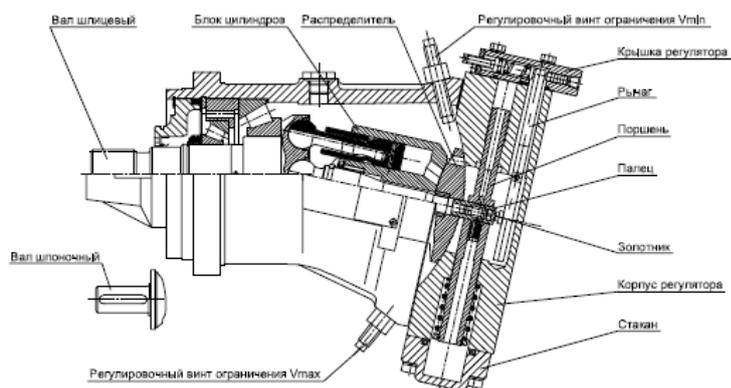


Рис. 3. Конструкция нерегулируемого гидромотора [3]

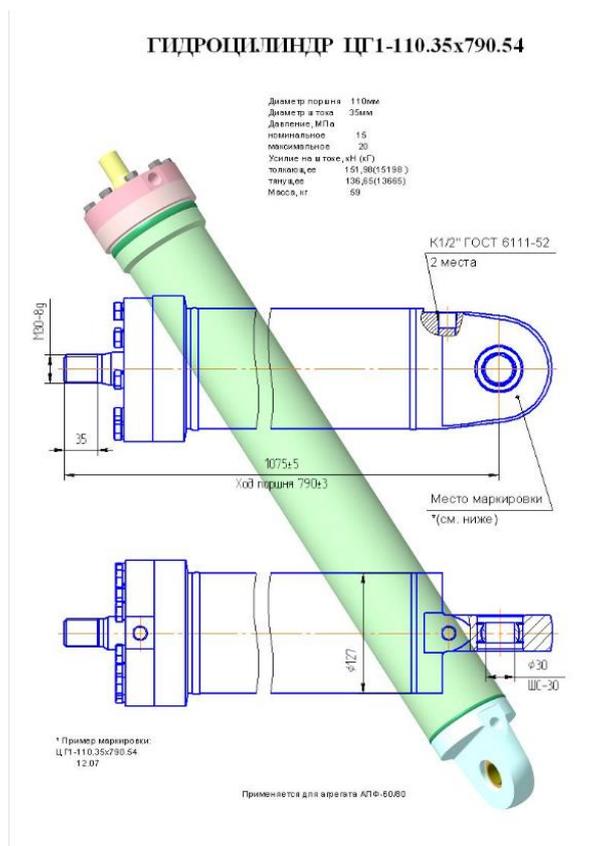


Рис. 4. Гидроцилиндр марки ЦГ-1-110.35x790.54 [3]

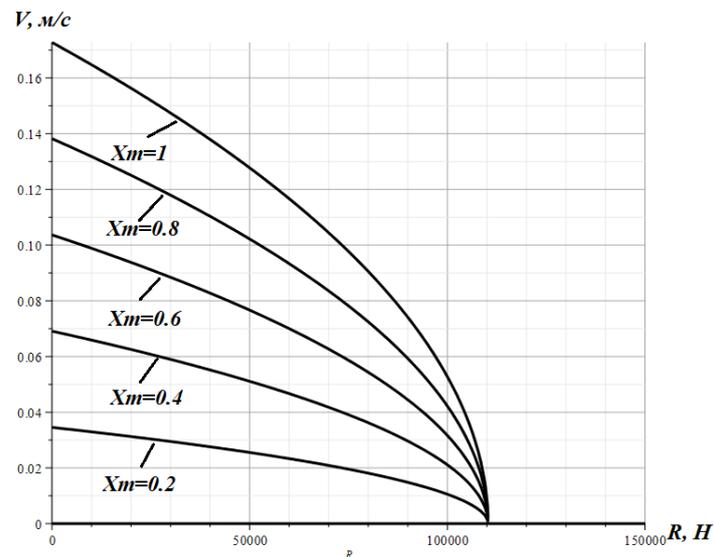


Рис. 5. График внешней нагрузочной характеристики гидропривода стрелы с дроссельным регулированием

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование рынка лесозаготовительной техники: влияние санкций и перспективы импортозамещения в 2022 году [Электронный ресурс]: https://www.megaresearch.ru/news_in/issledovanie-rynka-lesozagotovitelnoy-tehniki-vliyanie-sankciy-i-perspektivy-importozamesheniya-v-2022-godu
2. Сайт о харвестерах, старой строительной, авто- и железнодорожной технике [Электронный ресурс]: http://www.techstory.ru/exco_mn/etr204.htm
3. ПАО «Пневмостроймашина» [Электронный ресурс]: <https://www.psm-hydraulics.ru/>

Ш. Т. БУРАНОВА, Д. В. ЦЕЛИЩЕВ
Shakira6007830@gmail.com

Уфимский государственный авиационный технический университет

МЕЖДУНАРОДНАЯ ЛОГИСТИКА В ПЕРИОД САНКЦИЙ

Аннотация. В статье рассмотрены проблемы, возникшие у Европы, связанные с введением санкций в отношении России в 2022 году.

Ключевые слова: газ, поставка, Европейский союз, энергоносители, терминал, импорт, экспорт, «Северный поток – 2».

С июня 1994 года отношения Европейского союза и России юридически регламентированы Соглашением о партнерстве и сотрудничестве (СПС) [5]. Россия выступает в роли важнейшего поставщика энергоносителей в страны Европейского союза. Заключение соглашения положило начало для формирования тесных экономических и торговых взаимоотношений.

Сегодня отношения России и Европейского Союза находятся на грани разрыва и все это связано с украинским кризисом. Односторонние санкции ЕС в отношении России поставили под удар отношения и поставили под вопрос свою репутацию надежного партнера нашей страны.

Евросоюз намерен отказаться от российских дешевых энергоносителей и заменить на альтернативные виды топлива. Такое решение вероятнее всего приведет к плохим последствиям для стран Европейского союза и влечет за собой экономический кризис Европы. Последствиями разрыва отношений с Россией станут рост цен, а также промышленный спад и возможные перебои в подаче электроэнергии.

Европа в случае отказа поставок газа из России столкнется с дефицитом, что неизбежно навредит электроэнергетике. Согласно данным Евростата на долю электроэнергетики в 2020 году, приходился 31% спроса на газ в ЕС [1].

На сегодняшний день известно, что Европа планирует до 10 августа прекратить импорт угля из России, а также отказаться от российской нефти к концу 2022 года. Кроме того, Евросоюз поставил цель к 2023 году сократить закупки российского газа [1]. Болгария, Литва, Польша и Финляндия уже полностью отказались от российского газа. Эти страны стали первыми кто отказался

покупать газ за рубли, тем самым разорвав отношения в области энергетики с Россией.

Польша уже несколько лет пыталась уменьшить зависимость от российского газа. Существуют исторические разногласия, которые уже давно положили начало к продумыванию стратегии по отказу от связей с Россией. Альтернативой российскому газу для Польши станет сжиженный природный газ, экспортируемый США, а также газ из Норвегии. Норвежский газопровод, также называемый, «Балтийская труба», начнет свою работу уже в октябре 2022 года [1].

Литва также нашла альтернативный вариант российскому газу. В Клайпеде построен терминал сжиженного газа, который имеет название «Независимость». Объем, который будет поставляться по этой трубе, хватит на годовую потребность Литвы, а также оставшийся газ возможно будет экспортировать в соседние страны. Финляндия тоже намерена использовать этот терминал для покупки газа, хотя ранее она закупала у России примерно один миллиард кубометров газа в год. Также Финляндия планирует арендовать плавучие терминалы для сжиженного газа у США, такой вариант используют страны Балтии.

Болгария, рассчитывает на алжирский и катарский газ, но ее могут не поддержать в этом другие страны. В таком случае, вероятнее всего, зимой у этой страны возникнут большие проблемы.

Страны, которые имеют большую зависимость от российского газа, пока продолжают импорт газа из России, но также ищут других поставщиков с целью снижения зависимости от России. Прежде всего это Австрия, Франция, Италия и Германия. Существует большой проект по строительству трубопровода из Испании в Италию. Испания имеет терминалы, мощность которых составляет около 60 миллиардов кубометров сжиженного газа [1]. Этот трубопровод сможет разорвать зависимость Италии от России.

Есть и страны, которые хотят продолжить закупать газ у России, такое решение приняла Венгрия. Остальные страны либо имеют свои ресурсы, либо еще в поисках вариантов по поставкам газа, нефти и угля, которые предоставят возможность прекратить сотрудничество с Россией.

Эксперты полагают, что уже в 2022–2023 годах экспорт природного газа из России в ЕС сократится на 40%, а к 2025 году останется в очень небольших

количествах [1]. Проект «Северного потока – 2», на который было потрачено миллиарды долларов, в таком случае невозможно будет реализовать.

Проект «Северный поток – 2» был создан для обеспечения газом стран Европы. В сентябре 2018 года был запущен проект и начата реализация газопровода в Балтийском море. В сентябре 2021 года было завершено строительство [4]. Через Балтийское море он связывает Россию и Германию. Этот газопровод дает возможность импортировать газ в Европу, минуя транзитные государства, такие как Украина, Белоруссия, Польша и другие восточноевропейские и прибалтийские государства. Это должно убрать политические риски, а также снизить стоимость на поставки газа. На сегодняшний день этот трубопровод пока что заморожен в рамках антироссийских санкций ЕС. Но необходимость в нем существует и каждый день обсуждается его дальнейшая судьба.

Есть и положительная сторона для России, в связи с этими событиями в области энергетики, природный газ растет в цене и бьет все рекорды. Эта ситуация, пока только негативно складывается на экономике стран Евросоюза.

Такие решения в сфере энергетики, повлекут за собой тяжелые последствия. Уже сегодня мы можем наблюдать, как ухудшается экономическая ситуация стран Европейского союза. Инфляция выросла до 8,9% в июле этого года, а в июне составляла 8,6 %, такой рост случился прежде всего за счет энергоносителей, а также промышленных товаров, продуктов и других необходимых для жизни продуктов потребления [2]. Евро приравнялся по стоимости с долларом впервые более чем за 20 лет. Так как стоимость евро падает, энергоносители обходятся Европе гораздо дороже. Энергоресурсы подорожали с начала года на 50% [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Счет за разрыв между Россией и ЕС в энергетике. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://inosmi.ru/20220730/energetika-255259077.html>
2. "Это только начало". В Европе встали заводы. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ria.ru/20220617/energokrizis-1795804430.html?ysclid=l6akxpetbi822903414>
3. Названы последствия отказа Евросоюза от российского газа. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://lenta.ru/news/2022/07/29/grivach/?ysclid=l6akb4w99p73819131>
4. «Северный поток – 2». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.gazprom.ru/projects/nord-stream2/>
5. Основные документы. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://russiaeu.ru/ru/osnovnye-dokumenty>

УДК 368.2

Р. И. ВАГАПОВ

radvagapoff@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Д. В. ЦЕЛИЩЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ПЕРЕВОЗКА КРУПНОГАБАРИТНЫХ И ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ ГРУЗОВ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

Аннотация. В данной статье рассматриваются особенности перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов автомобильным транспортом.

Ключевые слова: перевозка, крупногабаритный груз, тяжеловесный груз, негабаритный груз, требования, регулирование, организация.

Перевозка крупногабаритных тяжеловесных грузов на сегодняшний день очень востребована в связи с развитием различных экономических отношений. Стремительно возрастает потребность перевозки различной промышленной, сельскохозяйственной, строительной, специальной и другой крупногабаритной тяжеловесной техники. Иногда произвести доставку такого рода груза в необходимое место практически невозможно или невыгодно при использовании воздушного водного или железнодорожного транспорта. В связи с этим чаще всего используют именно автомобильный транспорт для организации перевозок за счет доступности, экономичности, гибкого графика и возможности выбрать нужный маршрут. О специфике транспортировки автотранспортом крупногабаритных тяжеловесных грузов и пойдет речь.

Для начала уточним, что же такое тяжеловесный и крупногабаритный груз. Эти понятия в профессиональной сфере являются частью "негабаритных" грузов. Груз принято считать крупногабаритным (или же негабаритным), если его вес и объем превышают максимально допустимые значения, установленные законодательством РФ в сфере правил дорожного движения. То есть, это не помещающийся в стандартном кузове автотранспорта груз. Тяжеловесным же грузом принято считать тот груз, вес и нагрузка на ось которого с учетом массы автотранспорта превышают установленные изготовителем допустимые нормы.

Они зависят от количества осей, их расположения, допустимой нагрузки на ось ТС (табл. 1), и типа дороги.

Таблица 1

Предельно допустимые массы ТС (с 01.01.2015г.)

Количество осей	Одиночные автомобили	Автопоезда седельные и прицепные
	Допустимая масса ТС в тоннах	
Двухосные	18	-
Трехосные	25	28
Четырехосные	32	36
Пятиосные	38	40
Шестиосные и более	38	44

Подробно расписаны данные нормы в Приложениях №2 и №3 к Правилам перевозок грузов автотранспортом [1].

Движение по федеральным дорогам для негабаритных грузов невозможно без учета требований законодательства РФ. Основой регламента автоперевозок является Федеральный Закон №257-ФЗ, в котором перечислены все необходимые требования. Так, на сегодняшний день, правила запрещают водителям, за исключением машинистов автобусов и троллейбусов, движущихся по установленным маршрутам, перевозить негабаритные грузы без специального разрешения, поскольку это может помешать остальным перевозкам. Для его получения необходимо собрать и представить определенный перечень документов в уполномоченный орган для выдачи соответствующей лицензии. После регистрации заявления в специальном журнале уполномоченный орган проводит процесс проверки:

- Проверяет, соответствуют ли технические характеристики транспортного средства возможности объявления категории перевозки;
- Убеждается, что представленные документы являются достаточными и правильными для принятия решения о выдаче разрешения.

После утверждения выдается пропуск, который затем помещается в правом нижнем углу лобового стекла автотранспорта.

Чтобы выбрать маршрут для перевозки негабаритных грузов, необходимо оценить грузоподъемность транспортных средств на маршруте и размеры инженерного сооружения, чтобы обеспечить безопасность дороги и дорожного сооружения. Необходимо также иметь четкое представление обо всех дорогах, по которым может осуществляться грузоперевозка. Маршрут согласовывается с регулирующим органом в течение 7-20 дней до начала маршрута. Главное – время в пути должно быть минимальным, а срок доставки груза максимально коротким. Однако перевозка крупногабаритного груза, помимо общих, требует также специфических требований к перевозке. Например:

- Категорически запрещается отклоняться от установленного маршрута;
- На грузах обязательно должны быть знаки негабаритных размеров. Они выдаются после предоставления разрешения на перевозку;
- Скорость движения по дорогам общего пользования должна быть в пределах 60 км/ч, на мостовых конструкциях - в пределах 15 км/ч;
- В некоторых случаях обязательна машина сопровождения. Ее следует использовать тогда, когда ширина загруженного транспортного средства превышает 3,5 метра и/или длина автопоезда превышает 24 метра. Внешний вид сопровождения обязан быть следующим: на кузове наклеены специальные оранжево-желтые полосы, установлены дополнительные проблесковые маячки, а также имеется информационная панель или табло с обозначенными функциями;
- В густонаселенных районах движение разрешено только во время минимальной интенсивности. Вне населенных пунктов подобная перевозка осуществляется в светлое время суток. В других случаях транспортировка невозможна без сопровождения.

Во избежание опасных ситуаций при перевозке негабаритных грузов автомобильным транспортом требуется тщательная организация. Поэтому правила дорожного движения РФ предусматривают определенные требования к пе-

ревозке негабаритных грузов, соблюдение которых дополнительно защитит транспортные средства и грузы от неприятных ситуаций и повреждений:

– Груз должен быть надежно закреплен и не должен влиять на управление автопоездом;

– Положение груза не должно влиять на устойчивость транспортного средства;

– Запрещается закрывать светоотражатели, предупреждающие знаки и номерные знаки транспортных средств грузом;

– Опасные и токсичные грузы должны перевозиться в специально оборудованных контейнерах, обозначенных соответствующей маркировкой. Транспортировка не должна загрязнять земляное полотно и окружающую среду.

Отклонение от предписанных правил перевозки негабаритных транспортных средств становится причиной денежных штрафов и/или санкций, запрещающих управление транспортными средствами на определенный период времени.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что перевозка негабаритных грузов автомобильным транспортом - чрезвычайно серьезное дело. Это требует серьезной подготовки и реализации. К счастью, эта сфера грузооборота в России крайне строго регулируется нормами и правилами, зафиксированными в правилах дорожного движения Российской Федерации и национальных нормативных актах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.В. Терентьев Учебное пособие “Грузовые перевозки” Санкт-Петербург 2011, Правила перевозок грузов автомобильным транспортом; ДЕАН - Москва, 2012., Организация перевозок грузов. Учебник; Академия - Москва, 2013.Л. Б. Миротин, В. И. Сергеев. Основы логистики: Учеб. пособие. — М.: 2000. — 248 с.
2. Правила перевозки негабаритных грузов автотранспортом [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://gruz0perevozki.ru/perevozka-negabaritnyh-gruzov-avtotransportom.html>
3. Перевозка крупногабаритных и тяжеловесных грузов автомобильным транспортом [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://spravochnick.ru/logistika/perevozka_krupnogabaritnyh_i_tyazhelovesnyh_gruzov_avtomobilnym_transportom/
4. Перевозка негабаритных грузов — правила и штрафы [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://onlinegibdd.ru/articles/view/perevozka-negabarita>

УДК 368.2

А. П. ГОРЧАКОВА

nastyu.gorch@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Д. В. ЦЕЛИЩЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ТЕТРАПАК УХОДИТ ИЗ РОССИИ

Аннотация. В статье рассматривается уход крупнейшего производителя упаковки «Tetra Pak» и вопросы его импортозамещения.

Ключевые слова: тетрапак; асептическая технология; цепочка логистических поставок; Комипак; экологичность.

Тетрапак является крупнейшим в мире производителем упаковки, работающим более чем в 170 странах. Преимущество Тетрапака заключается в асептической технологии, то есть заполнение и запечатывание тары происходит в стерильных условиях, когда и упаковка, и продукт питания полностью очищены от микроорганизмов. Именно асептическая тара позволяет продуктам храниться до года, а ведь долгое сохранение свежести без консервантов и охлаждения – важнейшее свойство, которое не получить, упаковывая в стекло, металл или пластиковые ПЭТ-бутылки. Шведский производитель принял решение уйти из России, что же будет с нашей упаковкой?

26 июля 2022 года шведская компания “Tetra Pak” объявила об окончательном уходе из России [3]. Такое серьезное решение было принято из-за крупных нарушений в цепочках логистических поставок, которые образовались из-за введения санкций в отношении России.

Российские производители упаковки не растерялись и начали искать альтернативу. Среди них сейчас лидирует отечественная компания «Монди СЛПК» из Сыктывкара [2]. В апреле 2022 года предприятие начало выпускать «Комипак» – это картон, который является основой для изготовления упаковки. Позже, по словам генерального директора АО «Монди СЛПК» Клауса Пеллера, в картон добавляют полиэтилен, фольгу и другие материалы [2]. На данный момент компания может производить минимум 4 тысячи тонн в месяц, в перспективе 20-25 тысяч тонн в месяц.

Основное сырье для «Комипак» – российского производства, но все же некоторые химикаты будут поставляться из Китая, Индии, Таиланда, Индонезии и Узбекистана. Проблем в цепочках логистических поставок не будет, контракты уже подписаны. На предприятии налажен полный цикл производства, начиная заготовкой древесины, заканчивая выпуском продукции и отгрузкой ее клиентам. Помимо этого, компания имеет стратегическое значение для жителей города, в ее стенах работают порядка 4,5 тысяч человек.

"Получили позитивную обратную связь от наших клиентов. С заключениями по сертификату качества о соответствии, по безопасности, о соответствии качества производимой продукции. Буквально недавно наша техническая служба сервиса была с объемами последней выработки у клиентов, связь также позитивная", – отметил директор по производству АО "Монди СЛПК" Игорь Третьяков [2].

Тетрапак выделялся среди других упаковок низким углеродным следом на протяжении всего жизненного цикла (от добычи сырья до утилизации). Это подтверждается регулярными независимыми LCA-анализами. Разные исследования пришли к единому выводу: тетрапак «бьет» по климату значительно слабее, чем другие одноразовые упаковки. Будет ли российский «Комипак» настолько же экологичен? Пока что информации нет, но первый шаг сделан - упаковка имеет сероватый цвет, вместо привычного белого, значит картон не красят.

Таким образом, у сыктывкарского комбината «Монди СЛПК» есть все шансы заменить шведского производителя. Вопрос только в том сможет ли предприятие закрыть все потребности российского потребительского рынка в короткий срок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Что такое тетрапак и как правильно его использовать. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/green/6053325a9a79476e8e5bb00f>
2. В России нашли замену Tetra Pak. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://www.vesti.ru/article/2813065>
3. Tetra Pak передаст свой бизнес в России. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://www.rbc.ru/business/26/07/2022/62dfa8a59a7947447b0fa51b>

УДК 614.842.8

А. О. ГРАЧЕВ, П. В. ПЕТРОВ

grachevalex2002@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук П. В. ПЕТРОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ ТОПЛИВОПОДАЧИ ГТП НА БАЗЕ ГТДЭ-117 ДЛЯ ВЕРТОЛЕТА КА-32А

Аннотация. В статье рассматривается новая система пожаротушения построенную на базе двигателя ГТДЭ-117. Система является полностью автономной и предназначена для установки на борт вертолета КА-32А. Указаны основные достоинства и недостатки существующих схем пожаротушения применяемых на вертолетах и обозначены основные пути решения проблем связанных с разработкой совершенно новой схемы.

Ключевые слова: система пожаротушения, топливоподача, ГТДЭ-117.

В России в последние годы пожарная авиация стала неотъемлемым инструментом для борьбы с пожарами в лесных массивах страны. Одним из перспективных направлений в этой области является, применение вертолетной техники для тушения пожаров с воздуха [1].

Применение именно вертолетов для выполнения столь сложных работ в основном связано с тем, что в России лучшая обеспеченность вертолетами, по сравнению самолетной техникой, и к тому же не маловажным фактором является независимость вертолетов от аэродромов, способность передвигаться как в горизонтальном направлении, так и в вертикальном, зависать в воздухе, а также в дополнении ко всему появляется эвакуировать людей с разных мест происшествий. Однако и здесь намечается серьезное отставание от зарубежных стран как в производстве, так и в практике использования.

Отсутствие мобильных и, что не мало важно, автономных систем пожаротушения у Российских производителей зачастую приводит к ряду проблем с тушением пожаров. В современном мире системы пожаротушения будут всегда нужны для человечества. В настоящее время методов насчитывает три вида пожаротушение с применением вертолетов. Первый метод - вертикальное пожаротушение, второй - горизонтальное пожаротушение, третий - комбиниро-

ванные системы [4]. В ограниченном пространстве наилучшим методом является метод горизонтального пожаротушения. Данная система больше всего подходит для узких, неповоротливых местностей, таких как районы, густо застроенные высокоэтажными зданиями [3,5].

Недостатки системы горизонтального пожаротушения:

- 1) высокая стоимость производства модификации;
- 2) сложность изготовления, подбора и установки оборудования;
- 3) малое давление в существующих насосах;
- 4) отсутствие аналогов автономных систем пожаротушения, которые можно было бы устанавливать на КА-32А;
- 5) воздействия внешней среды (барометрическое давление, плотность, температура и влажность воздуха, параметры ветра, горизонтальные и вертикальные порывы воздуха и их градиенты, воздействие атмосферного электричества, обледенение, град, снег, дождь, птицы и т. д.) эксплуатационные характеристики оборудования;
- 6) воздействие эксплуатационных факторов на работоспособность системы (режим работы двигателя и продолжительность работы на определенных режимах. Характеристики воздушных трасс, линий и маршрутов. Применяемые топлива, масла, присадки и др.);
- 7) Для установки систем пожаротушения горизонтального типа подходят вертолеты только соосной схемы.

Преимущества системы горизонтального пожаротушения:

- 1) высокая точность подачи воды;
- 2) тушение нескольких очагов возгорания;
- 3) высокая эффективность тушения пожаров в высотных зданиях;
- 4) возможность регулировки состава огнегасящей жидкости (добавление пенообразователя).

В качестве приводного двигателя для ГТП системы пожаротушения предлагается использовать газотурбинный двигатель ГТДЭ-117 [5]. Данный энер-

гоузел представляет собой турбовальный двигатель со свободной турбиной. Модульная конструкция. Одновальный турбокомпрессор, с центробежным компрессором и одноступенчатой турбиной. Редуктор силовой турбины выполнен по двухступенчатой многопоточной схеме. Особенность данного двигателя — это вращающаяся форсунка. Одной из проблем этого двигателя является отсутствие у него собственных автономных топливной и масляной систем. Именно на решение одной из этих проблем направлена данная работа.

В ходе работы была разработана упрощенная гидравлическая схема системы топливоподачи ГТДЭ-117 (рис.1) и выполнены предварительные гидравлические и тепловые расчеты с подбором оборудования, которые показали работоспособность системы.

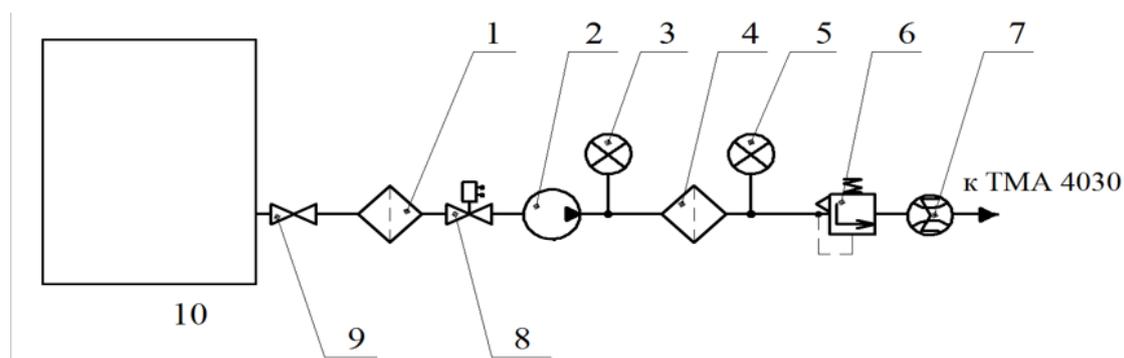


Рис. 1. Упрощенная гидравлическая схема системы топливоподачи ГТДЭ-117

Система топливоподачи ГТДЭ-117 состоит из: 1-фильтр грубой очистки, 2-насос подкачки, 3-датчик избыточного давления, 4-фильтр тонкой очистки, 5-датчик давления, 6-клапан отсечной, 7-расходомер, 8-кран перекрывной электромагнитный (пожарный кран) 9-кран перекрывной 10-бак.

Газотурбинный двигатель ГТДЭ-117 в данном случае является одним из безальтернативных вариантов, который можно использовать в качестве приводного двигателя для ГТП системы пожаротушения. Основными параметрами, принятыми в качестве критерия выбора марки и типа приводного двигателя, стали сравнительно малые массогабаритные характеристики, оптимальная и достаточная приводная мощность, возможность работы на топливе и гидравли-

ческих жидкостях, применяемых на вертолете КА-32А, который является базой для установки автономной пожаротушения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брюханов, А. В. Авиационное тушение природных пожаров: история, современное состояние, проблемы и перспективы / А. В. Брюханов, Н. А. Коршунов // Сибирский лесной журнал. – 2017. – № 5. – С. 37-54. – DOI 10.15372/SJFS20170504.
2. Газотурбинный двигатель-энергоузел ГТДЭ-117-1М1. Руководство по технической эксплуатации. СПб ОАО "Красный Октябрь" Россия, Санкт-Петербург. 2014.
3. Захматов, В. Д. Новые методы и техника для тушения поджогов и катастрофических пожаров в небоскребах / В. Д. Захматов // Пожаровзрывобезопасность. – 2012. – Т. 21. – № 7. – С. 65-71.
4. Патент № 2746634 С1 Российская Федерация, МПК В64D 1/16, А62С 3/02. Вертолет с системой пожаротушения и система пожаротушения : № 2020124206 : заявл. 21.07.2020 : опубл. 19.04.2021 / А. А. Илюхин, Г. В. Зевиг, Ш. А. Сулейманов [и др.] ; заявитель Акционерное общество "Национальный центр вертолетостроения им. М.Л. Миля и Н.И. Камова".
5. Семенов, В. Ю. Использование вертолетов при тушении пожаров в городских условиях / В. Ю. Семенов // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2012. – № 1(19). – С. 76-79.

А. Э. ГУМЕРОВ

reduxy@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Д. В. ЦЕЛИЩЕВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет***ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГРУЗОВОГО ТРАНСПОРТА**

Аннотация. В данной статье рассматривается грузовой автомобильный транспорт, используемый в логистических системах, перспективы развития, тенденции и инновации в транспортных средствах.

Ключевые слова: грузовой транспорт, перспективы развития, логистические системы, инновации, технологии.

Грузовой автомобильный транспорт России является важнейшей составляющей транспортной системы страны. Более половины всех грузоперевозок выпадает на грузовой автомобильный транспорт. Грузовой транспорт способствует росту экономики и повышению уровня жизни граждан страны.



Рис. 1. Структура грузоперевозок по видам транспорта, млрд т [2]

Грузовой автомобильный транспорт практически незаменим в розничной торговле, строительной сфере, а также в малом и среднем бизнесе. Более 70% заводов, фабрик и других промышленных предприятий имеют лишь автомобильные подъездные пути, что исключает использование иного вида транспорта, кроме как грузового.

На настоящий момент экономика страны больше ориентирована на сырьевую добычу и дальнейшую их продажу. Это обусловило высокий уровень развития и большую роль грузового автомобильного транспорта в транспортировке грузов горнодобывающей, газодобывающей и нефтедобывающей промышленности.

Тенденции развития грузового автомобильного транспорта сейчас таковы, что за последние годы происходит разукрупнение автотранспортных предприятий общего пользования и переключение перевозок грузов в больших объемах на транспорт, который принадлежит предприятиям различных отраслей экономики, выполняющий перевозки для собственных нужд.

Что же произойдет с грузоперевозками в ближайшие годы?

Если раньше производители транспортных средств создавали машины, которые будут перевозить людей и грузы с максимальной скоростью, то сейчас, производители и общество в целом, думают об экологичном, экономичном и умном транспорте [5].

– Экологичный транспорт

По статистике на каждого 6-7 жителя планеты приходится одно автомобильное средство. Из-за такого большого количества автомобилей, в атмосферу выбрасывается огромное количество вредных веществ. И создание экологически чистых топливных систем позволит снизить уровень вредных веществ в атмосфере. Уже сейчас выпускают автомобили работающие на водороде, например Toyota Mirai.

– Автономный транспорт

Компания Tesla уже представила электрические пикапы и полуприцепы, которые могут проехать на одном заряде до 800 километров. Но пока их использование откладывается из-за малого количества заправочных станций.

– Беспилотный транспорт

Его уже тестируют в Китае и России. Китайский грузовик Q-Truck способен видеть на 150 метров с углом обзора в 360 градусов, его гру-

зоподъемность составляет 80 тонн, а максимальная скорость 90 км/ч. В России же разработали беспилотный грузовик EVO-1 и КАМАЗ-3373.

Если же говорить в целом об автомобильном транспорте, то можно рассмотреть следующие тенденции и инновации:

1. Автономные транспортные средства – данная технология пытается свести к минимуму человеческий фактор, например уменьшается количество ДТП, вызванных человеком.

2. Connectivity – технология, позволяющая интеллектуальным устройствам, таким как смартфон, выступать в качестве ключа автомобиля. Цифровой ключ позволит водителям запирать и отпирать свои автомобили и даже запускать двигатель и делиться доступом с друзьями.

3. Человеко-машинный интерфейс – технология взаимодействия водителя с автомобилем (голосовая или тактильная связь). Также Алиса или Siri, только для автомобиля.

4. Зарядные устройства на солнечных батареях – с помощью данной технологии можно будет заряжать автомобиль прямо в дороге, снизить расход топлива, но главный минус данной идеи – себестоимость батареи.

5. Дисплей на лобовом стекле – с помощью данной технологии можно проецировать всю важную информацию для водителя (скорость, уровень топлива и т.д.). Эта технология уже используется в автомобилях премиум класса [4].

Таким образом, появление новых технологий в транспортных средствах обусловлены трендом на экологичность и автономность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.В. Терентьев Учебное пособие “Грузовые перевозки” Санкт-Петербург 2011, В. И. Сергеев. Основы логистики: Учеб. пособие. — М.: 2000. — 248 с.
2. Бюллетень о текущих тенденциях российской экономики [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://ac.gov.ru/files/publication/a/24196.pdf>
3. Состояние и перспективы развития грузовых автомобильных перевозок в РФ [Электрон. ресурс]. Режим доступа: http://teoria-practica.ru/rus/files/arhiv_zhurnala/2014/11/ekonomika/khegay.pdf
4. 10 главных тенденций и инноваций в автомобильной промышленности [Электрон. ресурс.] Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/itelma/blog/507284/>
5. Грузоперевозки будущего [Электрон. ресурс.]. Режим доступа: <https://www.techinsider.ru/vehicles/695123-gruzoperevozki-budushchego-cto-budet-c-nimi-v-blizhayshie-10-let/>

УДК 368.2

Д. А. ДМИТРИЕНКО

happydine@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Д. В. ЦЕЛИЩЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ПРИМЕНЕНИЕ БПЛА В СОВРЕМЕННЫХ ВОЕННЫХ КОНФЛИКТАХ

Аннотация. В статье рассматривается применение БПЛА в современных военных конфликтах, преимущества БПЛА над пилотируемыми летательными аппаратами.

Ключевые слова: БПЛА, беспилотник, вооружение, военный конфликт, двигатель, скорость полета.

Во всем мире уже давно речь идет о полной роботизации военного процесса, во избежание человеческих потерь. Постепенно достигая этой цели, мы можем наблюдать новую тенденцию развития военного процесса – применение нового воздушного оружия в военных конфликтах – БПЛА. Многие эксперты называют появление такого вида оружия – «революцией» в развитии военной технологии. Эта «революция» или тенденция может привести к тому, что БПЛА будут использовать как в современных военных конфликтах, так и в будущих.

Одним из таких примеров является конфликт на территории Нагорного Карабаха, где одна сторона конфликта – Азербайджан, использовала в качестве достижения своей цели беспилотные летательные аппараты. Как считают эксперты, именно применение БПЛА привело Азербайджан к успеху [1].

К сожалению, досконально сравнить современные беспилотные летательные аппараты и выявить среди них победителя невозможно, так как все они выполняют разные задачи. В связи с этим разберем БПЛА разных стран.

«Орион» - российский беспилотный летальный аппарат, с двигателем Rotax 914 (115 л.с.), со средней скоростью полета 160 км/ч и грузоподъемностью 200 кг, разработанный компанией «Кронштадт». Известно, что в 2019 году «Орион» провел успешные испытания на территории Сирии. Что примечательно, «Орион» имеет возможность использовать фотокамеру, бомбы, ракеты и др.

«Орион» сократил технологический разрыв российской армии между армиями других стран [2].

Следующий на очереди очень популярный в малых странах БПЛА, производящийся в Турции - Bayraktar TB2. Беспилотник оснащен двигателем Rotax 912(100 л.с.). Грузоподъемность 150кг и высота полета 8200км позволяют беспилотнику развивать скорость до 222км/ч. В 2014 году, беспилотнику удалось побить мировой рекорд – нахождение в небе на высоте 8км 24 часа и 34 минуты [2].

MQ-9 Reaper, с турбовинтовым двигателем Honeywell TP331-10, скоростью до 400 км/ч и грузоподъемностью 1700кг – детище американской компании GAAS. Американский беспилотник выполняет различные функции, такие как разведка, поиск, поддержка с воздуха и другие. Максимальная продолжительность полета около 24 часов [2].

Рассмотрев одни из лучших БПЛА различных стран, можно оценить перспективы и недостатки данного воздушного оружия.

Самое главное преимущество БПЛА является то, что вероятность потери человеческой жизни со стороны того, кто использует БПЛА, сводится к нулю. А уничтожение пилотируемого летательного аппарата, чаще всего, несет за собой человеческую жертву. Несомненным плюсом так же является мобильность данных летательных аппаратов и легкое их обслуживание. Еще одним важным фактором является то, что беспилотники способны выполнять разные задачи, исходя из описания БПЛА разных стран. Денежная составляющая играет немалую роль в пользу использования БПЛА. Использовать БПЛА в разы дешевле, нежели пилотируемые летательные аппараты. Значительный недостаток заключается в том, что сигналы БПЛА легко отслеживаются ПВО другой стороны, что приводит к быстрому реагированию [1].

За минувшие несколько лет беспилотники существенно повлияли на методы ведения войн и военных спецопераций по борьбе с повстанцами, в то вре-

мя как их потенциал, несмотря на динамичное развитие этой системы, все еще далек от идеала.

Развитые вооруженные силы все чаще используют эти ресурсы для замены прежней пилотируемой авиационной техники в области разведывательной деятельности, и аналогичную тенденцию следует ожидать также в случае вооруженных военных ресурсов.

Сегодня вооруженные беспилотники используются в основном в районах целенаправленной ликвидации вражеских вооружений. Их более обширное использование в обычных боевых действиях можно ожидать в ближайшем будущем.

Сегодняшнее и будущее использование военных беспилотных летательных аппаратов является предметом споров и критики, часто связанных с опасениями, что эта тенденция приведет к значительной роботизации поля боя и связанным с этим неблагоприятным последствиям. Тем не менее, более чем вероятно, что при столкновении с эффективностью беспилотных летательных аппаратов и подобных систем все эти опасения и предположения будут перевешены политическими и военными аргументами и логическими попытками воспользоваться экономическими выгодами, связанными с их использованием, при минимизации потенциальных человеческих потерь со стороны их использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. БПЛА: совершенное оружие или игрушка на поле боя. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://military.pravda.ru/1620695-bespilotniki_boj_primenenie_vojna/
2. ТОП-8 лучших боевых беспилотников 2022 года. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://mvf.su/top-8-luchshih-boevyh-bespilotnikov-2022-goda/>

УДК 368.2

С. А. ЕФРЕМОВ

efrem4ik45@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Д. В. ЦЕЛИЩЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ИНЦИДЕНТ В СУЭЦКОМ КАНАЛЕ С КОНТЕЙНЕРОВОЗОМ ЭВЕР ГИВЕН

Аннотация. В статье рассматриваются причины инцидента в Суэцком канале 2021 года и его последствия для мировой логистики.

Ключевые слова: контейнеровоз, логистика, Суэцкий канал, происшествие, груз, хабы, порты.

“Авария контейнеровоза “Эвер Гивен” и последующая блокировка Суэцкого канала произошли 23 марта 2021 года”.

Следовавший из Малайзии в Голландию, контейнеровоз, передвигаясь по Суэцкому каналу, развернувшись поперек канала, сел на мель. В результате чего движение по каналу было остановлено.

По информации к 29 марта в очереди на прохождение через канал собралось более 450 других судов. И хотя сейчас движение по каналу полностью восстановлено, происшествие добавило проблем мировому сектору морского транспорта, который и без того переживает не лучшие времена.

Через Суэцкий канал проходит подавляющее большинство судов, движущихся из Азии в Европу, – сухогрузы, контейнеровозы, танкеры и т. д. Из-за образовавшейся пробке многие приняли решение не дожидаться окончания операции по освобождению канала и пошли в обход по гораздо более длинному маршруту, огибающему мыс Доброй Надежды. Но этот путь не только длится на несколько дней больше, но и еще подвергает суда опасности – нападению пиратов.

На этом фоне происшествия в Суэцком канале приведет к дополнительному росту цен на морскую продукцию. Ведь у работников сбился рабочий график, так как многие суда застряли в канале, а другие пошли в обход. Из-за этого сформировался дефицит свободных судов.

Что произойдет с Логистикой после Ever Given?

Надежность становится важнее цены

Долгое время приоритетом в логистике была стоимость: все боролись за снижение цен. Теперь игроки ищут не только дешевый, но и надежный транспорт.

В результате логистика перестает быть рынком, основанным на цене, и становится в большей степени рынком, основанным на услугах. Клиенты больше не рассматривают затраты в отрыве от рисков и гарантий. Появятся новые игроки и новые финансовые и страховые услуги.

Меняется и сам способ доставки. Раньше предприятия создавали цепочки поставок по принципу "точно в срок", чтобы избежать чрезмерных запасов и как можно быстрее распределить поступающие грузы по торговым точкам. Теперь вам нужно перейти к резервной модели. Это означает, что компании всегда должны иметь резервный запас и, прежде всего, резервные маршруты и альтернативные модели цепочки поставок.

Хотя цена была приоритетом, большинство людей не интересовало ничего другое. Но сейчас пришло осознание того, что не нужно класть все яйца в одну корзину. Поэтому компании обращаются к другим видам транспорта, таким как железные дороги и новые морские маршруты. Например, Северный морской путь мог бы дополнить основной маршрут - Суэцкий канал. И тем самым занять свое место в глобальной логистической экосистеме.

Мы прекращаем играть с размахом

Рынок морских перевозок постепенно отходит от гигантских размеров, и размеры судов и контейнеров начинают уменьшаться. Конечно, это не имеет никакого отношения конкретно к проблеме контейнеровозов. Однако недавний случай показал важность размера судна.

Наиболее важным фактором является электронный рынок. Одно дело - постоянно отправлять через мыс Доброй Надежды большие транспорты с мотоциклами и не думать о времени. Другое дело - выполнение онлайн-заказов.

Если клиент заплатил несколько долларов за заказ на Ozon, он не будет ждать его месяц или больше.

Все это меняет требования к логистической системе, включая размеры контейнеровозов, судов и портов. Циклы погрузки-разгрузки в крупных портах увеличились с 3-5 дней до 9-11 дней в зависимости от очередей и вместимости судов, что становится очень чувствительным, особенно для таких категорий, как продукты питания, электроника и мода.

Как этого можно избежать? Стройте суда меньшего размера, разбивайте грузы на части и распределяйте их через различные логистические центры, порты второго и третьего уровня, чтобы избежать очередей на разгрузку.

Производители возвращаются домой

Компании стремятся уменьшить свою зависимость не только от "узких мест", но и от логистики в целом. Большую роль в этом сыграет пандемия. Коронавирус значительно усложнил перемещение товаров между несколькими странами. У каждой страны свои требования, люди болеют и попадают в карантин, а крупные партии застревают на границах.

В результате компании рассматривают возможность возвращения своих заводов на родину и отказа от дальних перевозок. Тем более что новые технологии делают это возможным. Завод в Китае может быть заменен автоматизированным производством где-нибудь поблизости, а некоторые детали могут быть изготовлены с помощью 3D-печати.

Изменения коснутся и архитектуры самой логистической цепи. Она станет более распространенной. Вместо огромного производства в одном месте будет проще сделать несколько небольших заводов и рассредоточить их по всему миру.

Использование цифр значительно возрастет

В ближайшем будущем интерес к цифровым инструментам для логистики будет расти. Она будет основана в первую очередь на искусственном интеллек-

те. Это позволит решать оптимизационные задачи, касающиеся маршрутов, объемов поставок и размеров партий, с учетом сотен различных параметров.

Цифровые инструменты также необходимы для автоматизации портов и оптимизации портовых процессов. Это поможет повысить точность операций и скорость разгрузки, тем самым сократив время доставки.

Логистика и торговля находятся в равновесии

Инцидент в Суэцком канале высветил огромный дисбаланс между мировой торговлей и глобальной логистикой. Мы видели, что экосистема логистики совершенно не приспособлена к давлению торговли.

Если представить цепочку поставок как сборочный конвейер, то одна ее часть работает гораздо быстрее другой. Китай производит и отгружает продукцию очень быстро, а страны-потребители разгружают ее очень медленно.

Такой дисбаланс не приносит пользы никому и только увеличивает бремя и стоимость всей цепочки. Система работает на пределе своих возможностей и не имеет резерва.

Усилий одной компании недостаточно для устранения дисбаланса; необходимы отраслевые и межотраслевые договоренности. Готовых решений пока не существует, а на их разработку и внедрение потребуются годы".

Дело Ever Given показало серьезные негативные последствия потери ключевого торгового маршрута в цепочке поставок, особенно для компаний, выстраивающих динамичные цепочки поставок. Это может даже заставить некоторые компании пересмотреть свой подход к логистике и отказаться от этого принципа, чтобы повысить устойчивость бизнеса к подобным форс-мажорам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пандемия и инцидент в Суэцком канале изменят международную логистику. [Электрон. ресурс] <https://www.vedomosti.ru/opinion/articles/2021/04/04/864539-pandemiya-intsident>.
2. Авария контейнеровоза “Эвер Гивен” [Электрон. ресурс] https://ru.wikipedia.org/wiki/Авария_контейнеровоза_«Эвер_Гивен».
3. 10 уроков Ever Given: как кризис в Суэцком канале изменит логистику. [Электрон. ресурс] <https://trends.rbc.ru/trends/social/607837de9a7947e4ea9390a0>

УДК 368.2

Т. М. ЗАРИПОВ

ztimur102@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Д. В. ЦЕЛИЩЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТА

Аннотация. В статье рассматриваются современные системы безопасности транспорта.

Ключевые слова: Автопилот, безопасность, транспорт, подушка безопасности.

Почему важна безопасность транспорта?

Организация безопасности на транспорте действительно необходима, ведь помимо того, что транспортные средства сами по себе являются источником повышенной опасности, так еще и перевозимые ими грузы и пассажиры могут подвергаться дополнительной угрозе со стороны природных и техногенных факторов. Не стоит забывать и о различного рода преступлениях, ставящих под угрозу безопасность транспорта, товаров и людей.

Подушки безопасности с каждым годом все больше эволюционируют: от максимально примитивной технологии в рулевом колесе до 12 надувных подушек в современном авто.

Теперь подушки спасают не только водителя и его соседа спереди, но и задних пассажиров. Кроме того, есть устройства, которые защищают колени, а специальные шторки помогают избежать удара о стойку или стекло.

Но на этом инженеры не останавливаются. Разрабатываемые системы внешней безопасности должны защитить пешеходов от фронтального или бокового удара. При неизбежном столкновении сенсор начинает надувать подушку под капотом, которая раздувается перед лобовым стеклом. Это позволяет снизить количество травм головы пешеходов, попавших в аварию.

Ремни, подушки и сминаемость кузова – это меры пассивной безопасности. Но основной потенциал по увеличению безопасности все-таки приходится на ситуации, когда аварии еще можно избежать.

Так же хорошо развивается система коммуникаций между автомобилями «Vehicle-to-vehicle» (V2V, транспорт-транспорт). Она включает в себя постоянное «общение» автомобилей между собой по ходу движения.

Концептуально это более совершенный вариант функции навигатора, когда пользователи сообщают о дорожных инцидентах. Отличие в том, что система будет автономной, а сигнал должен передаваться независимо от наличия сотовой связи.

В качестве дополнения к V2V разрабатывается система «Vehicle-to-infrastructure» (V2I, транспорт-инфраструктура). Она должна передавать информацию автомобилю о дорожных работах, авариях, пробках и т.д. Обо всем этом водитель сможет узнать за много километров до инцидента.

Умные ассистенты, помощники и прочие атрибуты безопасности — это здорово. Но ответственность за передвижение на дороге всегда несет водитель, поэтому перед тем, как начать движение, будьте уверены, что вы и ваш автомобиль в порядке. Ведь ни один руководитель не вешает на ассистентов ответственность за результат.

Следующим шагом к достижению нулевой аварийности на дорогах должен стать полноценный автопилот, который позволит отказаться от водителей и свести на нет человеческие факторы вроде усталости или невнимательности.

Сейчас над созданием автопилота работают крупнейшие мировые бренды. В России дальше всех продвинулся Яндекс, который в прошлом году заключил договор с Hyundai, и теперь беспилотные Sonata наматывают километры по Иннополису в Татарстане. На них установлена четвертая генерация автопилота от Яндекса: 9 камер с разным фокусным расстоянием, шесть радаров и четыре лидара (высокоточное сканирующее устройство на основе лазера).

Tesla FSD Beta

Tesla уже приступила к тестированию новой системы полуавтоматического управления FSD Beta. Поучаствовать в эксперименте могут владельцы американских электрокаров. Правда, для этого они должны доказать, что являются хорошими водителями.

Сам глава Tesla Илон Маск не так давно заявил, что новая система настолько совершенна, что может дать автомобилистам ложное чувство безопасности и полной автономности электрокара. На данный момент функционал технологии предусматривает распознавание дорожных знаков и сигналов светофора. Система может брать управление автомобилем на себя, но водителю по-прежнему необходимо всегда держать руки на руле. Также технология может самостоятельно припарковать электрокар.

Впрочем, данный момент известно уже о нескольких масштабных сбоях в работе этой системы. Например, осенью Tesla и была вынуждена на время прекратить испытания продвинутой версии автопилота. Как рассказал Илон Маск, это произошло из-за обнаруженных технических проблем в системе. Позже американцам удалось решить проблему.

Pilot Assist

Компания Volvo оснащает свои машины (в том числе и представленные в России) системой полуавтономного вождения Pilot Assist, которая может самостоятельно вести машину на скорости до 130 км/ч. Эта технология впервые появилась на седане S90 в 2016 году. После этого система несколько раз модернизировалась.

Технология Pilot Assist соответствует автоматизации второго уровня, как и аналогичная система Tesla. Это значит, что водитель должен постоянно держать руки на руле, чтобы в случае непредвиденных обстоятельств взять управление на себя. Сами шведы утверждали, что им под силу разработать и систему третьего уровня автономности, однако из-за невозможности использовать такую технологию в целом ряде стран, от нее пока отказались.

Super Cruise

Трассовым автопилотом Super Cruise оборудуются автомобили марки Cadillac. Система ориентируется в пространстве с помощью бортовых камер и датчиков, а также использует топографические данные GPS. При активации

Super Cruise водителю разрешается убирать руки с руля на скоростных магистралях. Электроника сама контролирует рулевое управление, акселератор и тормозную систему, когда машина передвигается. При этом автомобилист должен следить за дорогой и быть готовым в любой момент взять управление на себя. Впрочем, в прошлом году стало известно, что сразу несколько моделей американского бренда временно остались без автопилота Super Cruise. Среди них Escalade и седан СТ4. Причина такого решения – нехватка компонентов, с которой столкнулись практически все крупные автопроизводители.

EyeSight

EyeSight – самая продвинутая опция в Subaru (в том числе и в России). Технология объединяет в себя ряд полезных функций, таких как адаптивный круиз-контроль, систему предупреждения фронтальных столкновений, а также систему удержания в полосе. В результате автомобиль умеет сам поддерживать заданную скорость, распознавать препятствия, тормозить, разгоняется, а также способен ехать на одной дистанции до машины впереди. В пространстве EyeSight ориентируется с помощью стереокамеры с двумя объективами. Устройство крепится у верхней кромки лобового стекла автомобиля и может различать другие автомобили, пешеходов, следить за разметкой и знаками. При этом водитель обязательно должен держать руки на рулевом колесе. Если этого не произойдет, то система выдаст предупреждения, а через некоторое время и вовсе отключится.

Таким образом, с каждым годом система активной и пассивной безопасности становится все больше

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://www.zr.ru/content/amp/articles/930237-novye-tekhnologii-hyundai/>
2. <https://www.autonews.ru/amp/news/625025b79a79473ec1adadcb>

Е. В. КАЛИНИЧЕВ, Д. В. ЦЕЛИЩЕВ
kalinichev_evgenii@mail.ru

Уфимский государственный авиационный технический университет

ДЕЙСТВИТЕЛЬНО ЛИ «ЗЕРНОВАЯ СДЕЛКА» МОЖЕТ СПАСТИ МИР ОТ ГОЛОДА?

Аннотация. 22 июля 2022 г. была заключена «зерновая сделка» между Россией, Украиной, Турцией и ООН. В рамках которой стороны договорились вывести значительный объем зерновой продукции из трех украинских портов, по выделенным Россией безопасным коридорам в голодающие страны Африки и Ближнего востока.

Ключевые слова: Украина, Россия, зерно, сделка, Турция, ООН, запад, Европа, голод.

После объявления специальной военной операции, в сторону Москвы посыпались обвинения в организации мирового голода. Запад считает, что из-за блокировки Россией портов, которые находятся под контролем Украины, не может быть вывезено зерно в голодающие страны Африки и Ближнего востока. Россия при этом не была против обсуждать сделку по вывозу зерна, предъявив некоторые условия, а именно досмотр каждого судна направляющегося на Украину на предмет отсутствия оружия.

По началу правительство Украины отказывалось от таких условий, но позже поменяли свое решение, и 22 июля 2022 г. в Стамбуле было подписано соглашение о перевозке зерна, при условиях, что судна будут досматривать представители России, Турции, Украины и ООН. Москва же обязалась не использовать открытые порты в военных целях, и не препятствовать перевозке. Но конечно же, главным обещанием, которое было дано России это, что груз направится в голодающие страны, в том числе Африку, Ливан, Сомали, Йемен. Действительно ли зерно направилось голодающим, перед которыми у Украины нет финансовых обязательств, или же в страны запада, с которыми нужно расплатиться за долги?

Как выяснилось позже, главная цель, про которую говорили ООН, - борьба с голодом в нуждающихся странах, не была выполнена. Суда покинувшие украинские порты были направлена в Великобританию, Италию, Турцию, Китай, Южную Корею, а не в Сомали и Африку, пишет американское издание The

New York Times [0]. Но первый груз все же был отправлен в Ливан, правда от него отказались, так как груз был задержан более чем на 5 месяцев. В большинстве эти поставки были сделаны лишь для коммерческой выгоды. Лишь 2 сухогруза из всех были отправлены в Эфиопию и Йемен в рамках Всемирной Продовольственной Программы, пишет РИА Новости [2]. Также не был соблюден меморандум, подписанный Россией и ООН, в рамках которого организация обещала помочь Москве в снятии санкций на экспорт сельскохозяйственной продукции, но спустя время санкции так и продолжают действовать. Но все же ООН считает, что зерновая сделка помогла бедным странам, так как цены на зерновую продукцию понизились на 14%, пишет газета Ведомости [3]. Но помогло ли это Африке, которой все равно не чем платить? И раньше, до начала специальной военной операции, Украина везла зерно куда угодно, но только не в бедные страны, утверждает генеральный директор Института конъюнктуры аграрного рынка (ИКАР) Дмитрий Рылько.

По итогу прошедшего месяца, после заключения сделки, можно сделать вывод о том, что лозунги запада о голодающем мире, и обвинению России в этом, нужны были лишь для бизнес-стратегии и очернения России в СМИ. Ведь еще в начале лета была опубликована информация о том, что в странах Европы возник дефицит зерновой продукции, включая подсолнечное масло. Почти все сухогрузы были отправлены для продажи на запад, лишь малая часть досталась нуждающимся странам по Всемирной Продовольственной Программы. Безусловно цены на зерно понизились (14%), но этого явно недостаточно для приобретения его бедными странами. По мимо этого, вопреки обещаниям со стороны ООН, санкции против России продолжают действовать, единственное в чем выиграла Москва, это в том, что ее практически перестали обвинять в мировом голоде. Таким образом, зерновую сделку можно расценивать как блеф, и, как сказал президент В.В. Путин «надувательство», со стороны запада, поскольку стамбульские соглашения работали только со стороны России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://www.nytimes.com/live/2022/08/09/world/ukraine-russia-news-war#grain-shipments-destinations> статья американской газеты про украинских судов
2. <https://ria.ru/20220830/pshenitsa-1813283791.html> РИА новости
3. <https://www.vedomosti.ru/politics/articles/2022/08/11/935667-ukrainskoe-zerno-golodayuschim> газета ВЕДОМОСТИ

З. В. КАРАЧУРИНА, Д. В. ЦЕЛИЩЕВ
karachurina2001@bk.ru

Уфимский государственный авиационный технический университет

ОБРАТНАЯ ЛОГИСТИКА

Аннотация. В статье рассматривается о значении, важности и проявлении обратной логистики, о проблеме ее плохого развития, а также ее последствиях.

Ключевые слова: обратная логистика, перерабатываемые отходы, рециклинг, пластика.

Обратная логистика (Reverse Logistics) является отдельной отраслью логистики, в разных литературных источниках можно найти огромное множество определений, например, реверсивная логистика – логистика возвратных потоков, возвратная логистика. «Реверсивная логистика – это процесс планирования, реализации и контроля потока сырья, незавершенного производства, готовой продукции и связанной с ней информации от потребителя обратно к дистрибьютору, производителю и поставщику с целью возврата ценности или правильной утилизации» [11].

Благодаря зеленой логистике могут достигаться такие цели, как:

- сокращение расходов в цепи поставок;
- получение дополнительных источников доходов;
- повышение лояльности потребителей к бренду;
- защита окружающей среды;
- повышение качества продукции;
- развитие и использование цифровых технологий.

Ассоциация реверсивной логистики (The Reverse Logistic Association) отмечает, что управление возвратными потоками достигает 10% от общих затрат в цепочке поставок [1].

Таким образом, в этом виде логистике потоки идут от потребителя к производителю, то есть в обратную сторону, образуя замкнутую цепь. Функции реверсивной логистики не сильно отличаются от обычной логистики: снабжение, производство и сбыт. Благодаря этим функциям достигаются ее конечные

идеи: возврат ценности/материала/товара, переработка и вторичное использование, а также правильная утилизация.

Как правило, реверсивную логистику внедряют крупные компании и производители, им актуален вопрос возврата товаров для дальнейшего ремонта, чтоб минимизировать потери. Представителями таких организации могут быть из сферы бытовой техники и электроники, онлайн ретейлеров, одежды или товары, которые можно вернуть или обменять [5].

Рециклинг – процесс возвращения отходов в процессы техногенеза, используется для вторичного использование материала (возврат в производственную цепь).

Так, например, в 2018 г. Adidas совместно с Parley for the Oceans запустил линейку кроссовок, сделанных из переработанного пластика, которая получила огромную популярность [4].

А всем известный производитель одежды H&M предлагает в обмен на старую одежду получить купоны со скидкой за каждый пакет с текстилем, это способствует рациональному использованию природных ресурсов (текстиля). Это программа начала действовать с 2016 года и называется Recycling Revolution. Также у этого бренда есть целая линейка коллекций из вторичного материала, которая регулярно обновляется [2].

Есть такие виды пластика как, ПЭТ, ПНД, ПВХ и многие другие, но не все из них можно отправить на вторичную переработку. По многим данным есть информация, что больше половины всей пластмассы на Земле появилось уже после 2002 года. Количество пластмасса растет в геометрической прогрессии.

По данным Минприроды, ежегодно в России образуется около 70 млн тонн твердых коммунальных отходов, каждый год – на 3 % больше. Перерабатывается всего 5-7 % мусора, остальное захоранивается.

На сегодняшний день в России функционирует 243 мусороперерабатывающих завода, 50 мусоросортировочных комплексов и 10 мусоросжигательных заводов. При этом свалками заняты семь миллионов гектаров земли. Ежегодно на них вывозят свыше 60 млн тонн только твердых коммунальных отходов. По данным «Ростехнологии» более 40% содержимого на полигоне является цен-

ным вторсырьем, если правильно переработать эти материалы можно сократить расходы в некоторых отраслях промышленности [9].

2017-2018 годах резко увеличились протесты, связанные с утилизацией отходов, с каждым годом напряженность среди населения нарастала, увеличилось количество жалоб и социальных протестов, хотя в 2015 годах начали активно обсуждать такие вопросы, однако никаких действий не предпринимались.

С 2019 года в России стартовала реформа об обращении с отходами («мусорная реформа»), основой которого стал переработанный федеральный закон № 89. Реформа вводит поэтапный запрет на захоронение некоторых видов отходов на полигонах. Законом было установлено, что в каждом регионе будет свой региональный оператор по обращению с отходами и будут разработаны территориальные схемы, на которых должны быть все центры сортировки, переработки и утилизации отходов, однако за отведенное короткое время, власти не смогли создать продуманную схему и привлечь нужных специалистов [6].

«Коммерсантъ» в конце 2019 года отмечал, что в первый год работы новая схема вывоза мусора показала малую эффективность, как и последующие годы [7]. Счетная палата РФ пришла к выводу, что это реформа провалилась и одной из главных проблем является монополизация. Была создана государственная компания «Российский экологический оператор» (РЭО), которая сама себе устанавливала правила как технологические, так и экономические, из-за отсутствия конкуренции они играли по своим правилам.

Однако собираемые средства идут не на переработку, а главным образом на складирование отходов на полигонах. Новых перерабатывающих предприятий в стране практически не появилось. Минприрода предложил ввести новый фонд, в который будут поступать экологические сборы от производителей и импортеров различных товаров, предполагается, что за 2022 год должно поступить около 100 млрд рублей и вместе с выделенными деньгами из федерального бюджета эти средства пойдут на строительство перерабатывающих мощностей.

Одна из главных ошибок российской мусорной реформы то, что мусоросжигание приравнивают переработке. Если раньше сжигание была крайней ме-

рой, при невозможности осуществить глубокую переработку, то сейчас это называется энергическая утилизация, то есть операторы, которые должны тратить деньги только на строительство перерабатывающих заводов, могут просто сжигать. При такой утилизации отхода выделяются разные токсичные вещества, поэтому необходимо превращать в энергию и максимально уменьшать выбросы. В России в ближайшие годы планируется строительство 25 таких заводов, однако не известно, когда это завершится и насколько хорошо будет работать, ведь до сжигания надо пройти ряд других операций: отдельные сборы, сортировка и переработка фракций, пригодных для вторичного использования (стекло, пластики, металлы, макулатура и органика) [8].

Многие Россию сравнивают со странами первого мира, говоря, что у них 80-100% отходов перерабатываются, правда ли все это?



Рис. 1. Polyethylene terephthalate (Полиэтилентерефталат)

Сегодня лучше всего утилизируется упаковка с индексом PET (цифра 1 в треугольнике), чаще всего вы можете это увидеть в бутылке из-под воды, в контейнерах для различных продуктов, в емкости для бытовой химии и косметики и мн. др.

Его принимают большинство мусороперерабатывающих заводов. К сожалению, только из 7% собранного PET-пластика потом сделают новые бутылки. Для сравнения: 58% собранной бумаги и 70–90% металла превращаются в новые товары и продолжают служить людям [10].

Некоммерческая организация Break Free From Plastic 2019-2020 годах провели исследование во многих стран мира. Собрав мусор, добровольцы пришли к выводу, что самый злостный загрязнитель окружающей среды — компания Coca-Cola. Тары из-под жидкости этой организации чаще всего находили

по всему миру. За ней следует корпорация PepsiCo, а третье место занял пищевой гигант Nestle. Несомненно, такие рейтинги условны, но все же составляют не первый год [5].

PepsiCo обещает к 2025 году уменьшить содержание свежего пластика в своих бутылках на 35%, а Nestle утверждает, что к этому времени 100% их упаковок будут перерабатываемыми (или многоразовыми) [3]. Такие обещания кажутся правдоподобными, но если копнуть чуть глубже, становится понятно, что подобные заявления — это просто пиар. И тянется этот рекламный хвост аж с 1960 годов. В последнее время такой треугольный значок ставится практически на всех товарах, хотя далеко не весь пластикосодержащие товары можно переработать. Многие компании пользуются этим, улучшая свой имидж в глазах потребителей, но создают серьезные проблемы для перерабатывающих компаний [12].

1969 году когда проблемы CO₂ не стоял так остро, эксперты First National Conference of Packaging Wastes решили сжигать мусор и в этом же году вышел первый постулат Большого Пластика: За его утилизацию будет платить кто угодно, но только не Большая Нефть и не пищевые корпорации вроде Coca-Cola. За ним вышел и второй постулат гласит, что вместо решения проблем с утилизацией отходов индустрия будет улучшать репутацию. Эти большие компании начали объединяться и создавать десятки фантомов – некоммерческих и благотворительных организаций (НКО), которые возглавили общественные движения по борьбе за экологию. Вместо того чтобы действовать самим, нефтяники и пищевики решили привлечь общественное внимание к проблеме загрязнения планеты в целом [3].

Из-за экологического продвижения во всем мире цена на нефть падает и производство пластика становится дешевле, это будущая финансовая стабильность для нефтяных гигантов и им для бизнеса нет смысла собирать пластиковые бутылки по всему миру, проще и дешевле создавать «девственный пластик».

Мусорный колониализм — еще один феномен, связанный с мусором.

Это движение мусорных потоков по миру, из стран первого мира в страны второго и третьего, в России это применяется к собственным территориям [12].

Несколько лет назад интернет облета информация, что реки Янцзы, Хуанхэ и еще несколько рек в Азии и Африке выносят самое большое количество пластика в Мировой океан. Команда немецких исследователей под руководством гидрогеолога Кристиана Шмидта сделала вывод, что более 90% пластика, выносимого реками в океаны, проходит через одни и те же 10 рек. В год исследования Германия отправила в Китай 70% собранных на своей территории пластиковых отходов, а Ирландия в 2016 году отправила в поднебесную до 95% всего собранного пластика.

С 1992 года он скупил 106 миллионов тонн баночек, крышечек, бутылок и пакетов из США, Европы, Австралии – почти половину всего пластика, собранного за это время в рамках борьбы за окружающую среду и движения к экономике замкнутого цикла. Никто не следил за качеством переработки, большая часть попадала в море, а из другой части делали брелки и игрушки, которую нельзя снова переработать.

После того как в 2017 году Китай принял закон «Национальный меч», ужесточивший требования к ввозимому на территорию страны пластиковому вторсырью, то этот же поток в Таиланд это вырос почти в семь раз, в Малайзию – в шесть. Система, работавшая с Китаем, сохранилась, просто получателем стали другие неразвитые страны: мусор по-прежнему уезжает за море, а страны первого мира по-прежнему докладывают о высочайших, постоянно растущих уровнях переработки [12].

Таким образом, обратная логистика является важной частью логистики, не только возврата товара к производителю с целью уменьшения потери, но и правильной утилизации отходов после потребителей. Многие компании и про-

изводители начали внедрять в свои логистические системы обратные процессы и активно осваивать методы управления ими.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Aaron Orendorff. The Plague of Ecommerce Return Rates and How to Maintain Profitability, Feb 27, 2019 [Электронный ресурс] URL: <https://www.shopify.com/enterprise/ecommerce-returns> (дата обращения: 11.09.2022)
2. H&M official web-site Recycling Revolution [Электронный ресурс] URL: <https://hmfoundation.com/recycling-revolution/> (дата обращения: 11.09.2022)
3. How Big Oil and Big Soda kept a global environmental calamity a secret for decades [Электронный ресурс] URL: <https://au.rollingstone.com/culture/culture-features/plastic-problem-recycling-myth-big-oil-8161/> (дата обращения: 11.09.2022)
4. Mara Leighton These Adidas are made from recycled ocean plastic, and they're the most comfortable running sneakers I've tried, Apr 6, 2018 [Электронный ресурс] URL: <https://www.businessinsider.com/adidas-parelyultra-boost-womens-review> (дата обращения: 11.09.2022)
5. Арон Орендорф. Что такое реверсивная логистика и как она отличается от традиционной? [Электронный ресурс] URL: <https://cerasis.com/what-is-reverse-logistics/> (дата обращения: 11.09.2022)
6. Мусор в России [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Мусор_в_России (дата обращения: 11.09.2022)
7. Мусорная реформа забуксовала на свалках [Электронный ресурс] URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5131062> (дата обращения: 11.09.2022)
8. Сортировка мусора в России: нововведения, сложности и перспективы [Электронный ресурс] URL: <https://rcycle.net/musor/razdelnyj-sbor/reforma-sortirovki-v-rossii-novovvedeniya-slozhnosti-perspektivy> (дата обращения: 11.09.2022)
9. Сортировка отходов — психотерапия для бедных. Как корпорации заставили нас бесплатно делать их работу и почему отдельный сбор мусора бесполезен [Электронный ресурс] URL: <https://knife.media/fake-recycling/> (дата обращения: 11.09.2022)
10. Почему провалилась мусорная реформа [Электронный ресурс] URL: <https://reform.io/blog/2021/06/23/pochemu-provalilas-musornaya-reforma/> (дата обращения: 11.09.2022)
11. Понятие логистики обратных потоков. Сущность и основные понятия в реверсивной логистике [Электронный ресурс] URL: https://studwood.net/1565555/ekonomika/ponyatie_logistiki_obratnyh_potokov (дата обращения: 11.09.2022)
12. Что не так с мусором? [Электронный ресурс] URL: <https://www.youtube.com/watch?v=1suFQRW4xCY> (дата обращения: 11.09.2022)

Удк 656.08

З. В. КАРАЧУРИНА

Karachurina2001@bk.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Д. В. ЦЕЛИЩЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

УЧЕТ И АНАЛИЗ ДТП С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВЫХ СРЕДСТВ

Аннотация. Статья посвящена учету и анализу дорожно-транспортных происшествий с помощью цифровых средств. Приведена статистика ДТП и меры по повышению БДД.

Ключевые слова: ДТП, анализ, учет, формы, программа

«Дорожно-транспортное происшествие (ДТП) – событие, возникшее в процессе движения по дороге транспортного средства и с его участием, при котором погибли или ранены люди, повреждены транспортные средства, сооружения, грузы либо причинен иной материальный ущерб» [1].

Известно, что безопасность дорожного движения (БДД) является одной из важных проблем, которая напрямую зависит от «человеческого фактора», его доля среди причин ДТП достигает 90%.

«Человеческий фактор» – понятие сложное и многослойное. Это совокупность человеческих характеристик, влияющих на безопасность жизни и возникновение аварий с участием автотранспортных средств. Понятие включает в себя все явления в организации безопасности дорожного движения, которые так или иначе связаны с человеком.

На автотранспортных предприятиях и организациях учет и анализ всех ДТП с участием транспортных средств, владельцами которых они являются, должны проводиться независимо от места происшествия, его последствий и вины водителей [2].

Учет несчастных случаев осуществляется сотрудниками службы БДД или другими лицами, назначенными приказом организации.

Если происшествие признано несчастным случаем, то его необходимо принять во внимание. Правила учета дорожно-транспортных происшествий, гласят: представление информации о ДТП в объеме необходимом для составления соответствующих отчетных форм, осуществляется в установленном порядке владельцам автомобильных дорог [5].

Все дорожно-транспортные происшествия, происходящие на территории Российской Федерации, подлежат учету. То есть дорожно-транспортные про-

исшествия учитываются независимо от вины водителя, места происшествия и его последствий, а учет погибших и пострадавших в дорожно-транспортных происшествиях ведут медицинские организации.

Согласно статистике аварий, в разных странах мира за 2020 год, Российская Федерация занимает 72-е место из 175 стран.

На рисунке приведена статистика количества ДТП за период 2000-2020 гг. в РФ:

Год	ДТП	Погибло	Ранено	Кол-во машин, млн.	Население, млн.	Погибших на 100 тыс. населения
2000	157495	29594	179401	24,9	146,6	20,2
2001	164401	30916	187790	25,8	146,0	21,2
2002	184360	33243	215678	27,2	145,3	22,9
2003	204267	35602	243919	28,2	144,6	24,6
2004	208558	34506	251386	29,1	144,1	24,0
2005	223342	33957	274864	30,5	143,5	23,7
2006	229140	32724	285362	31,8	143,0	22,9
2007	233809	33308	292206	34,7	142,8	23,3
2008	218322	29936	270883	37,4	142,7	21,0
2009	203603	26084	257034	38,5	142,8	18,3
2010	199431	26567	250635	39,9	142,8	18,6
2011	199868	27953	251849	42,1	143,0	19,6
2012	203597	27991	258617	44,7	143,2	19,5
2013	204068	27025	258437	47,6	143,5	18,8
2014	199720	26963	251785	49,8	146,1	18,5
2015	184000	23114	231197	50,7	146,4	15,8
2016	173700	20308	221140	51,6	146,7	13,8
2017	169432	19088	215374	53,5	146,8	13,0
2018	168099	18214	214853	54,1	146,8	12,4
2019	164358	16981	210877	55,1	146,8	11,6
2020	145073	16152	183040	56,2		

Рис. 1. Статистика ДТП за период 2000-2020 гг.

В официальной статистике учитываются только те ДТП, в которых погибли или ранены люди.

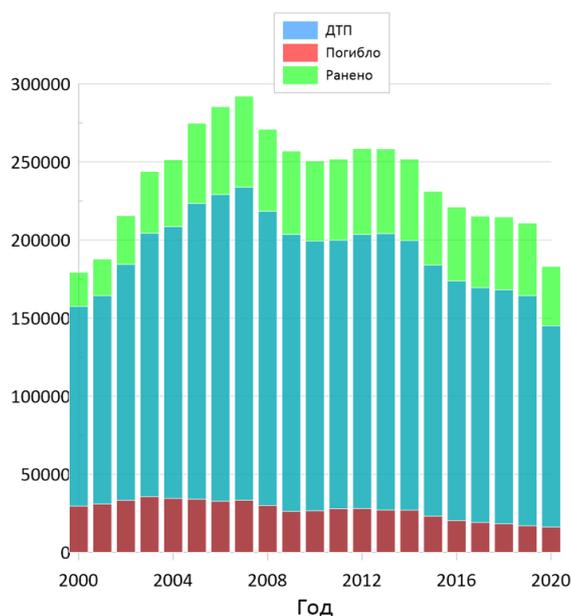


Рис. 2. Количество ДТП по годам

Согласно рисунку 1 количество автомобилей за последние 20 лет в стране удвоилось. При этом согласно рисунку 2 число погибших снизилось почти вдвое, а число ДТП и количество раненых в 2020 и 2000 годах практически одинаковы [6].

Динамику числа ДТП по годам можно разделить на следующие периоды:

- 2000-2007 – существенный рост;
- 2007-2010 – существенный спад;
- 2010-2014 – плато;
- 2014-2017 – существенный спад;
- 2017-2019 – плато;
- 2019-2020 – существенный спад.

Каждый из периодов коррелирует с практикой государства в области профилактики ДТП.

С использованием автоматизированной системы регистрации и сбора информации о ДТП органами внутренних дел Российской Федерации осуществляется ежедневный сбор информации об аварии, а также проводится анализ материалов, приложенных к коду аварии [2].

Информация об авариях ежедневно заносится в базы данных учета ДТП для последующего ее хранения и анализа. При вводе данных в формы регистрации используются специальные коды. Если были внесены изменения (например, изменилось состояние пострадавших или внесены дополнения в описание), соответствующие изменения также должны быть внесены в формы учета ДТП.

Формы учета дорожно-транспортных происшествий составляются отдельно для каждой автомагистрали или улицы и заносятся в журнал, который должен быть пронумерован, прошнурован и храниться в течение 5 лет, начиная с даты последней записи. Также в течение этого периода рекомендуется хранить формы регистрации несчастных случаев в электронном виде.

Ответственность за организацию учета и анализа дорожно-транспортных происшествий возложена на руководителей органов управления автомобиль-

ными дорогами. Руководители назначают конкретных исполнителей, ответственных за учет и анализ дорожно-транспортных происшествий.

Учет дорожно-транспортных происшествий ведут органы внутренних дел, предприятия, организации, ведомства и министерства, которые эксплуатируют транспортные средства. Лечебно-профилактические учреждения и Минздрав ведут учет погибших и раненных.

Любой несчастный случай должен быть зарегистрирован в журнале происшествий. Для всех несчастных случаев проводится анализ причин и условий, способствовавших возникновению несчастного случая.

Дорожно-транспортные происшествия регистрируются, в том числе, с использованием автоматизированных систем учета, сбора и анализа.

Специалистам нередко приходится работать с большими объемами материалов, чтобы найти и проанализировать данные для подготовки всевозможных отчетов. Для упрощения процесса анализа ДТП созданы и используются системы управления базами данных (СУБД): *DBASE*, *RBASE*, *ORACLE* и т.д. СУБД позволяет хранить большие объемы информации и быстро находить и обрабатывать необходимые сведения. СУБД *Microsoft Access* на сегодняшний день является наиболее популярной системой управления базами данных. В *Access* присутствует язык программирования *Visual Basic for Application*, с помощью которого можно создавать массивы, использовать различные типы данных, вызывать *DLL*-функции, где функция *OLE Automation* контролирует работу приложений. Можно создавать целые базы данных с помощью кодирования, когда это необходимо. Немаловажное качество данного ПО – тесная интеграция с *Microsoft Office*. При копировании таблиц в буфер обмена и, применяя вставку из буфера в *Microsoft Word*, можно получать готовые таблицы с актуальными данными непосредственно из базы данных. Кроме того, таблицы доступа из СУБД могут быть перенесены и адаптированы в процессоре электронных таблиц *Ms Excel* [3].

Необходимо не только вести учет ДТП, но их анализ. Для этого необходимо иметь и накапливать не только данные об авариях, но и данные о последствиях аварий; данные о списочном парке транспортных средств, о составе водителей (информация о водителях, как правило, накапливается и обобщается в личных регистрационных карточках водителей); данные о скоростных режимах вождения (средние скорости, включенные в график); данные о нарушениях правил дорожного движения и принятых мерах; информация о выполнении запланированных мероприятий по БДД (количество проверок, медицинских осмотров, инструктажей и т.д.).

Для анализа ДТП также существует ряд программ. Например, в программе *PC-CRASH*, создателем которой является австрийская фирма *Dr. Steffan Datentechnik Ges.m.b.H (DSD)*, можно создавать модели дорожно-транспортных происшествий и проводить их анализ.

В данном ПО для расчета столкновений используются такие модели, как классическая модель столкновения и более совершенные модели – силовая и сетчатая. Программа рассчитывает параметры движения транспортных средств и других объектов в динамике при этом учитывает фактические параметры и окружающую среду, что является ее главным преимуществом. Помимо этого можно использовать модули кинематического расчета. Результаты моделирования, полученные при работе с программой, представляются в виде файлов, которые содержат исходные и расчетные данные вместе с диаграммами и таблицами. Для визуализации выполненного моделирования используются 2D и 3D анимации. Результаты моделирования прикрепляются к экспертному заключению в виде файла проекта [4].

Основные функции ПО *PC-CRASH*:

- моделирование среды движения в 3D с учетом локальных поверхностей, бокового ветра;
- моделирование динамики транспортных средств (в том числе автотранспортных средств) в 3D;

- 3D-моделирование столкновений;
- моделирование многокомпонентных моделей;
- моделирование движения пассажиров (*Madymo®* и *multibody*);
- моделирование движения транспортных средств и других объектов в кинематике;
- применение дополнительных модулей для сопряженных расчетов [4].

Среди основных мероприятий, которые следует проводить для снижения травматизма на дорогах можно выделить:

- обучение лиц «первого контакта» с пострадавшими в дорожно-транспортных происшествиях оказанию первой медицинской помощи и транспортировке пострадавших;
- оптимизацию системы взаимодействия служб участвующих в оказании помощи пострадавшим;
- активное привлечение внимания общественности и средств массовой информации к дорожно-транспортным происшествиям и их последствиям в целях повышения БДД;
- проведение различных мероприятий, конкурсов и пропаганды БДД среди широких кругов населения [1].

Но какие бы меры ни предпринимались государством в области повышения БДД, многое зависит от самих граждан, их личной заботы о сохранении собственной жизни и здоровья, а также жизни и здоровья близких.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 10.12.1995 N 196-ФЗ (ред. от 02.07.2021) "О безопасности дорожного движения"
2. Правила учета и анализа дорожно-транспортных происшествий на автомобильных дорогах российской федерации" (утв. ФДС РФ 29.05.98)
3. Назаров С.В., Мельников П.П. «Программирование на MS Visual Basic» Учебное пособие. - М.: Финансы и статистика, 2003
4. PC-CRASH АНО «Независимый центр экспертизы и оценки»
5. Постановление Правительства РФ от 29,06,95 № 647 «Об утверждении правил учета дорожно-транспортных происшествий»
6. Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения за 2020 год в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 16 сентября 2020 г. № 1502

УДК 368.2

А. А. КОЛПАКОВ

aak505795@gmail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Д. В. ЦЕЛИЩЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ТРАНЗИТ ЧЕРЕЗ ТУРЦИЮ В РОССИЮ

Аннотация. В статье рассматриваются последствия антироссийских санкций на примере логистики России, положительные и отрицательные стороны, выходы из ситуации.

Ключевые слова: транзит, логистика, санкции, импорт, груз, Турция, грузооборот, товар.

В связи со спецоперацией на территории Украины европейские страны ввели санкции против России. Антироссийские санкции, введенные западными странами, ударили по логистике не только Российской Федерации, но и всего мира [1]. В конце февраля Европейский союз для российских самолетов закрыл небо, параллельно росла морская блокада со стороны европейских портов и контейнерных операторов, железнодорожные перевозки были частично запрещены. Отдельный удар пришелся по автотранспорту – самому популярному способу доставки грузов из Европы в Россию. Грузовикам с российскими номерами был запрещен въезд на территорию Европейского Союза. Столь резкое сокращение взаимодействия Европы с Россией в области грузоперевозок вынудило развернуть грузопотоки с северо-запада на юг и восток [2].

Таким образом, Турция стала новым транзитным узлом для российских импортеров. Ввоз товаров через Турцию имеет ряд преимуществ для участников внешней торговли [3]. Первый фактор – это развитая логистическая инфраструктура порта Стамбул. Следующим фактором является возможность осуществления банковских расчетов с контрагентами, в случае успешной проверки валютного контракта переводы обрабатываются в короткие сроки, примерно в течение 1-2 рабочих дней. Третий фактор – изменчивость маршрутов доставки "Турция-Россия". Перевозка может осуществляться железнодорожным, автомобильным, морским транспортом, а также с использованием мультимодальных схем.

Однако, помимо преимуществ транзита через Турцию, существует также множество барьеров [4]. Грузообороту мешает целый комплекс проблем, в первую очередь отсутствие инфраструктуры, необходимость развития пограничных переходов, нехватка российского контейнерного флота, финансовые трудности.

Для стран, где сейчас нет прямых морских рейсов в Россию, Турция интересна как транзитный узел. Из Южной Европы, Америки, Азии и Африки доставляются грузы в порт Стамбул, крупнейший морской порт Турции, на долю которого приходится около 80% всего импорта. В связи с этим Стамбул становится основным перевалочным портом для российских импортеров и экспортеров. Оттуда в Россию доставляются сезонные овощи и фрукты, а также широкий ассортимент товаров народного потребления.

Для транзита через Турцию товаров, в том числе включенных в санкционные списки Евросоюза и США, может быть использована одна из четырех схем [4]:

Первая схема – "косвенный реэкспорт", в этом случае товар от европейского поставщика доставляется в Россию по тому же маршруту, но закупка осуществляется через турецкую компанию. В пути груз перепродается в России и по прибытии на таможенную в РФ конечный покупатель выпускает товар в соответствии с таможенной процедурой «Импорт 40». При использовании этой схемы требуется либо партнерская компания в Турции, либо собственное юридическое лицо в республике.

Второй способ - это "ложный транзит". Смысл этого способа заключается в том, что товар покидает ЕС, следуя транзитом через Россию, но в качестве места разгрузки указана Турция. Попадая на таможенный склад в Российской Федерации, груз "перепродается". В то же время стоимость товаров увеличивается из-за дополнительных финансовых операций и двойных таможенных процедур.

Третья схема – "прямой реэкспорт". В этом случае товар физически отправляется в страну первого покупателя, то есть в Турцию. И уже там, на тран-

зитном таможенном складе, он продается конечному покупателю в России, но такая схема увеличивает затраты.

Четвертая схема - "импорт через третьи страны". Она включает в себя импорт и таможенное оформление товара сначала в третьей стране, после чего груз отправляется в Россию по таможенной процедуре "Экспорт". Очевидно, что эта схема является самой дорогой. Дополнительные расходы добавляются к таможенным платежам, которые необходимо уплатить в третьей стране. Эта опция может быть использована для сокрытия от европейского отправителя конечного получателя приобретенного товара, находящегося в России.

Все вышеперечисленные схемы сопряжены с дополнительными расходами для участников внешней торговли. – Как минимум, это сбор за валютный контроль и оплата дополнительных транзакций, а также дополнительных логистических процедур, включая экспортные, импортные, транспортные и транзитные таможенные процедуры. Не стоит забывать о необходимости переупаковки груза в некоторых случаях, ведь большинство мировых контейнерных линий запрещают отправлять товары в Россию в своих контейнерах [4]. Такие процедуры в Турции могут занять до 20-25 календарных дней. Услуга перегрузки стоит в среднем от 2000 до 3000 долларов. При использовании четвертой схемы необходимо будет повторно маркировать товар. Это также плюс от 3% до 13% от стоимости счета партии. Также придется заплатить импортные пошлины, а для продуктов питания они самые высокие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интервью Главы ТПП России о влиянии санкций на состояние торговли. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://iz.ru/1350709/2022-06-16/glava-tpp-rossii-rasskazal-o-vliianii-sanktcii-na-sostoianie-torgovli>
2. Транзит и перепродажа в пути: как товары из Европы возят в Россию. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.forbes.ru/biznes/469665-loznyj-tranzit-i-pereprodaza-v-puti-kak-tovary-iz-evropy-vozat-v-rossiu>
3. Разворот России на Юг как безальтернативная стратегия. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://vybor-naroda.org/lentanovostey/219829-razvorot-rossii-na-jug-kak-bezalternativnaja-strategija.html>
4. Транзит Турции: О схемах доставки, подводных камнях и стоимости перевозки через республику. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://logirus.ru/articles/ved/turtsiya-_tranzit_ponevole.html

УДК 620.92

Д. А. КОРОЛЕВА

korolev4di@yandex.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. В. В. ШАЙДАКОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

АНАЛИЗ И ПОДБОР ФИЛЬТРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ГИДРОПРИВОДА СОЛНЕЧНОГО ТРЕКЕРА

Аннотация. В статье на основе анализа научно-технической литературы приведен обзор фильтрующих материалов и обоснование конструкции фильтра гидросистемы привода солнечного трекера, с учетом условий эксплуатации.

Ключевые слова: солнечная энергетика, фильтрующий материал, гелиотехника, фильтр.

Солнечный трекер – это поворотное устройство, осуществляющее позиционирование панели относительно солнца с возможностью обеспечения максимальной выработки электроэнергии. Поворот платформы трекера осуществляется за счет гидропривода. Для обеспечения исправной его работы немаловажным фактором является чистота рабочей жидкости. Так как из статистических данных 60% отказов машин и механизмов, оснащенных гидросистемами, приходится именно на гидравлические элементы, и, в свою очередь, 70% - 80% этих отказов гидравлического оборудования связано с загрязнением рабочей жидкости. Поэтому, важно подобрать фильтрующий материал, учитывая конструктивные, технологические и эксплуатационные характеристики гидропривода [1].

Известно большое количество применяемых фильтрующих материалов с различными характеристиками, изготовленных по ряду современных технологий. Важно учитывать особенности конструкции фильтра условие эксплуатации, вид рабочей жидкости, экономические показатели, возможность импортозамещения. Оптимальными конструкциями фильтра являются технические решения с тканевыми, пористыми и губчатыми материалами. В зависимости от типа среды, температурного режима существует множество разновидностей

фильтрующих материалов для газообразных и жидких сред, классификация которых представлена на рисунке 1.

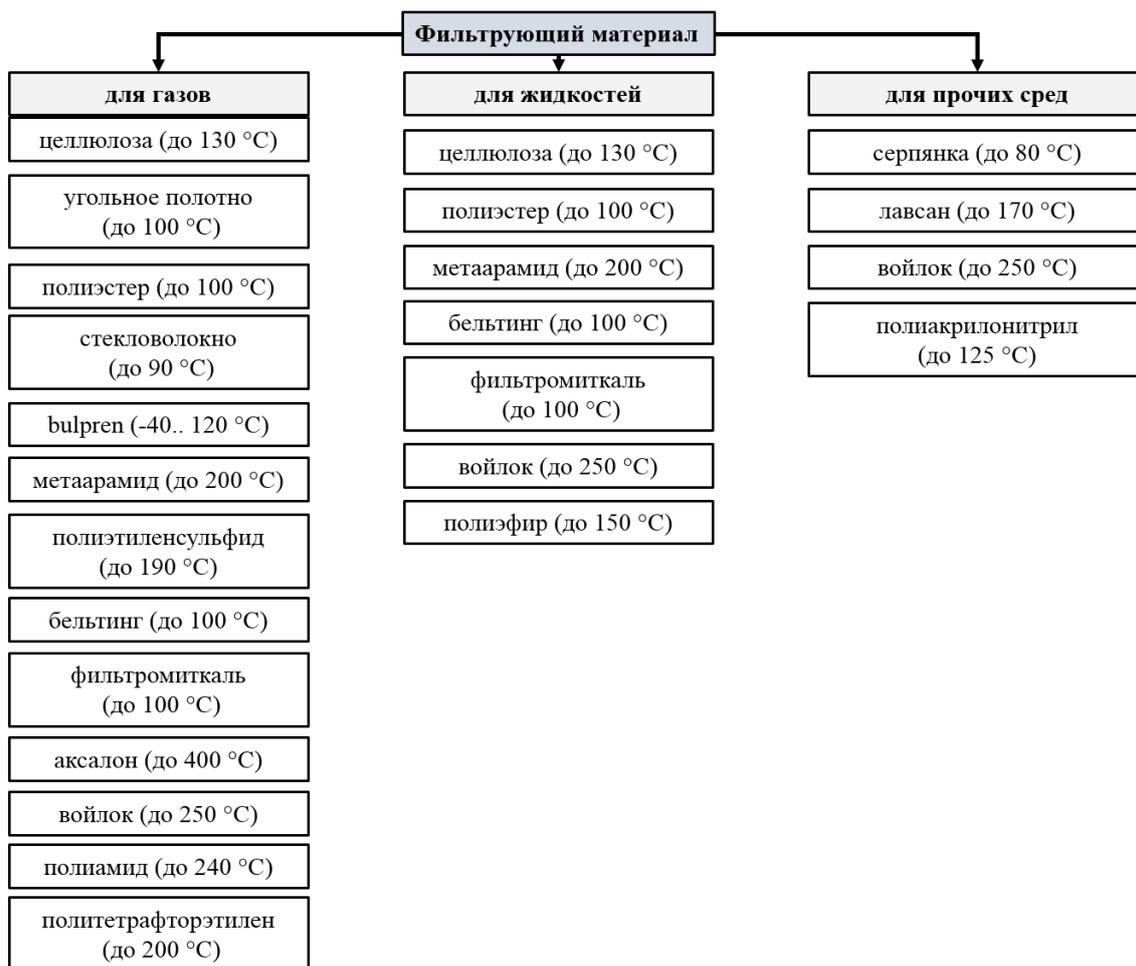


Рис. 1. Классификация тканевых и пористых фильтрующих материалов

Уровень загрязненности рабочей жидкости в гидросистеме зависит от характеристик фильтра и давления, развиваемого насосом, с учетом того, что в системе солнечного трекера механическим источником энергии является шестеренный насос с номинальным давлением питания 16 МПа, и применяется электрогидравлический следящий привод. Номинальная тонкость фильтрации рабочей жидкости должна составлять 5 – 10 мкм и класс чистоты фильтра от 10 до 12, по ГОСТ 17216 – 2001 [2]. Учитывая характеристики эксплуатации фильтрующих материалов, представленных в классификации наиболее подходящими по степени очистки, температуре, являются: целлюлоза, полиэстер, метаарамид, войлок, полиэфир.

На основе анализа достоинств и недостатков отобранных материалов, можно сделать вывод, что наиболее эффективным является целлюлозный фильтр, так как он имеет высокий фильтровальный цикл, большой срок службы фильтрации пластин, пригоден для утилизации отходов и экономически оправдан.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Логвинов Л.М., Ковалев М.А., Хабло И.И. Повышение надежности гидравлических систем воздушных судов за счет анализа параметров частиц загрязнения рабочей жидкости // Вестник государственного самарского аэрокосмического университета, 2007.
2. Межгосударственный стандарт. Классы чистоты жидкостей. ГОСТ 17216 – 2001.
3. Веренич И.А., Д.Л. Жилинин., М.А. Тини. Методические указания «Чистота рабочих жидкостей и масел. Определение класса чистоты рабочей жидкости», Минск. – 2006.

УДК 368.2

П. Д. КОРШУНОВА

polz54790034@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А. А. СОЛОВЬЕВА

Уфимский государственный авиационный технический университет

ОСОБЕННОСТИ ТРАНСПОРТИРОВКИ ГАЗА

Аннотация. В статье рассматривается история создания «Северного потока», а также проблемы транспортировки газа в период санкций.

Ключевые слова: газ, импорт, санкции, газопровод, Европа и Россия.

Северный поток представляет собой часть магистрального газопровода между Россией и Германией, проходящего через Балтийское море. Также является малой частью системы «Ямал-Европа». С помощью Северного потока производится импорт газа на европейский рынок.

Прокладка газопровода начата в 2010 году, через год начались поставки газа по первой нитке. Осенью 2012 года начались прямые коммерческие поставки газа по двум ниткам газопровода.

На данный момент существует Северный поток-1 и Северный поток-2, длина второго составляет 1234 км, что всего лишь на 10 км больше первого потока, связано это с обходом территориальных вод Дании [1].

Сложности поставки газа в Европу, на данный момент, обусловлены запретами со стороны Запада. В 2022 году, после начала спецоперации на Украине, возникли проблемы с экспортом и импортом из России. Переход на валюту России, обслуживание трубопровода в странах Европы и другие политические проблемы препятствуют грамотному импорту газа.

Согласно прогнозам, импорт газа в Евросоюз к 2030 году достигнет практически 512 млрд м³. Природный газ, получаемый на территории Российской Федерации, подходит под параметры европейской программы по борьбе с изменениями климата, это связано с низким количеством выброса диоксида углерода.

На данный момент готовится новый пакет санкций со стороны Евросоюза на импорт и экспорт продукции из России. В пакет будут включены и изменения на импорт нефти. В таком случае, на санкции Евросоюза, Российская Федерация готовит свои пакеты, в том числе ограничения поставок газа по газопроводу Северный поток [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Северный поток. (б.д.). Получено из Википедия: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BA
2. Санкции и логистика: как живет бизнес, связанный с зарубежными поставками. (б.д.). Получено из ДелоМодульбанка: <https://delo-modulbank-ru.turbopages.org/delo.modulbank.ru/s/all/sanctions-and-logistics>

УДК 368.2

В. А. ЛОПОУХОВ

ivcaboose@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Д. В. ЦЕЛИЩЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ЭЛЕКТРОСАМОКАТЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ТРАНСПОРТНУЮ ПОДВИЖНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ

Аннотация. В статье рассматриваются особенности и перспективы развития кикшеринга и его влияние на транспортную подвижность населения.

Ключевые слова: кикшеринг, электросамокат, экология, микромобильность

Во многих городах России новой популярной услугой является аренда электросамокатов или кикшеринг. Данный сервис позволяет взять самокат, быстро арендовать его с помощью мобильного приложения и доехать до места назначения.

Электросамокаты используются и для передвижения по городу, и для развлекательных поездок. Довольно часто в больших городах добраться до нужного места на самокате выходит быстрее и дешевле, чем на такси, благодаря отсутствию пробок.

Пресс секретарь Whoosh Юлия Камойлик: «65% всех поездок на наших электросамокатах – использование самоката как транспорта. Люди отказываются от автомобилей, автотранспорта в пользу микромобильности. Сервисы кикшеринга доказывают, что микромобильность может быть массовым видом транспорта» [2].

Массовое использование электросамокатов как личного транспорта позволяет снизить количество автомобилей на дорогах, что положительно сказывается на транспортной сети и экологии города. Кикшеринг, в свою очередь, является более привлекательной альтернативой к покупке собственного электросамоката, так как пара поездок на самокате не сильно бьют по карману. Благодаря этим факторам в данное время наблюдается быстрый рост популярности аренды самокатов, «По прогнозам экспертов, к 2024 году рынок кикшеринга в России вырастет в 3–4 раза – до 30–40 млрд рублей. Количество пользователей

тоже увеличится – до 40–50 млн человек. Они будут совершать примерно 230 млн поездок в год» [3].

Однако высокая популярность электросамокатов так же привела к увеличению числа ДТП. В январе – июле 2021 г. их кол-во увеличилось на 66% год к году, с 160 до 266 [5]. В данное время еще нет специальных законов, регулирующих движение электросамокатов. В ПДД РФ лица, передвигающиеся на самокатах, приравниваются к обычным пешеходам, однако двухколесные транспортные средства с электродвигателями «номинальной максимальной мощностью в режиме длительной нагрузки более 0,25 кВт и менее 4 кВт» приравниваются к мопедам, из чего следует, что водители электросамокатов должны двигаться по правому краю проезжей части. В Минтрансе прозвучало несколько предложений, какие ограничения можно ввести для электросамокатов, но ничего конкретного еще не было предпринято. «Мы видим, что самокаты становятся одним из главных видов транспорта вне зимнего периода – на каждый в день приходится в среднем шесть поездок. А значит, мы будем и дальше развивать услугу – уже в этом году парк вырастет минимум до 20 тыс. самокатов», – подчеркнули в ведомстве [6].

Основными поставщиками услуг кикшеринга являются:

Whoosh – впервые разработка проекта началась в 2018 г. – было создано мобильное приложение. В июле 2019 г. сервис был запущен в Москве. В феврале 2021 количество самокатов *Whoosh* превышало 10 тыс. шт.

Данная компания имеет подписочный сервис, который будет выгоден тем, кто часто пользуется их электросамокатами.

	Среднее кол-во поездок пользователя	Плата за 1 старт(руб)	Сумма платы за старт без подписки	Плата за подписку	Экономия	Экономия
WHOOSH MONTH PASS	20	50₽	1000	499	501₽	50%
WHOOSH WEEK PASS	8	50₽	400	199	201₽	50%

Рис. 1. Тарифы компании Whoosh

Карусель – в 2020 г. компания Карусель выбрала электротранспорт как основу бизнеса. Данная компания предлагает самокаты собственного производства, а так же в будущем планирует разнообразить автопарк другими транспортными средствами с электродвигателями.

Яндекс – в июле 2021 года популярном приложении Яндекс.Го появилось возможность аренды электросамокатов. Используется модель самокатов Ninebot Max Plus 2022 года выпуска.

В целом, высокая популярность кикшеринга положительно влияет на транспортную инфраструктуру благодаря снижению количества машин на дорогах, но необходимо принять соответствующие законы, регулирующие их движение для сокращения количества ДТП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Что такое кикшеринг. Объясняем простыми словами [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://secretmag.ru/enciklopediya/chto-takoe-kikshering-obyasnyаем-prostymi-slovami.htm>
2. Докатились. Чем обернутся гонения на электросамокаты в российских городах [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://secretmag.ru/news/dokatilis-chem-obernutsya-goneniya-na-elektrosamokaty-v-rossiiskikh-gorodakh.htm>
3. Рынок кикшеринга в России за год взлетел на 200% и перевалил за 10 млрд рублей [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://secretmag.ru/news/rynok-kiksheringa-v-rossii-za-god-vzletel-na-200-i-perevalil-za-10-mlrd-rublei-25-10-2021.htm>
4. В России стало больше ДТП с электросамокатами [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://secretmag.ru/news/v-rossii-stalo-bolshe-dtp-s-elektrosamokatami-05-09-2021.htm>
5. МВД заявило, что в России в 2021 году резко выросло число ДТП с электросамокатами [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://tass.ru/obschestvo/12305241>
6. За первый месяц работы вы совершили уже полмиллиона поездок на электросамокатах [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://transport.mos.ru/mostrans/all_news/106135
7. Правила дорожного движения Российской Федерации [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://ivo.garant.ru/#/document/1305770/paragraph/371231:0>
8. Шеринг самокатов Whoosh [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://whoosh-bike.ru/>
9. Шеринг самокатов Whoosh появился в Петербурге [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://truesharing.ru/news/20134/>
10. Сервис аренды электросамокатов Whoosh привлек 1,9 млрд рублей от структур ВТБ и «Открытия» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://vc.ru/transport/208174-servisarendy-elektrosamokatov-whoosh-privlek-1-9-mlrd-rublei-ot-struktur-vtb-i-otkrytiya>
11. Кикшеринг Карусель [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://www.carusel.club/about#o-kompanii>
12. Самокаты Яндекс Go [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://go.yandex/ru_ru/lp/rides/scooter/

УДК 629.3.082

В. М. МАЗИТОВ

mbagumka@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Д. В. ЦЕЛИЩЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

РЫНОК АВТОЗАПЧАСТЕЙ И АВТОМОБИЛЕЙ В РОССИИ В УСЛОВИЯХ САНКЦИЙ В 2022 ГОДУ

Аннотация. В статье рассматривается автомобильный рынок в России и как он изменился за последнее время с упором на логистику запчастей, импортозамещение и уход брендов.

Ключевые слова: автомобильный рынок, автозапчасти, логистика, импортозамещение, дефицит, параллельный импорт.

Не успев оправиться от пандемии коронавируса, отечественный автомобильный рынок вновь погрузился в новый кризис. Стремительно развивающиеся геополитические события повлекли за собой серьезные колебания курса рубля и целую волну экономических санкций, которые затронули автомобильный рынок в стране.

Согласно сведениям ежемесячного отчета Ассоциации европейского бизнеса (АЕБ) по продажам новых автомобилей на отечественном рынке, за июнь в России было продано 32 412 новых легковых и легких коммерческих автомобилей, что на 74,9% меньше показателей за тот же период прошедшего года. В июне число проданных машин составило 27 761, а в мае 2022 г. – 24 268. Однако, несмотря на позитивную динамику, продажи автомобилей в стране остаются на довольно невысоком уровне по сравнению с 2021 годом. За текущий год россиянами было куплено 368 850 машин – на 60,5% меньше, чем в прошлом году.

Главной причиной таких показателей является дефицит запасов машин в дилерских центрах. С введением ограничительных мер против России многие автокомпании приостановили импорт автомобилей на российский рынок, а также заморозили работу своих заводов внутри страны. Некоторые компании, такие как Renault и General Motors и вовсе приняли решение покинуть россий-

ский рынок. Однако, почти все автокомпании уточняют, что о полном уходе с рынка речи пока не идет и что нынешние ограничения являются временными.

	Марка	Модель	Июль				Марка	Модель	Январь — Июль		
			2022	2021	Измен.				2022	2021	Измен.
1	Lada	Granta	6 541	10 885	-4 344	1	Lada	Granta	29 928	82 093	-52 165
2	Lada	Vesta	1 631	10 223	-8 592	2	Lada	Vesta	23 194	67 254	-44 060
3	Hyundai	Creta	1 306	5 246	-3 940	3	Kia	Rio	22 236	50 390	-28 154
4	Kia	Rio	1 161	5 640	-4 479	4	Hyundai	Solaris	17 273	38 133	-20 860
5	Haval	Jolion	1 050	988	62	5	Hyundai	Creta	14 731	44 046	-29 315
6	Geely	COOLRAY	995	1 387	-392	6	Lada	Niva	14 211	34 663	-20 452
7	Lada	Niva	980	4 555	-3 575	7	Renault	Duster	10 765	23 123	-12 358
8	Kia	Sportage	688	1 900	-1 212	8	Lada	Largus VP	9 373	24 398	-15 025
9	Lada	Largus VP	650	3 345	-2 695	9	VW	Polo	9 093	32 756	-23 663
10	Kia	Seltos	607	1 817	-1 210	10	Toyota	RAV 4	7 659	21 900	-14 241
11	УАЗ	Patriot	572	1 075	-503	11	Škoda	Rapid PA II	7 323	27 620	-20 297
12	Renault	Logan	564	2 972	-2 408	12	Renault	Logan	6 932	19 798	-12 866
13	Renault	Duster	517	3 408	-2 891	13	Haval	Jolion	6 346	2 010	4 336
14	Geely	ATLAS PRO	499	0	499	14	Kia	Seltos	6 113	11 430	-5 317
15	Hyundai	Sonata	472	643	-171	15	Nissan	Qashqai	5 636	11 201	-5 565
16	Geely	TUGELLA	404	91	313	16	Mazda	CX-5	5 498	10 910	-5 412
17	Škoda	Rapid PA II	398	4 311	-3 913	17	Kia	Sportage	5 289	16 322	-11 033
18	VW	Polo	389	4 229	-3 840	18	Toyota	Camry	4 863	18 021	-13 158
19	Hyundai	Solaris	385	4 592	-4 207	19	Nissan	X-Trail	4 847	10 206	-5 359
20	Mazda	CX-5	363	1 300	-937	20	Renault	Sandero	4 578	15 728	-11 150
21	Hyundai	Tucson	356	1 372	-1 016	21	Mitsubishi	Outlander	4 515	8 906	-4 391
22	Kia	Cerato	352	1 094	-742	22	Lada	XRAY	4 258	15 917	-11 659
23	Hyundai	Elantra	348	323	25	23	Geely	COOLRAY	4 107	5 942	-1 835
24	Lada	XRAY	334	2 035	-1 701	24	Kia	Cerato	3 910	6 825	-2 915
25	Kia	Soul	329	727	-398	25	Renault	Kaptur	3 832	11 548	-7 716

Рис. 1. 25 самых продаваемых новых легковых автомобилей в РФ по моделям за июль 2022/2021 гг. и январь - июль 2022/2021 гг. [1]

В связи со сложившейся экономической ситуацией, ряд популярных автомоделей ушли в сильный минус. В июле упали продажи ранее популярного среди россиян седана Hyundai Solaris. За последний месяц на российском рынке было продано всего 385 Hyundai Solaris, что на 90% меньше, чем в прошлом году. Тогда россияне купили 4592 машины. В результате чего, Solaris, некогда попадавший в пятерку самых популярных моделей, опустился на 19-е место в рейтинге. Не лучшим образом обстоят дела у Skoda Rapid и Volkswagen Polo, чьи продажи составили всего 398 и 389 штук. Как и в случае с Solaris, продажи данных моделей упали на 90%.



Рис. 2. Hyundai Solaris

Дефицит образовался не только в сегменте импортных машин, но и среди тех автомобилей, производство которых локализовано внутри страны, ведь проблема коснулась не только машин, но и запчастей к ним. Заводы, сохранившие производство, столкнулись с проблемой нехватки комплектующих, что и вызвало снижение производства. За март текущего года в стране было собрано на 70% меньше машин, чем в прошлом году.

Многие владельцы автомобилей весной текущего года столкнулись с резким подорожанием запчастей и комплектующих для легковых автомобилей. Эксперты связывают это с прерыванием логистических цепочек и резким колебанием курса рубля. По данным российской газеты «Коммерсант», с начала весны запчасти для автомобилей в России подорожали в среднем на 30%. Проблемы с поставками через порты других стран привели к приостановке контейнерных перевозок. За несколько месяцев образовался дефицит, а самые востребованные комплектующие стали сильно расти в цене [2]. Заметно подорожали бамперы, стекла и фары, шины, воздушные и масляные фильтры, свечи, катушки зажигания, тормозные колодки и прочие компоненты. Вдвое подорожали самые ходовые среди автолюбителей товары, а запчасти для кузовного ремонта по итогам апреля выросли в цене на 31% в среднем по сравнению с тем же периодом прошлого года.

Министерство промышленности и торговли, чтобы избавиться от дефицита, разрабатывает процедуру так называемого «параллельного импорта», что позволяет ввоз товаров в страну без согласия владельцев торговых марок. Минпромторг уже составил перечень из более чем 200 брендов из других стран, в число которых вошли Hyundai, Nissan, Volkswagen, Toyota, Volvo, Scania, а также Land Rover, Jeep, Jaguar, Chrysler, Bentley, Cadillac, Tesla, Skoda, Nissan и другие марки. Можно будет легально экспортировать технические узлы и электронику Wabco, приводные ремни и гидравлику Gates, шины Continental, Michelin, Goodyear и Bridgestone. Таким образом, «параллельный импорт» может заменить до 40% традиционных международных поставок, до 30% требуемого объема деталей можно будет приобрести из дружественных стран напрямую, а еще 15% изготавливать самостоятельно [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Автостат» спрогнозировал худший для авторынка России месяц [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://www.autonews.ru/news/6283d8959a794718b0e93651>
2. Когда запчасти подешевеют? Стоит ли ждать падения цен на запчасти? [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://auto.mail.ru/article/84261-zapchasti-dorozhayut-kogda-zhdat-stabilizatsii-tse/>
3. Запчасти дорожают. Когда ждать стабилизации цен? [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://aif.ru/auto/support/zapchasti_dorozhayut_kogda_zhdat_stabilizacii_cen

УДК 622.2, 620.197.7

Р. Г. МАНУКЯН, Р. Р. КАЛИМУЛЛИН

raksana.manukyana.2016@bk.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук Р. Р. КАЛИМУЛЛИН

Уфимский государственный авиационный технический университет

ВЫБОР МАТЕРИАЛА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В АГРЕССИВНЫХ СКВАЖИННЫХ СРЕДАХ

Аннотация. Изучение влияния агрессивных сред на стали и выбор материала по агрессивности скважинных сред.

Ключевые слова: углекислый газ, сероводород, коррозия, коррозионная стойкость.

До 1946 года нефть добывалась за счет ее естественной энергии пласта, не требующей дополнительной помощи извне. Однако уже с 1946 по 1985 год начали внедрять метод наводнения в уже эксплуатируемые либо вновь вводимые в эксплуатацию скважины. Впервые данный метод увеличения нефтеотдачи был применен на Туймазинском месторождении. Применение заводнения способствовало увеличению коэффициента извлечения нефти (КИН) более чем в 2 раза.

С 1985 по 1995 года стали улучшать технологию заводнения, используя различные добавки к воде, которые повышали ее вытесняющую способность. К добавкам относились поверхностно-активные вещества, кислоты, щелочи и др. Стали активно изучать и применять в опытных масштабах термические, химические, газовые и физические методы увеличения нефтеотдачи (МУН). Благодаря этим исследованиям КИН на некоторых месторождениях был повышен до 0,5-0,6.

Погоня за повышением нефтеотдачи привела к росту агрессивности добываемых сред. Это связано с введением новых технологий по увеличению КИН [1].

В случае нефтепромыслового оборудования главными особенностями коррозионного разрушения являются гетерогенность добываемого флюида («нефть – газ – вода») и разнообразие факторов коррозии, действующих на ма-

териал трубы. В зависимости от преобладания тех или иных факторов коррозии можно выделить следующие основные ее виды: углекислотная, сероводородная. К наиболее опасным видам коррозионных разрушений нефтепромыслового оборудования относятся локальная коррозия по CO_2 , в ряде случаев осложненная наличием сероводорода, и сульфидное коррозионное растрескивание под напряжением (СКРН).

Локальная коррозия может развиваться в виде язв классической формы, мейза-коррозии, включая мейза-коррозию с аномально высокой скоростью, развивающейся под слоем плотно сцепленных продуктов коррозии [2].

При этом повышение температуры и содержания углекислого газа оказывает значительное влияние на характер повреждений и скорость коррозии, составляющую 0,5–50мм/год. Наиболее опасным проявлением воздействия сероводорода является образование трещин, распространяющихся по толщине стенки трубы при одновременном воздействии сероводорода (СКРН), вследствие чего может произойти внезапное полное разрушение трубы.

В силу существенного различия механизмов, вызывающих разрушение металла под воздействием коррозионных сред с различным содержанием агрессивных газов, меры воздействия на коррозионный процесс в целях его подавления для обеспечения требуемой коррозионной стойкости должны быть различными.

Большая часть оборудования установок подготовки сероводородсодержащего газа выполняется из низколегированных малоуглеродистых сталей типа Ст20. Стали подобного типа пластичны, хорошо свариваются, имеют небольшие после сварочные напряжения. Применяются они в нормализованном и отпущенном состояниях. Для менее ответственных деталей, работающих в условиях незначительных нагрузок и давлений, применяется Ст10. Сталь 20 для применения в условиях сероводородсодержащего газа поставляется с повышенными требованиями к качеству по ТУ 14-3-460-2009, разработанные ГП НИТИ.

На базе Ст20 с аналогичными механическими свойствами существует более стойкая к сероводородному растрескиванию, но и более чувствительная к

термическому влиянию сталь марки 20ЮЧ, дополнительно легированная алюминием и церием. Поставляется она по стандарту ТУ 14-1551-88 “Трубы бесшовные горячедеформированные из конструкционной малоуглеродистой мартенситной стали”, установленному Российским институтом стандартизации.

Малоуглеродистые стали не являются стойкими против сероводородной коррозии. Поэтому для наиболее ответственных элементов оборудования добычи сероводородсодержащего газа применяют нержавеющие стали и сплавы типа 06ХН20Н8МЗДЛ или ХН40МДТЮ.

Режим термической обработки и для этих нержавеющих сталей является определяющим: например, стали 06ХН20Н8МЗДЛ или ХН40МДТЮ, стойкие против сероводородной коррозии, при нарушении режима термической обработки становятся склонными к сероводородному растрескиванию.

Склонность сталей к статической водородной усталости возрастает при увеличении прочности и уровня приложенного напряжения. В настоящее время для оборудования, эксплуатируемого в сероводородсодержащих средах, в основном применяют стали с твердостью не более 22HRC и прочностью, не превышающей 630 МПа. Однако в последнее время в литературе встречаются данные, свидетельствующие о стойкости к СВУ стали с более высокими прочностными характеристиками. Так, стали марок 25ХГС, 35ХГС, 35ХГМ, 35ХГФМ, 110Х13, 110Х18 с пределом текучести более 630 МПа не подвергались сероводородному растрескиванию при напряжениях, близких к пределу текучести.

Из сталей марок 15ГМФ, 15ГФ, 10ГБ изготавливают обсадные и насосно-компрессорные трубы более высокой категории прочности. Эти трубы для повышения их стойкости к сероводородному растрескиванию обрабатывают в режиме термомеханической обработки.

Из зарубежных образцов высокой стойкостью к сероводородному растрескиванию обладают трубы более высоких категорий прочности из сталей марки VН2(09Г2С).

Для изготовления фонтанной арматуры, стойкой к сероводородному растрескиванию, применяют низкоуглеродистую сталь марки 30ХМА с термической обработкой или сталь марки 06Х20Н8МЗД.

Для сосудов и трубопроводов более высокой категории прочности планируется применение стали 09ХГ2НАБЧ.

Так, коррозионная стойкость стали в CO_2 содержащих средах обеспечивается ферритно-перлитной микроструктурой, легированием Cr в количестве до 5% в сочетании с модифицирующими добавками Mo, V, Ti, Nb [3].

Лаборатория испытаний строительных материалов и конструкций ГБУ «ЦЭИИС» определила добавление каких элементов положительно влияет на изменение свойств стали.

Хром (Cr) используется для повышения прочности, закаливаемости, жаропрочности материала, но при этом снижает теплопроводность и вязкость стали.

Молибден (Mo) применяют для повышения прочностных характеристик стали, для увеличения твердости, красностойкости и антикоррозионных свойств. Он делает сталь теплоустойчивой, повышает несущую способность конструкций при ударных нагрузках и высоких температурах.

Ниобий (Nb) улучшает кислотостойкость стали и способствует уменьшению коррозии в сварных конструкциях, что является важным фактором для оборудования больших габаритов.

Титан (Ti) добавляют для повышения прочности, плотности, пластичности, прокаливаемости стали при малых содержаниях и понижении при больших. Титан улучшает обрабатываемость стали и ее сопротивление коррозии.

Ванадий (V) обеспечивает мелкозернистость стали, повышает твердость и прочность. Увеличивает плотность стали, так как является хорошим раскислителем. Снижает чувствительность стали к перегреву и улучшает свариваемость [4].

Повышение стойкости стали к водородному растрескиванию (ВР) и СКРН в сероводородсодержащих средах и в средах с возможным наличием малых количеств углекислого газа обеспечивается за счет измельчения кристал-

лического зерна, увеличения доли мартенсита в структуре и содержания элементов, подавляющих коррозию, что реализуется при комплексном легировании стали Cr в количестве не более 1,5% (масс.), Mo, V, Nb, Ti.

В средах с высоким содержанием как сероводорода, так и углекислого газа необходимо применение нержавеющей сталей с высоким содержанием Cr и Ni.

Никель (Ni) увеличивает вязкость, прочность и упругость, но снижает теплопроводность стали. Значительное содержание никеля делает сталь немагнитной, коррозионностойкой и жаропрочной [3].

Никель уменьшает содержание углерода в перлите, вследствие чего структура никелевой стали содержит больше перлита, чем структура углеродистой стали с той же концентрацией углерода, с учетом хрупкости перлитных частиц это может служить дополнительной причиной повышенной склонности стали к растрескиванию. Но при отпуске стали при температуре 923 К это приводит к распаду игольчатых структур, за счет чего повышается стойкость стали к этому виду разрушения.

При содержании никеля выше 2% и углерода более 0,2% растет склонность к самозакаливанию при охлаждении на воздухе, это приводит к повышению склонности к сероводородному растрескиванию. Однако такая закономерность справедлива при обжатию в процессе холодной прокатки, превышающей 10%. Обжатие до 10% заметно повышает стойкость стали к сероводородному растрескиванию.

Снижение количества углерода до 0,06% при одновременном уменьшении хрома и увеличении никеля позволяет получать трубы с более высокой стойкостью к сероводородному растрескиванию.

Аустенитные хромоникелевые стали типа 18% Cr-10% Ni имеют более высокую стойкость к сероводородному растрескиванию под напряжением, но более низкие прочностные свойства. Кроме того, в присутствии хлоридов при температурах выше 60 С° они подвержены питтингообразованию и хлоридно-сероводородному коррозионному растрескиванию. Стали аустенитно-

ферритного класса, содержащие 22—28 % хрома и 5-7% никеля, характеризуются более высокой стойкостью к хлоридному растрескиванию по сравнению со сталями аустенитного класса типа 18% Cr-10% Ni и 17% Cr-13% Ni-3% Mo, как и другие высокопрочные материалы, в присутствии сероводорода могут подвергаться сероводородному коррозионному растрескиванию.

К двухфазным сталям, рекомендуемым за рубежом для применения в среде сероводорода, относятся марки валлурек 125VS522, сэндвик SAF 22-05, саникро 28, маннесман-22 и др.

Высоколегированные аустенитные нержавеющие стали, содержащие 20-30% хрома и 20-35% никеля, выгодно отличаются от всех других нержавеющих сталей сочетанием высокой коррозионной стойкости и прочности. Они обладают удовлетворительной технологичностью (подвергаются холодной обработке). Их применение ограничено высокой стоимостью и содержанием дефицитных элементов. Сплавы на основе никеля, такие, как хастеллой, инконель и другие, характеризуются более высокой коррозионной стойкостью в среде H₂S по сравнению с другими освоенными промышленностью сплавами, однако из-за высокой стоимости применяются только для изготовления наиболее ответственных деталей, работающих в особо тяжелых условиях.

Титановые сплавы также имеют высокую стойкость к общей коррозии и сероводородному коррозионному растрескиванию. В водных растворах с pH < 3 при контакте с менее благородными металлами, например углеродистой сталью, титановые сплавы охрупчиваются в результате образования гидридов титана. Высокой стойкостью отличаются кобальт-хром-вольфрамовые сплавы и сплавы никеля с бором, которые обычно используют в качестве наплавки на уплотнительные поверхности арматуры [5].

Для борьбы с углекислотной коррозией применяются обсадные и насосно-компрессорные трубы из сталей мартенситного класса, содержащих 13% хрома. Для эксплуатации на месторождениях, где трубы подвергаются воздействию углекислого газа и ионов хлора (морская вода), хорошие результаты по-

казала сталь с 13% хрома, технические требования к которой для группы прочности L80 сформулированы в стандарте API 5CT. К таким маркам стали относятся: 20X13, 10X12НДЛ, SM13CRM [6].

В исследованиях Девятериковой Н.А. и др. приведены система выбора материалов для эксплуатации в агрессивных средах [2], требующая дополнения и расширения границ применимости для сред различной агрессивности в зависимости от присутствия компонентов аггрессоров.

Таблица 1

Рекомендации по применению марок стали в коррозионных средах [2]

Типы среды	Группа коррозионной стойкости	Граничные условия эксплуатации (парциальное давление p , Мпа)	Марки стали	Группа прочности
Среда с содержанием углекислого газа	не менее S	$p_{CO_2} < 0.1$	20X13, 10X12НДЛ, SM13CRM	К-Л; N80 тип Q; L-80 тип 1; C90 тип 1; T95 тип 1
Среды с малым содержанием сероводорода и углекислого газа	S	$p_{CO_2} < 0.1, p_{H_2S} \leq 0.0035$	18ХМФБ; 181МФБ; 18Х3МФБ; 30ХГМА, 20X13, 30X13	К-Л; N80 тип Q; L-80 тип 1; C90 тип 1; T95 тип 1
Среды со средним содержанием углекислого газа и с малым содержанием сероводорода	C	$p_{CO_2} < 0.051, p_{H_2S} \leq 0.00035$	18ХМФ; 181Х1МФБ; 30ГМА;	К-Л; N80 тип Q; L-80 тип 1; C90 тип 1; T95 тип 1,
		$0.5 \leq p_{CO_2} < 0.2, p_{H_2S} \leq 0.00035$	15Х5МФБ, 18Х3МФБ;	К-Е; N80 тип Q; L-80 тип 1
Среды со средним содержанием углекислого газа и сероводорода	CS	$p_{CO_2} < 0.051, p_{H_2S} \leq 0.01$	18ХМФБ, 18Х1МФБ, 18Х3МФБ, 30ХГМА,	К-Л; N80 тип Q; L-80 тип 1; C90 тип 1; T95 тип 1,
		$0.5 \leq p_{CO_2} < 0.2, p_{H_2S} \leq 0.01$	18Х3МФБ	К-Е; N80 тип Q; L-80 тип 1
Сероводородные среды с высоким содержанием сероводорода и с малым содержанием углекислого газа	SS	$p_{CO_2} < 0.051, p_{H_2S} \geq 0.01$	18ХМФБ, 18Х1МФБ	К-Е; N80 тип Q; L-80 тип 1, C90 тип 1
			30ХГМА	К-Л; N80 тип Q; L-80 тип 1; C90 тип 1; T95 тип 1,
Среды с содержанием сероводорода и отсутствием углекислого газа	Не менее SS	$p_{H_2S} \geq 0.01$	06ХН20Н8МЗДЛ, ХН40МДТЮ, 25ХГС, 35ХГС, 35ХГМ, 35ХГФМ, 110Х13, 110Х18	К-Л; N80 тип Q; L-80 тип 1; C90 тип 1; T95 тип 1,

Применительно к условиям работы в агрессивных скважинных средах с содержанием сероводорода при проектировании применяются стали следующих марок: 06ХН20Н8МЗДЛ, ХН40МДТЮ, 25ХГС, 35ХГС, 35ХГМ, 35ХГФМ, 110Х13, 110Х18 стали, основными легирующими веществами которых являются: Мо, V, Ti, Nb, Ti, Cr. Указанные легирующие вещества меняют кристаллическую структуру сталей, модифицируют их кристаллические решетки и придают защитные свойства от воздействия агрессивных скважинных сред, содержащих H₂S и CO₂. Так же применяются материалы марок 15ГМФ, 15ГФ, 10ГБ, 30ХМА, 06Х20Н8МЗД стойкие к нагрузкам, износу и применимы для реализации как деталей и механизмов устьевого, так и скважинного оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рузин Л.М., Морозюк О.А. Методы повышения нефтеотдачи пластов (теория и практика): учеб.пособиею Ухта: УГГУ, 2014, 127 с.
2. Девятерикова Н.А. , Лаев К.А. , Щербаков И.В. , Александров С.В. Новые разработки АО «ПНТЗ» в рамках системы выбора материалов OCTG для эксплуатации в агрессивных средах. Первоуральск, Россия, 2021, 6 с.
3. Афанасьев С.А., Шрейдер А.В., Дьяков В.Г. Коррозия и защита в нефтегазовой промышленности. 1980, № 5, с. 5—7.
4. Влияние химического состава на механические свойства стали <https://ceiis.mos.ru/presscenter/news/detail/4276643.html> (дата обращения 12.09.2022)
5. Выбор материалов для газового оборудования <https://e-him.ru/?page=dynamic§ion=64&article=1315> (дата обращения 12.09.2022)
6. Стандарт API Spec 5CT. Обсадные и насосно-компрессорные трубы. Технические условия. 9-е изд. Американский нефтяной институт, 2011, 287 с.
7. Елагина О.Ю., Прыгаев А.К., Дубинов Ю.С., Вязниковцев С.Ф., Наконечная К.В. Классификация скважинных сред по степени коррозионной активности в отношении металла обсадных и насосно-компрессорных труб // Территория «НЕФТЕГАЗ». 2021. № 3—4. С. 42—49.

Д. Н. МИХАЙЛОВА

Dashenka.mikhaylova.97@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Д. В. ЦЕЛИЩЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

АНАЛИЗ РЫНКА ЭКОЛОГИЧНОЙ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ УПАКОВКИ

Аннотация. В статье приведено описание российского рынка упаковки, прогноз развития рынка на 2023 год. Основные показатели России по производству упаковки, объем рынка, распределение по отраслям, крупнейшие представители рынка. Приведены подходы к разрешению российской экологической проблемы с пластиком в России, перспективные исследования.

Ключевые слова: тара, пластик, перспективы развития, рынок упаковки, экологические проблемы.

Вся упаковка, произведенная в 2021 году в России, по оценкам различных экспертов имела суммарную стоимость на уровне 1200 трлн рублей. Однако в России на пластиковую упаковку приходится примерно 38% общего объема, в отличие от мировых показателей. На втором месте находится рынок упаковочных материалов из дерева и его производных. Следующую позицию занимает стеклянная упаковка и только каждый десятый товар упаковывается в металлическую тару (рис. 1).



Рис. 1. Диаграмма объема рынка

За последний год количество упаковочных материалов, изготовленных из древесины, уменьшилось. Потому что на сегодняшний день производство загружено только на 70% от своих возможностей. Некоторые предприятия пере-

ключились на полимерную продукцию, потому что она сейчас пользуется большим спросом.

В России в 2012 году был принят закон, по которому с предприятий взимается экологический сбор. Эта мера оказалась была малоэффективной.

Что касается переработки, то достаточно большое количество картонной, бумажной упаковки перерабатывается, но количество перерабатываемого пластика в мире составляет всего 10 %.

В таблице 1 приведены статистические данные по переработке пластика в России за последние 5 лет [1].

Таблица 1

Статистические данные по переработке пластика в России

Год производства	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Произведено, млн. тонн	25,55	29,38	31,4	34,48	34,87	35,37
Переработано, млн. тонн	25,55	29,08	30,38	32,84	33,11	33,89



Рис. 2. Гистограмма распределения переработки пластика

Производство полимерной и экологической упаковки (картонной) постоянно увеличивается, что является следствием роста покупательской способности населения. Существуют такие тенденции, что крупные компании в фармацевтике и косметологии применяют картонную упаковку.

В глобальном смысле – на планете объем упаковки превысил четыре триллиона штук. Как и прежде, наибольшую популярность до сих пор сохраняет полимерная упаковка (50%), а среди полимеров наиболее распространенными являются гибкие варианты упаковки в виде мешков или пленок. Эта тенденция была сформирована в связи с тем, что потребитель хочет получить более удобную и практичную упаковку, которая легко открывается или закрывается, имеет небольшой собственный вес и легко выбрасывается в мусор.

Более серьезную конкуренцию пластику составляет экоупаковка, которая может быть представлена как бумажный контейнер или обычный картон. С каждым годом растет спрос на картонную упаковку. Так, в период с 2018 по 2021 гг. производство такой упаковки увеличилось на 6%.

К основным направлениям стоит добавить тот факт, что упаковочная продукция становится антиинтрузионной. То есть содержимое в ней невозможно заменить, поэтому существенно снижается риск подделки товара и продукции. Технологическая защита, защищающая от подделок доказывает, что производитель заботится о защите прав потребителей.

В заключении, стоит отметить, что на рынке упаковки наблюдается несколько важных тенденций, которые будут развиваться в дальнейшем. Первым делом это увеличение производства и использование таких материалов, которые позволяют продлить срок хранения. Также это применение высокоскоростной техники для фасовки и упаковки, которая позволяет создавать многослойную полимерную пленку, стеклотару, гофротару с мелким профилем. Наиболее подходящим вариантом потребительской тары считается упаковка из бумаги и картона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Переработка пластика: Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/efficiency/#
2. Ларионов, Н. М. Промышленная экология : учебник и практикум для СПО / Н. М. Ларионов, А. С. Рябышенков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2018. – 382 с.
3. Притужалова, О. А. Экологический менеджмент и аудит : учеб. пособие для вузов / О. А. Притужалова. – М. : Издательство Юрайт, 2019. – 244 с.
4. Сазонов, Э. В. Экология городской среды : учеб. пособие для СПО / Э. В. Сазонов. — 2-е изд., испр. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2019. – 275 с.

УДК 658.7

Ш. Р. МУХАМЕТЗЯНОВ

kostrov_175@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук., доц. Д. В. ЦЕЛИЩЕВ

КРЫМСКИЙ МОСТ В СФЕРЕ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК

Аннотация. В статье рассматривается значение «Крымского моста» с точки зрения логистики. Рассмотрена предыстория проекта, проведена оценка грузоперевозок на полуостров и отношение международного сообщества.

Ключевые слова: грузоперевозки крымского моста, логистика керченского пролива.

В настоящее время методы логистики с успехом применяются во всех видах грузоперевозок. Многие экономисты говорят, что логистика лежит в основе получения конкурентного преимущества в современном мире. Открытия Керченского пролива ожидали тысячи местных предпринимателей в надежде, что это увеличит число посетителей полуострова и снизит транспортные расходы. Первые восемь месяцев работы моста показали, что туризм, транспорт и торговля значительно возросли. На эти районы приходится треть валового продукта республики. Однако, вопреки ожиданиям, открытие Крымского моста практически не повлияло на цены на продукты питания.

Предложения о строительстве моста через Керченский пролив рассматривались по крайней мере с начала 1930-х годов, а в 1944 году Советский Союз построил Керченский железнодорожный мост длиной 4,5 км [1]. Однако мост был спроектирован как временное сооружение, подверженное ошибкам при проектировании и строительстве, и в конце февраля 1945 года он был серьезно поврежден. Предложение о восстановлении временного моста было отклонено, и остатки моста были снесены.

Вскоре после разрушения моста, в 1947 году, была рассмотрена возможность строительства новой переправы – постоянного мостового сооружения взамен утраченного временного моста. От Еникале до Чуской косы был запроектирован двухэтажный мост с двумя рельсами и двумя полосами для автомобилей длиной 6 км и стоимостью строительства 850 миллионов руб. в ценах 1945 года. 18 мая 1949 года Совет Министров СССР издал постановление о

строительстве моста (подготовительные работы велись с 1947 года), но в 1950 году строительство моста было приостановлено и началось строительство паромной переправы [1].

В 1960-х годах вновь был поднят вопрос о строительстве сухопутного сообщения через пролив, но проект не был реализован из-за нехватки средств. В начале 1990-х годов был объявлен тендер на проект перехода через Керченский пролив; в то время существовало четыре проекта перехода (два моста и два тоннеля). Крымские власти считали, что проект облегчит отношения с Россией и укрепит "промежуточное" положение Крыма между соседними странами. Более того, мост долгое время (до присоединения Крыма к Российской Федерации) представлялся как часть Черноморской кольцевой дороги, упомянутой в ОЧЭС, или как часть "возрождающегося Великого шелкового пути".



Рис. 1. Схема Крымского моста [2]

По словам министра транспорта и связи Украины Николая Рудьковского, такое строительство "отвечало бы интересам Крыма" и позволило бы "каждому туристу, приезжающему на российский Кавказ, иметь постоянный доступ в Крым" [2].

В 2008 году возможность строительства моста обсуждалась на уровне премьер-министра, и в том же году проектирование и строительство моста было включено в "Транспортную стратегию Российской Федерации до 2030 года", предусматривающую в качестве одного из основных направлений развития транспортной инфраструктуры Южного федерального округа проектирование моста через Керченский пролив и реконструкцию автомобильных связей и подъездных путей к порту Кавказ, а строительство моста - в период 2016-2030 годов.

В апреле 2010 года новоизбранный президент Украины Виктор Янукович и президент России Дмитрий Медведев договорились и подписали соглашение о строительстве моста через Керченский пролив на встрече в Харькове.

17 декабря 2013 года правительство Российской Федерации и кабинет министров Украины подписали соглашение о совместных действиях по организации строительства транспортного коридора через Керченский пролив, которое было одобрено кабинетом министров Украины в январе 2014 года.

В 2014 году, в связи с событиями в Крыму, переговоры о строительстве моста были приостановлены. 18 марта 2014 года был объявлен тендер на проведение технических исследований для строительства моста, однако формальные условия тендера, в которых говорилось о соглашении между Россией и Украиной по мосту, утратили силу, поскольку в этот день Россия официально присоединила Крым к своей территории [1].

Движение грузовиков по Крымскому мосту продолжается уже более 4 лет. В октябре 2018 года началось движение транспортных средств с разрешенной максимальной массой более 3,5 тонн.

Более 865 000 грузовиков пересекли мост за 14 месяцев, а годовой трафик грузовиков в 2,5 раза выше, чем на Керченской паромной переправе, где паромы перевезли в общей сложности 850 000 грузовиков в 2016-2018 годах, сказал представитель Министерства транспорта [2].

Кроме того, грузопотоки в Крым и из Крыма отличаются незначительно: более 450 000 автомобилей направляются в сторону полуострова, что на 8,5% больше, чем в обратном направлении, в сторону Краснодарского края. В целом, интенсивность движения в обоих направлениях с момента открытия участка моста (16 мая 2018 года) превысила 8,3 млн легковых и грузовых автомобилей, мотоциклов и автобусов.



Рис. 2. Седельные тягачи проезжают по Крымскому мосту [2]

По данным Министерства транспорта, самый высокий поток грузовых транспортных средств в обоих направлениях через Крымский мост был зафиксирован в июле этого года - 73 103 автомобиля в месяц. 26 сентября был установлен суточный рекорд - 2 931 грузовик за 24 часа.

По оценкам Министерства транспорта, транспортные компании сэкономили более 16 млрд руб. [2]. Проезд по мосту бесплатный, а проезд на пароме в одну сторону (линия Крым-Кавказский порт) стоит 19 500 руб. за грузовик. Еще одним преимуществом является то, что открытие автодорожной части Крымского моста обеспечило бесперебойную поставку различных товаров в Крым и из Крыма, отмечает представитель министерства: в отличие от переправы, сообщение между берегами не прерывалось, несмотря на штормы.

Строительство и открытие Крымского моста вызвало сильное противодействие со стороны Украины, которая считает его строительство незаконным

(поскольку не давала на него согласия "как прибрежное государство в отношении Крымского полуострова") и включила претензии по поводу его строительства в свою жалобу против России за нарушение последней Конвенции ООН по морскому праву. Соединенные Штаты и Европейский Союз также осудили строительство и открытие моста и ввели санкции против причастных к этому агентств.

По состоянию на декабрь 2018 года строительство и открытие моста через Керченский пролив было осуждено Генеральной Ассамблеей ООН за "поддержку дальнейшей милитаризации Крыма" и "ограничение размеров судов, заходящих в украинские порты в Азовском море". Сама Россия отказалась обвинять Керченский пролив и Азовское море в нарушении Конвенции (и ее применимости к данному вопросу), поскольку они являются внутренними водами, статус "прибрежного государства", на который претендует Украина в отношении Крыма и, таким образом, "просит разрешения на строительство транспортной инфраструктуры для населения российских регионов". Намерения делать это нет. Украинские власти также обвинили Россию в разрушении окружающей среды Керченского пролива во время строительства моста и включили это обвинение в свой иск против России. Российские власти отрицают эти обвинения. По словам Сергея Донского, министра природных ресурсов и экологии, "при проектировании моста были приняты беспрецедентные меры для устранения экологического воздействия" [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лапин А.А. История развития Крымского моста: Пер. с англ. – М.: ЗАО «Олимп - Бизнес», 2011. – 640 с.
2. Каренов Р.С. Логистика грузоперевозок (Книга вторая): Монография. — Караганда: Изд.-полиграф. центр КРУ, 2013. – 324 с.
3. Миротин Л.Б., Ташбаев Ы.Э., Касенов А.Г. Международные отношения. Учебник. – М.: ИНФРА-М, — 190 с.

УДК 368.2

Т. И. НАДЫРГУЛОВА, Д. В. ЦЕЛИЩЕВ
ohitstanlunas@gmail.com

Уфимский государственный авиационный технический университет

ВЛИЯНИЕ ГАЗОВОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА РФ НА ЭКОНОМИКУ СТРАН-ЧЛЕНОВ ЕС В УСЛОВИЯХ САНКЦИОННОЙ БЛОКАДЫ

Аннотация. В данной статье рассматривается экономический и энергетический базис промышленного газового комплекса «Северный поток». Сделана попытка оценки и прогноза дальнейшего развития проекта и возможного изменения вектора политики зависимых от отечественного энергообеспечения европейских стран вне давления и влияния пакета экономических санкций, наложенных на Российскую Федерацию.

Ключевые слова: энергоснабжение, энергообеспечение, энергетическая промышленность, ЕС (Евросоюз), санкционная блокада, экономический карантин, «Северный поток», альтернатива, традиционные ресурсы.

Энергетическая независимость и стабильность снабжения для первичных бытовых и топливных нужд каждого из слоев населения общества – один из важнейших показателей в политической, экономической и социальной инфраструктуре любого независимого государства. Прежде чем обозначить основные пункты в специфике проблематики исследуемой темы статьи прежде всего стоит посмотреть на фактическую статистику.

Энергетическая промышленность в нефтегазовом секторе внутренней энергетики Российской Федерации по состоянию на период с 2010-х по 2021 год базируется на нескольких крупных газовых месторождениях, несущих основную нагрузку в топливном обеспечении – в основном, представлены газовые месторождения Западной Сибири – Уренгойское, Ямбургское, Заполярное, Бованенковское и другие. На 2005 год, то есть в то время, пока основной проект СП-1 находился в стадии разработки и проектирования статистика добычи газа составляет 590 млрд. куб. м, внутреннее потребление составило 386 млрд. м³ – более половины всего энергопотребления в стране. Запасы природного газа на 2005 год оцениваются в размере 47,82 трлн. м³, экспорт достигает значений 187 млрд. м³/год [1]. По состоянию на 2022 г. уже только в первом квартале (январь – апрель), т.е. на пик санкционной блокады, накладываемой коалицией

западных стран-партнеров по экономическому и политическому блоку ЕС энергетическая газовая отрасль, представленная компаниями НОВАТЭК (26,8 млрд. куб. м), Роснефть (14,9 млрд. куб. м), Газпромнефть (11,5 млрд. куб. м), Лукойл (6,8 млрд. куб. м), Сургутнефтегаз (2,86 млрд. куб. м), Руснефть (0,713 млрд. куб. м), Татнефть (0,299 млрд. куб. м), Славнефть (0,272 млрд. куб. м), (0,265 млрд. куб. м) в общей совокупности добыча газа составила 175,4 млрд. куб. м, что фактически превышает третью часть по сравнению с добычей за 2005 год в общей совокупности [2]. Нельзя не отметить успешное развитие и весь энергетико-экономический потенциал проекта «Северный поток 1-2», возглавившем стратегическую нишу в экспорте российского газа на международный энергетический рынок в лице стран Евросоюза.

8 ноября 2011 года укладка и введение в эксплуатацию более чем 1220 км. газопровода были официально закончены и объект вступил в рабочий режим, а уже 8 октября 2012 года заработала и вторая ветка газопровода. В 2021 году был введен в строй «Северный поток-2». Фактически, юридические права на «Северный поток 1-2» зарегистрированы на газовые компании Российской Федерации ООО «Газпром экспорт» и немецко-швейцарские Nord Stream AG (Газпром, E.ON, Wintershall, Gasunie и Engie) и именно через противостояние с европейскими странами, руками данных компаний вводивших ограничения по транзиту и экспорту противостояла Российская Федерация. Начиная с заключения договоренностей с рядом европейских стран (Германия, Франция, Нидерланды, Дания) с 1997 г., с вводом в эксплуатацию обоих газопроводов (СП-1 2011, СП-2 2021) в общей сложности было экспортировано 441,6 млрд. куб. м газа [3]. Характер превышения экспорта над импортом в очередной раз подчеркивает энергетическую безопасность и самостоятельность внутренних поставок и развертываемой политики импортозамещения, в котором и после обретения независимости РФ в 1991 году, и с началом возвращения в эксплуатацию и внедрения новых энергетических проектов в нефтегазодобывающей отрасли

национальной промышленности никогда остро не стоял вопрос с повышенными ценами на газ в быту и в топливном обеспечении.

Кризис 2022 года во внешнеполитической и геополитической глобальной ситуации в международном масштабе отразился не только на дипломатических и политических отношениях стран СНГ, возглавляемой де-факто и де-юре Российской Федерацией против стран Евросоюза, сочетающего деятельность с военно-политическим блоком НАТО, но обоюдно и на энергетической промышленности. С началом продолжения нарастающей конфронтации, берущей истоки со времен «холодной войны» с доктрины Маршалла 1947 г. блок западных стран практикует методику наложения санкционного вето – целенаправленных мер-ограничений на свободную экономическую (рассматриваемую в контексте анализа статьи энергетическую) политику страны-объекта, определяемого как агрессора. В свое время такими агрессорами были объявлены Югославия, Куба, Ирак, Ливия, Афганистан, Сирия, Иран, Северная Корея. Российская Федерация не стала исключением, напротив, подобная практика со стороны Запада в международных отношениях только укрепилась, хотя и несколько изменила комплексный подход. Как известно, центральное место в коалиции западных стран занимают Соединенные Штаты Америки, хотя и не имеют формально такого же критериального положения в Евросоюзе, однако, с учетом того, что Великобритания, Франция и Германия, являющиеся ведущими странами-участницами ЕС и определяющими вектор политических доктрин и экономических директив так или иначе подвластны диктуемому курсу деятельности политики США. Так это отразилось и на конфликте, остановившем полный транзит газа и сократившем поставки «Северного потока 1-2» в июле 2022 года.

Газовый транзит и ценовая политика определяется в специальных газовых биржах, курс на который варьируется и полностью зависит от отношений страны-экспортера и страны-импортера. Так, например, если в Российской Федерации это «Газпром», национализированный после ранней приватизации и на данный момент контролируемый правительством РФ, то в США это Нью-

Йоркская товарная биржа (NYMEX), а в Европе Газовый Хаб в Нидерландах (TTF) [4][5].

На протяжении периода с мая по июль средняя цена на газ за 1000 кубометров оставалась в коридоре \$800-1000. К середине июня ряд факторов повлиял на стремительную инфляцию на рыночной бирже и взлету цен для нужд населения. Так, по состоянию на 29 июля цена на куб. м. газа на NYMEX составляет \$ 8,310, на TTF – 201,395 EUR (в перерасчете на доллары 205,96). Это связано с сокращением объемов прокачки «Газпрома» на СП-1 (со 167 млн. куб. м в сутки до 100, 40% от общего объема), а далее уже и до 67 млн. куб. м. Причина проста: канадский экспортер газоперекачивающих двигателей-турбин Siemens, необходимых для компрессорной станции «Портовая» не может вернуть агрегаты, отправленные на ремонт ввиду канадского пакета санкций. Здесь очень легко проследить как политическая конъюнктура и невзвешенные решения отражаются на минимальных условиях для обеспечения населения и его первичных нужд.

Какие бы ни были заявления от ряда стран (Германия, к примеру, с вице-канцлером Р. Хабек в заявлении от 15 июля 2022 года провозгласила полную энергобезопасность страны), противостояние государству, являющемуся страной-экспортером в одной из ведущих отраслевых направлений приводит к дестабилизации энергетического промышленного комплекса и невозможности переориентации на стратегию импортозамещения, как это сделала РФ.

Та же Германия, Франция, Нидерланды не имеют такие богатые природные ресурсы и месторождения в отличие от России и вся внутренняя промышленность, в том числе энергетика и энергообеспечение полностью зависят от геополитической обстановки и налаживания партнерских договоренностей с теми странами, которые имеют для этого полное материально-техническое обеспечение и готовы предоставить излишки в экспорте без существенного ущерба и создания условий для дефицита и энергетической инфляции уже для своего населения.

Именно такой страной и стала Российская Федерация. Уже не затрагивается даже банальный вопрос о климатической обстановке в европейских странах. Сложности из-за западных санкций испытывает не только «Газпром». Лето 2022 года в Европе очень засушливое и жаркое. Средние температуры в июне-августе превышают климатическую норму в среднем на 1-3°C. Такая жара приносит странам Испании и Португалии демографический упадок. Использование кондиционеров в домах, государственных учреждениях, парках и кафе потребует дополнительных трат на электроэнергию — они могут составить €8-10 млрд. Летом 2021-го суммарные траты обошлись европейским странам в €55 млрд. На этом фоне европейские политики все чаще стали задумываться об альтернативных способах экономии, которые должны привести к ослаблению зависимости от российского газа. Например, в Эстонии уже начали собирать валежник для обогрева помещений из-за дефицита энергоресурсов. Однако даже за сбор веток рядовым гражданам придется платить деньги, заявил руководитель отдела сбыта древесины Центра хозяйствования государственными лесами (RMK) Ульвар Кауби [6].

Переход к альтернативным поискам снабжения и возвращению к традиционному варианту отопления является одновременно удручающим и в то же время очень парадоксальным показателем самостоятельности стран-импортеров российского газа. Европейская зима по степени перепадов низких температур, с учетом рассеянности и отсутствия идентичной российской урбанизированной застройке плотности имеет очень высокие шансы стать критической для этих государств.

Таким образом, стоит заключить, что уменьшение объема перекачек газа в свою очередь демонстрирует несколько основных критериев. Во-первых, снижение экспорта газа является предпосылкой к переходу на технологическое и производственное импортозамещение, в перспективе которое будет полностью обеспечивать материальную базу нефтегазодобывающей промышленности на всех важных стратегических объектах РФ. Во-вторых, повышение цен

(прогнозируемая цена за 1000 куб. м. превышает \$ 2000) исключает возможные постепенные риски стагнации и инфляции и приводит к росту экономических показателей в области экспортирования, на которые даже при ответном уменьшении перекачек ресурсов со стороны европейских стран давление не будет иметь никакого фактического урона. В-третьих, исходя из двух первых критериев логичным имеет место быть снижение цен на газовое топливо для населения. Так, розничная цена на газ спустилась с отметки в 42,03 рубля до 34,53рублей.

Исходя из вышеописанных и приведенных фактов статистики и политических ситуаций следует сделать вывод о полной энергетической и экономической независимости и самостоятельности Российской Федерации, не говоря уже и о таких остальных направлениях, как в области политической и международных отношений. Российская Федерация даже при полной экономической и энергетической изоляции, рационально и экономно расходуя нескончаемые богатые природные запасы и ресурсы и выстраивая грамотно поставленные и запланированные стратегии не изменит гибкий вектор своей политики и четко выставленные справедливые в этическом отношении условия торгово-транзитных отношений, изменить и ослабить которые являются первостепенными задачами противостоящего России коалиции западных стран.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный стандарт Союза ССР. ГОСТ 19431-84 "Энергетика и электрификация. Термины и определения". — Москва: Стандартинформ, 2005.
2. ЦДУ ТЭК, Интерфакс, 2022 - <https://bcs-express.ru/novosti-i-analitika/skol-ko-gazadobyvaetsia-v-rossii-v-2022>
3. ТАСС (29 января 2020), дата обращения: 26 марта 2020 - Nord Stream в 2019 году сохранил объем поставок по "Северному потоку" (<https://tass.ru/ekonomika/7636571>)
4. Официальный сайт с детальными и ежедневно обновляющимися ценами NYMEX - <https://index.minfin.com.ua/markets/gas/nymex/>
5. Официальный сайт с детальными и ежедневно обновляющимися ценами TTF - <https://index.minfin.com.ua/markets/gas/ttf/>
6. Цены на газ стремительно растут. Что будет дальше, 15 июня 2022 - <https://www.gazeta.ru/business/2022/06/16/14997980.shtml?updated>

УДК 621.6

В. Г. НУСРАТУЛЛИНА

nusratullina.vasilya@mail.ru

Науч. руковод. – ст. преп. А. А. СОЛОВЬЕВА

Уфимский государственный авиационный технический университет

ФАКТОРЫ РИСКА В СФЕРЕ ТРАНСПОРТИРОВКИ ГАЗА

Аннотация. В статье рассматриваются проблемы и факторы риска при транспортировке газа.

Ключевые слова: природный сжиженный газ, транспортировка газа, опасный груз, транспортные риски.

Природный газ является самым популярным энергоносителем в нашей стране, поддерживаемым обширными внутренними запасами. Он используется повсеместно во многих отраслях промышленности и в быту. Как правило, после добычи газ проходит несколько этапов очищения и подготовки, и только потом продукт готов к транспортировке. Для доставки газа к потребителю используется несколько способов транспортировки: трубопроводным транспортом, железнодорожным транспортом в специальных резервуарах, водным транспортом, с помощью танкеров и автомобильным транспортом в автоцистернах [2].

Необходимо подчеркнуть, что газ классифицируется как опасный груз 2 класса. Опасными грузами, в свою очередь, являются вещества и предметы, которые в силу присущих им свойств представляют угрозу для жизни и здоровья человека, состояния окружающей среды, безопасности зданий, сооружений, машин и других материалов объекты. Поэтому безопасность транспортировки газа каждым из вышеотмеченных способов имеет первостепенное значение. В принципе, тот факт, что ее перевозка несет в себе угрозу, не говорит о том, что высока вероятность создания аварийной ситуации: только при совпадении определенных факторов транспортировка, а также погрузка/выгрузка таких веществ могут привести к взрыву, пожару, гибели людей и животных, радиоактивному или инфекционному заражению, токсическому повреждению, загрязнению окружающей среды, повреждению технических устройств, транспорт-

ных средств, зданий, сооружений и т.д. Именно для того, чтобы эти факторы не совпадали и, следовательно, можно было избежать возможного вреда, транспортировка сжиженного природного газа должна производиться с неукоснительным соблюдением всех правил, норм и стандартов[1].

Следует помнить, что речь идет о легковоспламеняющемся и взрывоопасном веществе. По этой причине существует ряд правил, разработанных для транспортировки сжиженного газа. Они регулируются внутренними нормативными документами, относящимися к РФ, а также международными соглашениями [1].

Если брать в расчет перевозки автомобильным транспортом, то данное средство перемещения активно используется при перевозке сжиженного природного газа (СПГ). Важно понимать, что к ним предъявляются повышенные требования из-за больших нагрузок, которые воздействуют на машины. Поскольку транспортировка газа неразрывно связана с высокой степенью риска, автомобили в обязательном порядке проходят проверку на безопасность перед каждым рейсом. Любые нарушения потенциально могут повлечь за собой не только повреждение груза, но и создание крайне опасных ситуаций на дорогах и магистралях. В следствие этого особое значение имеет соблюдение водителями правил перевозки: не разрешается уклоняться от установленного маршрута; превышать скорость; резко трогаться с места и резко тормозить; курить в транспортном средстве или на расстоянии менее 50 метров от стоянки; обгонять транспортные средства, движущиеся со скоростью более 50 км/ч; перевозить посторонних лиц; буксировать транспортное средство своими средствами [1].

Например, из-за превышения скорости 22 июня 2002 года на шоссе С-44 недалеко от города Тивисса в Каталонии (Испания) автоцистерна, перевозившая природный газ, потеряла управление при спуске с холма. Автоцистерна перевернулась, упала на бок и в конечном итоге остановилась на песчаном склоне. Между кабиной и прицепом сразу же вспыхнуло пламя, вслед за этим

раздался взрыв. В результате аварии водитель погиб, а двое незнакомцев, находившихся на расстоянии около 200 м от взрыва, получили ранения (ожоги) [3]. Вот один из случаев, когда несчастный случай сопровождается пожаром и взрывом. Сразу после разгерметизации контейнера-цистерны можно ожидать воздействия высокоскоростных струй выбрасываемого газа. В большинстве случаев утечка газа сопровождается образованием поражающих факторов: теплового излучения и взрывной ударной волны, которые наносят ущерб всей окружающей среде [4]. Основные виды производственной деятельности по добыче, транспортировке, переработке и хранению газа связаны с потенциальным риском загрязнения окружающей среды. Возможные несчастные случаи при несоблюдении условий транспортировки груза, оказывают непоправимое влияние на экосистемы, приводят к загрязнению земель и прудов, ухудшению почвенного и растительного покровов, развитию процессов эрозии и сокращению мест обитания редких и исчезающих видов растений и животных. Последствия после аварии нефтяного танкера, поезда или судна, перевозящего сжиженный природный газ (СПГ), будут гораздо более серьезными. В случае СПГ это выброс большого количества метана в атмосферу. Если в резервуаре для сжиженного газа сброшено давление и газ попадает в воду, он мгновенно испаряется. Даже холодная вода (4 градуса) очень горячая по сравнению с температурой кипения СПГ (превышает ее на 160 градусов по Цельсию). В этом случае может произойти возгорание испаряющегося газа, но аварий такого масштаба, к счастью, не наблюдалось [4].

Впрочем, необходимо выделить объективные аспекты, которые имеют место быть при транспортировке газа по трубопроводам. Огромное количество газа в стране и в мире транспортируется по трубопроводам. Одной из важнейших задач трубопроводного транспорта является сохранение эксплуатационного состояния линейной части промысловых и магистральных трубопроводов. Как показывает практика, большинство дефектов в газопроводах появляются в результате коррозии и механических повреждений, определение местоположе-

ния и характера которых связано с рядом трудностей и крупными материальными затратами. Основные сценарии возможных аварий на газопроводах связаны с разрывом труб в полном сечении и утечкой газа в атмосферу в критическом режиме, которые наносят значительный ущерб экологическим системам из-за больших объемов перевозимой продукции [4].

Таким образом, есть различные варианты перевозки газа, каждый из которых применим в соответствующих условиях. Важно отметить, что избежание транспортных рисков и аварийных ситуаций в сфере транспортировки газа является важнейшей задачей логистических компаний в сфере нефтегазового сектора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Как транспортируют газ [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://fabricators.ru/article/kak-transportiruyut-gaz>
2. Правила перевозки опасных грузов [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://vuzlit.com/1289005/logisticheskaya_sistema_gorodskogo_passazhirskogo_transporta
3. <https://pandia.ru/text/80/147/47412.php>
4. Башкин В.Н., Галиулин Р.В., Галиулина Р.А. Аварийные выбросы природного газа: проблемы и пути их решения // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2010. № 8. С. 4-11.

П. В. ПОТЕРЯХИНА, В. А. ЦЕЛИЩЕВ
poteryakhina.polina@yandex.ru

Уфимский государственный авиационный технический университет

РАЗРАБОТКА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА РУЛЯ ВЫСОТЫ СОВРЕМЕННОГО ПАССАЖИРСКОГО САМОЛЕТА

Аннотация. Рассматривается гидравлическая система рулевого управления гражданского самолета. Показан алгоритм разработки гидравлического привода самолета. Приведены результаты расчетов гидравлического привода руля высоты.

Ключевые слова: руль высоты, гражданский самолет, характеристики гидропривода, гидропривод, гидравлическая система, предприятие.

В последние несколько десятков лет инженеры разрабатывают новые гидравлические системы самолетов, включая агрегаты, например, такие как фильтроэлементы, способствующие очищению рабочей жидкости от различного типа загрязнений. Также в случае неисправностей или аварий создаются методики по их исключению.

На предприятии АО «УАП«Гидравлика» проектируются и испытываются агрегаты, фильтроэлементы, насосы, трубопроводы и гидравлические системы на разного вида летательных аппараты.

В рамках выпускной квалификационной работы на предприятии были рассмотрены материалы по гидравлическим системам гражданских самолетов.

На современных пассажирских самолетах, таких как MC-21, Sukhoi Superjet 100 и др., гидравлическая система состоит из трех основных гидросистем.

Общие функции каждой системы:

1. Управление рулями высоты, направления, элеронами и элеронами-интерцепторами, т.е. обеспечивают гидропитание рулевых приводов и рулевых агрегатов основного управления по первому, второму и третьему каналам.

2. Выпуск шасси: основной, аварийный и дублирующий аварийный выпуск - последовательно от первой, второй и третьей гидросистем соответственно.

3. Управление рулем направления. [2]

Разработка гидравлической системы рулевого привода выполняется в несколько этапов:

1. Задание технических требований/условий. Для самолетов это в первую очередь – номинальное давление системы ($P=21$ МПа), расход рабочей жидкости самого привода (Q , л/мин), частота вращения вала от двигателя на насос ($n=1500\div 4500$ об/мин), рабочая жидкость – АМГ-10 и другие;

2. Определение необходимости регулирования гидропривода (ГП) (не регулируемый/дрессельное регулирование/объемное регулирование);

3. Определение агрегатов для данного ГП (клапаны, гидроаккумуляторы, распределители, дроссели, гидродвигатели и др.);

4. Построение расчетной гидравлической системы ГП;

5. Расчет и построение статических и динамических характеристик ГП;

6. Анализ полученных данных и вывод о работоспособности ГП. При необходимости замена нескольких параметров или агрегатов для улучшения результатов.

Построенная в программном пакете FluidSim схема ГП руля высоты для одной из трех гидросистем представлена на рисунке 1.

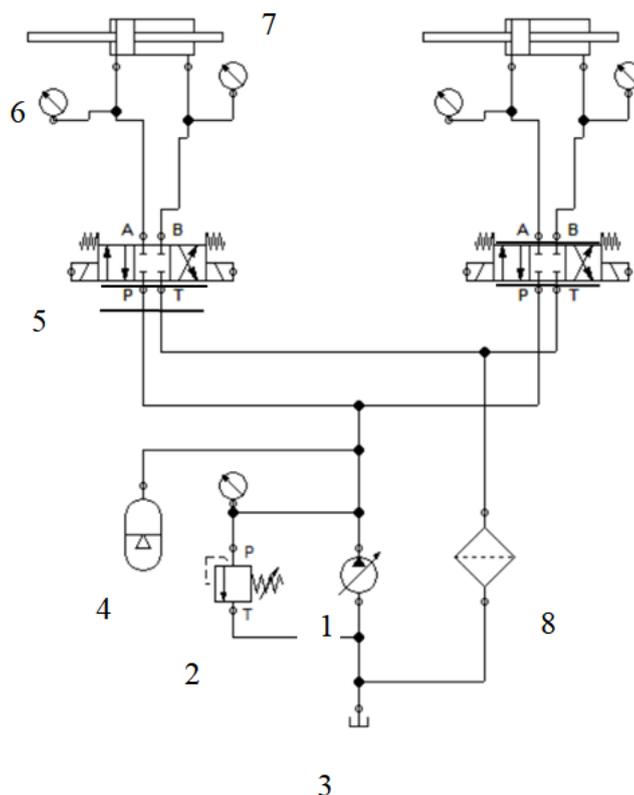


Рис. 1. Гидравлическая схема привода руля высоты:

1 – регулируемый аксиально-плунжерный насос с наклонным диском; 2 – предохранительный клапаны; 3 – бак; 4 – гидроаккумулятор; 5 – двухкасадный трехпозиционный четырехлинейный гидрораспределитель с электромагнитным управлением; 6 – манометр; 7 – двухштоковый гидроцилиндр; 8 – фильтр

Полученные характеристики представлены на рисунках 2 и 3:

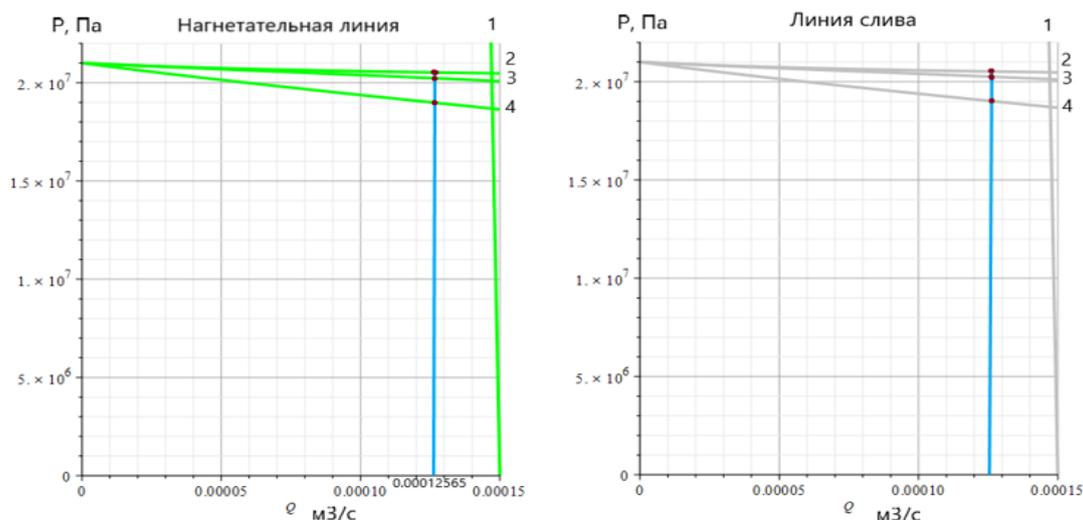


Рис. 2. Внутренние характеристики гидропривода на нагнетательной и сливной линиях при температурах $t=135^{\circ}\text{C}$ и $t=-20^{\circ}$:
 1 – насосная ветвь; 2 – клапанная ветвь; 3 – потери гидравлические t_{\min} ; 4 – потери гидравлические t_{\max}

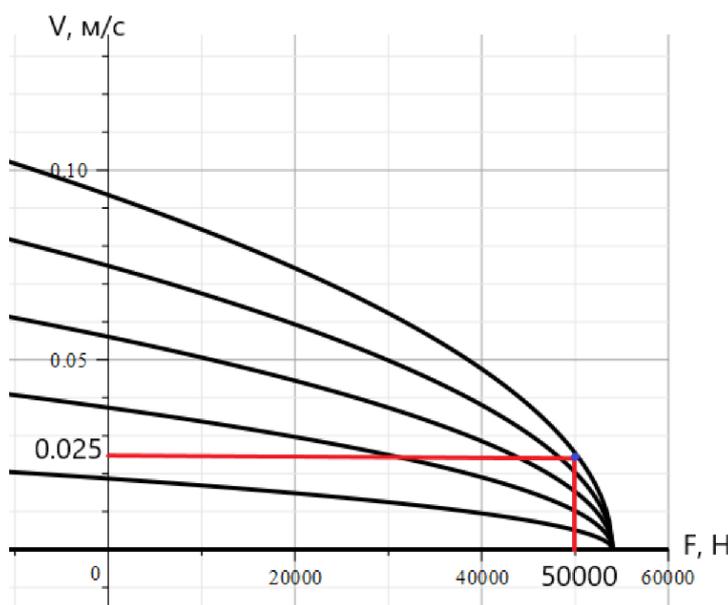


Рис. 3. Внешняя характеристика гидропривода

На рисунке 2 отображены линии давления и соответствующий расход ГП. Также из графика видно, что гидравлические потери невелики (максимальные потери не превышают 10%).

На рисунке 3 кривые изображают дроссельный способ регулирования ГП, при котором происходит изменение скорости исполнительного двигателя, а

прямая линия отображает выполнение технического задания (скорость перемещения штока гидроцилиндра $v=0.025$ м/с, усилие на штоке $F=50000$ Н).

Из характеристик видно, что ГП обеспечивает необходимый расход и скорость штока и имеет малые утечки. При дальнейшем проектировании необходимо разработать математическую модель ГП и проанализировать уже динамические характеристики работы привода, а также сделать заключение по полученным данным и необходимые поправки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. АО "УАП "Гидравлика" - О предприятии [Электронный ресурс] URL: www.gidravlika-ufa.ru (дата обращения: 15.05.22);
2. В.И.Зинченко. Конструкция и эксплуатация самолета Ту-154. Методические разработки/ В.И.Зинченко. Санкт-Петербург: Издание второе, переработанное и дополненное, 1998 – 30-34 с.

А. А. РИЗВАНОВА

rizvanovalina@gmail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук Д. В. ЦЕЛИЩЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ОГРАНИЧЕНИЕ НА ВЪЕЗД ГРАЖДАНАМ РОССИИ В СТРАНЫ ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА

Аннотация. Статья посвящена исследованию проблемы ограничений въезда российских граждан на территорию Европейского союза, а также изучению правомерности с юридической точки зрения этого недружественного акта. Актуальность проблематики обусловлена введениями визовых ограничений странами ЕС для граждан Российской Федерации. В рамках статьи проанализированы нормативно-правовые аспекты получения и ограничений на предоставление визы.

Ключевые слова: Шенгенское соглашение; Европейский союз, ограничения на въезд, Визовый кодекс.

Получение шенгенской визы – весьма удобный способ свободного передвижения почти по всей Европе. Получив разрешение на въезд в одну европейскую страну, можно беспрепятственно перемещаться по всем странам шенгенского соглашения, которое основано на упрощении паспортно-визового контроля на границах ряда государств Евросоюза. На данный момент, помимо стран-участниц Европейского союза, в шенгенскую зону входят Исландия, Лихтенштейн, Норвегия и Швейцария. По информации, выданной в ходе пленарного заседания V Международного юридического форума в Московском государственном юридическом университете имени О.Е. Кутафина, гражданам России выдано 960 тысяч шенгенских виз.

Несмотря на то, что изначально Евросоюзом провозглашалась свобода перемещения людей без границ, существуют определенные правила Шенгенского соглашения, касающиеся иностранцев, в шенгенской зоне действуют довольно жесткие правила въезда по шенгенской визе, места и сроков пребывания, игнорирование которых может закрыть возможность получения разрешения на въезд в страну в дальнейшем. Однако, 9 сентября 2022 года Совет ЕС утвердил приостановку упрощенного визового режима для граждан России,

решение начало действовать с 12 сентября 2022 года. Ужесточение предполагает следующее:

1. Для граждан России усложнилась процедура получения виз, уменьшится количество выдаваемых многократных виз. Ограничения должны ввести все страны Шенгенского соглашения.

2. Увеличение визового сбора с 35 € (2133 Р) в 80 € (4875 Р).

3. Увеличение процедуры оформления – с 10 до 15 дней, в некоторых случаях до 45 дней при доскональном изучении заявления кандидата.

4. Полная приостановка касается всех категорий путешественников, прибывающих в ЕС на короткий срок. Ожидается, что Комиссия представит дополнительные руководящие принципы для обеспечения того, чтобы эта приостановка не оказала отрицательного воздействия на определенных лиц, совершающих поездки в ЕС в насущных целях, таких как журналисты, диссиденты и представители гражданского общества [1]. Заявление ненастоящей цели визита может привести не только к отказу получения визы, но и к запрету въезда в страну в будущем.

5. В консульствах ужесточается проверка документов. Для получения шенгенской визы заявители должны будут представить дополнительные документы для въезда в страну [1].

Соглашение об упрощении визового режима между Евросоюзом и Россией вступило в силу с 1 июня 2007 году [2]. Целью настоящего Соглашения является упрощение на основе взаимности выдачи виз для пребывания на срок не более 90 дней в течение каждого периода в 180 дней гражданам Российской Федерации и Европейского союза [3].

Часть государств перестали выдавать шенгенские туристические визы для россиян в 2022 году, перестали принимать документы от туристов страны: Латвия, Литва, Эстония, Польша, Чехия, Словакия, Дания, Бельгия и Нидерланды. Эстония, Литва, Латвия, Эстония и Польша с 19 сентября 2022 года запретила въезд в свои страны для граждан России, которые имеют действующие шенген-

ские туристические визы категории «С» (для краткосрочного пребывания). Исключения составляют обладатели визы «D» для работы или учебы, а также те, кто едет с гуманитарными целями для посещения близких родственников [4]. Данная категория позволяет пребывать на территории выбранной страны более 90 дней. Максимальный срок пребывания по этой категории устанавливается индивидуально каждой страной в рамках своего законодательства. Допускается перемещение по всей шенгенской зоне, но есть ограничения по срокам – не более 3 месяцев за полугодие. Существуют также категории «А» и «В», на которые не введены ограничения. Виза категории «А» (транзитная аэропортовая виза) требуется в случае пересадки в аэропорту страны шенгенского соглашения и не дает права покидать его территорию. Она оформляется туристам, которые отправляются в путешествие через шенгенскую зону, но фактического въезда в страну она не предоставляет, т. к. находиться можно только в международной зоне аэропорта. Виза «В» также является транзитной, но дает право пребывания на территории принимающей страны сроком до 5 дней. Это необходимо в тех случаях, когда вылет при пересадке происходит в дату, отличную от прилета в страну из шенгенского списка [5].

Рассматривая правомерность данных ограничений в выдаче шенгенских виз, можно выявить их нелегитимность, данные действия нарушают международное право на свободу перемещения.

На основании Шенгенских правил Европейского союза, основа которых – Визовый кодекс ЕС должен соблюдаться принцип индивидуальной оценки претендента на визу, в случае отказа, должна быть четко изложены причины. В Регламенте ЕС № 810/2009 Европейского парламента и совета от 13 июля 2009 года, устанавливающим кодекс сообщества о визах, в статье 32 указаны следующие причины отказа, если ходатайствующее лицо [6]:

1. Представляет поддельный, фальсифицированный или искаженный документ на поездку;

2. Не предоставляет подтверждения цели и условий предполагаемого пребывания;

3. Не предоставляет доказательства наличия у него достаточных средств к существованию, как на срок предполагаемого пребывания, так и для возврата в свою страну происхождения или проживания либо для транзита в третью страну, в которую ему гарантирован допуск, либо не в состоянии законным путем приобрести такие средства;

4. Уже пробыло на территории государств-членов на основании единой визы или визы с ограниченным территориальным действием 90 дней на протяжении текущего периода в 180 дней;

5. Является объектом направленного в рамках СИС информационного запроса в целях недопуска;

6. Рассматривается в качестве представляющего угрозу общественному порядку, внутренней безопасности или общественному здоровью в значении пункта 19 статьи 2 Шенгенского кодекса о границах, или международным отношениям какого-либо из государств-членов и, в частности, является по аналогичным причинам объектом информационного запроса в целях недопуска в рамках национальных баз данных государств-членов, или

7. Не предоставляет доказательства наличия у него адекватного и действительного договора медицинского страхования на время поездки

Также причина отказа – если имеются разумные сомнения по поводу подлинности представленных ходатайствующим лицом подтвердительных документов или достоверности их содержания, по поводу надежности сделанных ходатайствующим лицом заявлений или его намерения покинуть территорию государств-членов до истечения запрашиваемой визы.

В статье 34 указана, что виза аннулируется в том случае, если обнаруживается, что в момент ее выдачи не выполнялись условия выдачи визы, в частности, если имеются серьезные основания полагать, что виза была получена об-

маным путем. Виза отменяется в том случае, если обнаруживается, что условия выдачи перестали выполняться.

Так как Евросоюз включает 27 стран, для полного запрета въезда в страны ЕС необходимо достижение консенсуса всех стран-участников. На сегодняшний день не достигнуто данное соглашение, комитетом Евросоюза не создан правовой акт, на основании которого существовал бы запрет въезда в страны ЕС всем гражданам Российской Федерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. COUNCIL DECISION on the suspension in whole of the application of the Agreement between the European Community and the Russian Federation on the facilitation of the issuance of visas to the citizens of the European Union and the Russian Federation // URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CONSIL%3AST_12039_2022_INIT&qid=1662719660688
2. Official Journal of the European Union, Agreement between the European Community and the Russian Federation on the facilitation of the issuance of visas to the citizens of the European Union and the Russian Federation, 17.05.2007 // URL: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:129:0027:0034:EN:PDF>
3. Соглашение между Российской Федерацией и Европейским сообществом об упрощении выдачи виз гражданам Российской Федерации и Европейского союза - Министерство иностранных дел Российской Федерации // URL: https://www.mid.ru/ru/foreign_policy/news/1685587/
4. Новые правила въезда и пребывания по шенгенской визе в 2022 году: правильный расчет дней// URL: <https://visasam.ru/oformlenie/shengen/novye-pravila-prebyvaniya-shengenskaya-visa.html#i-5>
5. Виды шенгенских виз: классификация типов шенгена по типам, срокам // URL: <https://visanow.ru/vidy-viz/kakie-byvayut-vidy-shengenskih-viz>
6. Визовый кодекс ЕС — Право Европейского Союза // URL: <https://eulaw.ru/content/visa-code/>

М. П. РОДИНА, Д. В. ЦЕЛИЩЕВ
rmp20022@mail.ru

Уфимский государственный авиационный технический университет

ВЗАИМОСВЯЗЬ ЛОГИСТИКИ И РОСТА МИРОВЫХ ЦЕН НА ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ

Аннотация. В статье рассматривается взаимосвязь цен на продукты и логистики, после введения санкций против России.

Ключевые слова: инфляция, причины инфляции, логистика, санкций.

Инфляция – это рост цен на товары и услуги. При этом одни товары могут дорожать, вторые – дешеветь, а третьи – не меняться в цене.

Для России и других стран, где есть экспорт и импорт товаров, а также финансовые сделки на мировом рынке, существует открытая инфляция. Она показывает истинный рост цен, зависящий от спроса и предложения, и считается допустимой, однако требующей контроля.

Виды инфляционных процессов

В зависимости от годового прироста цен выделяют три вида инфляции:

– Умеренная – до 10%. Умеренным считается темп инфляции в России с 2016 по 2021 годы (от 2,5% в 2017 до 8,39% в 2021).

– Галопирующая – от 10% до 50%. С ней россияне столкнулись в 1999 году, когда потребительская корзина подорожала на 36,5%.

– Гиперинфляция – от 50% до бесконечности. Так, в 1992 году инфляция составила 2508,8% [2].

Внешние причины инфляции действуют только в странах с открытой экономикой, в том числе в России. К внешним причинам обесценивания денег относят:

- рост цен на товары и сырье, которое завозится из других стран;
- растущая задолженность государства;
- падение курса национальной валюты [2].

Потребительская корзина может подорожать из-за экономической ситуации внутри страны из-за:

- выпуска в оборот дополнительных денежных средств, чтобы стимулировать работу производственного сектора;
- недостаточного финансирования важных направлений в экономике из-за дефицита бюджета;
- вынужденного увеличения бюджета – например, расходов на социальные выплаты, закупку медицинского оборудования;
- роста налогов с продаж, включаемых в стоимость товаров;
- монополизма, когда крупные компании выпускают большую часть товаров в своем сегменте и не заинтересованы в выгодных ценах из-за отсутствия конкурентов;
- государственных инвестиций в неприбыльные проекты;
- ажиотажного спроса [2].

Согласно данным Росстата, годовая инфляция в РФ на 08.04.2022 возросла до 17,5% – это максимум с 2002 года, однако, причины роста цен в РФ в последние полтора месяца выражены более ярко (в марте цены увеличились на 7,61%), тенденция на рост инфляции присуща и для других стран.

Эксперты прогнозируют стабилизацию цен на продукты в России. По их прогнозам продовольственные товары первой необходимости в 2022 году вырастут в цене на 20%, а товары не входящих в группу социально значимых, подорожают на 24%.

С начала пандемии коронавируса цены на продовольствие растут во всех странах. Закрывание границ привело к разрыву существующих логистических цепочек, это создало нездоровый спрос потребителей на некоторые товары и, следовательно, привело к дефициту и их подорожанию. Логистика наисильнейшим образом влияет на цену товара, поскольку в период коронавируса были закрыты порты, аэропорты и т.п., так же люди боясь заболеть, не работали, был режим самоизоляции, закрытие границ. Логисты разрабатывали новые цепочки

поставок и сбыта, учитывая ситуацию во всем мире (некоторые страны были полностью закрыты, какие-то частично), это тоже сильно сказывалось на цене.

В настоящее время рост цен связан с санкциями против России (из-за специальной военной операции на Украине) – это привело к невероятному скачку цен во всем мире.

Множество стран (Европейский союз, Соединенные Штаты Америки, Великобритания, Австралия, Канада и т.д.) закрыли свое воздушное пространство для самолетов Российской Федерации, Россия в свою очередь ввела аналогичные запреты, что привело к увеличению времени полетов и их удорожанию. Западными странами введен запрет на предоставление деталей и обслуживание самолетов России, приостановлены действия всех выданных сертификатов летной годности (самолеты не вправе совершать рейсы без таких сертификатов). Сейчас российские компании могут переоформить самолеты в России и получить сертификат летной годности РФ, это позволит летать некоторое время, но остается риск, что такие самолеты будут конфискованы за пределами РФ лизингодателями.

Бойкотом воздушного транспорта России дело не ограничилось.

Морские порты Соединенных Штатов Америки, Великобритании, Австралии, Канады, стран Европейского союза и т.д. были закрыты для судов с российским флагом или связанных с Россией, ограничение на поставки в страну технологий для морской навигации.

Международная ассоциация классификационных обществ исключила Российский морской регистр судоходства из своего состава.

Дунайская комиссия отстранила Россию от участия в своей работе.

Европейский союз запретил своим компаниям предоставление инвестиций, оказание помощи в проведении операций с ценными бумагами или иными инструментами финансового рынка, а также заключение сделок с многими российскими фирмами в частности РЖД и Российской авиацией (отказ в предоставлении деталей). Финляндия прекратила связь с Российскими железными

дорогами. Литва перестала осуществлять транзит железной дорогой ряда российских товаров, попавших под санкции Евросоюза, в Калининград – это около 50 % всех грузов, доставляемых из регионов России.

Международный союз железных дорог отстранил российские железные дороги от участия в организации до возвращения мирной ситуации на Украине.

Канада, Новая Зеландия, Великобритания, Австралия ввели дополнительную пошлину в размере 35 % на товары из России.

Новая Зеландия и Великобритания запретили экспорт в РФ.

Европейский союз и Соединенные Штаты Америки отказались от импорта нефти, угля и газа из Российской Федерации, что привело к подорожанию топлива в этих странах и грузовые перевозки автомобильным транспортом выросли, что и привело к резкому скачку цен на продукты.

Россию исключили из Координирующей группы развитых стран в рамках Всемирной торговой организации.

Россию исключили из состава Европейской конференции администраций почтовых служб и служб связи.

Литва распространила запрет транзита санкционных товаров в Калининградскую область на грузовой автомобильный транспорт.

Норвегия и Россия пришли к соглашению по поводу разблокирования доставки российских грузов в поселение Баренцбург на архипелаге Шпицберген. Ранее контейнеры не разрешали перевозить через границу, так как это делалось с помощью российских транспортных средств. Теперь контейнеры будут доставлять норвежским транспортом.

Европейский союз ограничил импорт удобрений из России и ввел квоты на импорт ряда российских удобрений.

Санкции введенные против России ударили сильно по всему миру: многие страны разорвали все пути сообщения с Россией, да это оказало негативные последствия для РФ, но по этим странам удар оказался ничуть не слабее, ведь коммерческие компании этих стран потеряли невероятно выгодного клиента и

поставщика в лице России. Разрыв логистических цепочек между странами привел к дефициту одних товаров и профициту других, подорожание топлива привело к подорожанию перевозок, ограничения импорта удобрений из РФ к его подорожанию. Так же Российская Федерация в ответ на санкции временно запретила экспорт пшеницы, меслина, ржи, ячменя и кукурузы в страны Евразийского экономического союза, кроме Беларуси.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что мир еще не отойдя от последствий коронавируса, не успев восстановить все разорванные логистические цепочки, столкнулся с острой санкционной войной, объявленной западными странами, самой большой и богатой природными ресурсами стране мира – России, что привело к росту цен на продукты во всем мире.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Финансовая культура [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://fincult.info/article/chto-takoe-inflyatsiya-i-otkuda-ona-beretsya/>
2. +1 [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://plus-one.ru/manual/2022/06/21/prichiny-i-posledstviya-inflyacii>
3. Русская Википедия [Электрон. ресурс]. Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Санкции_против_Росии_\(2022\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Санкции_против_Росии_(2022))
4. Федеральная служба государственной статистики [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/>

УДК 347.795

Р. И. САЕТГАРАЕВА
reginafas61@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Д. В. ЦЕЛИЩЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ЗЕРНОВАЯ СДЕЛКА

Аннотация. В статье описана «зерновая сделка», которую заключили представители из России, Украины, Турции и ООН. В ней проанализированы главные выгоды «зерновой сделке», которые принесут России. Выявлено, что способствовало сделке, кто имеет большую долю в поставках зерна на мировой рынок: Россия или Украина, и как данная сделка отразилась на ценах сельхозпродукции..

Ключевые слова: «зерновая сделка»; мировой рынок; сельхозпродукция; выгода; переговоры.

22 июля 2022 года представители России, Турции, Украины и ООН заключили соглашение в Стамбуле по вывозу украинского зерна: создание зернового коридора по вывозу по Черному морю сельхозпродукции с Украины. Россия и Украина ради благосостояния человечества преодолели различные сложности. Также Ибрагим Калын, главный советник президента Турецкой Республики, предположил, что данная сделка сможет способствовать началу мирных переговоров Киева и Москвы. Кроме того, одновременно с заключением сделки был подписан меморандум об отмене ограничений, которые препятствуют экспорту сельхозпродукции и удобрений из России.

Сделка сможет принести почти миллиард долларов выручки в месяц. Экспорт с Украины составит около 5 миллионов тонн в месяц. И на первом этапе сделки будут разблокированы около 80 судов с сельхозпродукцией, которая находится в портах Украины.

Суть «зерновой сделки». Выгода для России

Срок «зерновой сделки» рассчитан на 120 дней, но возможно и его продление. Суда, которые идут из портов Украины, будут досматриваться, нет никакой уверенности, что российские представители согласятся на контроль судов без их участия. Досмотр будет проходить на наличие оружия, так как неко-

торые эксперты считают, что Запад может морским путем попытаться провезти вооружение.

Украина планирует вывезти весь прошлогодний урожай, но из-за этого новый – может стать хуже, таким образом, страна станет на шаг ближе к голоду. Если же сделка не будет реализована, то украинское сельхозпроизводство сильно ослабнет. И есть риск, что под видом экспорта Украина начнет отбирать зерно у фермеров без компенсаций.

Также для России важен обмен «зерновой сделки» на снятие части санкций и уступки Запада в каких-то вопросах. Но все же основная выгода для России – имиджевый вопрос. Россия предстает «в глазах незападного мира страной, которая готова к серьезному разговору по зерновому вопросу и недопущению глобального голода».[1] Так как Запад искусственно пытался свалить вину на Россию с доставкой украинского зерна на мировые рынки, но Россия его вывозу не препятствует. «Эта сделка в некоторой степени имеет такое значение для самой России – ослабляется линия обвинений в том, что из-за нас «голодает весь мир». Но по части российско-украинских отношений ничего не изменится». [2] В случае заключения «зерновой сделки» мировые цены, которые и так имеют тенденцию к снижению, начнут падать еще быстрее. «Цены на продовольствие в ЕС упали на фоне ожиданий хороших урожаев – в том числе и в России». [3]

Как было сказано ранее, Украина поставляет около 5 миллионов тонн пшеницы в месяц, но в то же время Россия экспортирует около 37 миллионов тонн пшеницы, а в 2022-2023 году поднимет этот показатель до 50 миллионов.

Данная сделка выгодна для многих стран, но стоит лишь предполагать, какие выгоды на самом деле преследует каждая из них. Благодаря «зерновой сделке» за последнее время было снято несколько санкций против России, разблокирован платеж по нефти для нескольких банков, также разблокирована санкция против удобрения и продовольствий.

Так как сделка была заключена всего лишь 22 июля, стоит только ждать общие итоги. Остаются лишь вопросы: продлят ли сделку или приостановят после 120 дней; снимут ли другие страны для России санкции; и как дальше будут развиваться отношения между Россией и Украиной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Это урок для ЕС и США». К чему приведет «зерновая» сделка России и Турции. Материалы: Газета.ру. Политика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gazeta.ru/politics/2022/07/23/15173156.shtml?refresh>
2. «Зерновая сделка» разрушает антироссийский фронт. Материалы: ВЗГЛЯД. Деловая газета [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vz.ru/politics/2022/7/22/1168937.html>
3. Какие выгоды принесет России «зерновая сделка» в Стамбуле. Материалы: ВЗГЛЯД. Деловая газета [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vz.ru/world/2022/7/14/1167627.html>

УДК 621.878.23

В. А. САЙРАНОВ

regentrofen@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. П. В. ПЕТРОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

АВТОМАТИЗАЦИЯ ГУСЕНИЧНОЙ ТЕХНИКИ

Аннотация. Разработана электрогидравлическая система дистанционного управления беспилотного карьерного бульдозера.

Ключевые слова: гидростатическая трансмиссия, беспилотная техника, гидравлическая система.

Начало второго тысячелетия стал для человечества эпохой, в которой инноваторы стали внедрять технологии, при помощи которых, стало возможно создавать «умных» роботов. Основой экономики постепенно становятся технологии, основанных на принципах роботизации, облачных вычислений и искусственного интеллекта. Такие изменения в организации производств приводят к положительным результатам для жизни и безопасности людей.

Основным инструментом, который будет участвовать во всех отраслях промышленности в ближайшие десятилетия станет технология искусственного интеллекта. В процессе развития этого инструмента, параллельно также будут расти возможности беспилотной техники, что приведет к развитию всей машиностроительной отрасли. На сегодняшний день, все крупные технологические компании мира работают на развития данных направлений.

Актуальность данной работы заключается в том, что в условиях, сложившихся в мире, когда наша страна вдруг стала изолирована от передовых технологий, разработанных в коллективном западе, нельзя допустить критическое отставание машиностроительной отрасли в этом направлении. Для преодоления этой кризисной ситуации мной был предложен вариант такой технологии.

На рис.1 изображена разработанная электрогидравлическая схема с беспилотным управлением для тяжелого карьерного бульдозера, которая состоит

их контуров привода гидростатической трансмиссии и контура привода в работу рабочих инструментов бульдозера.

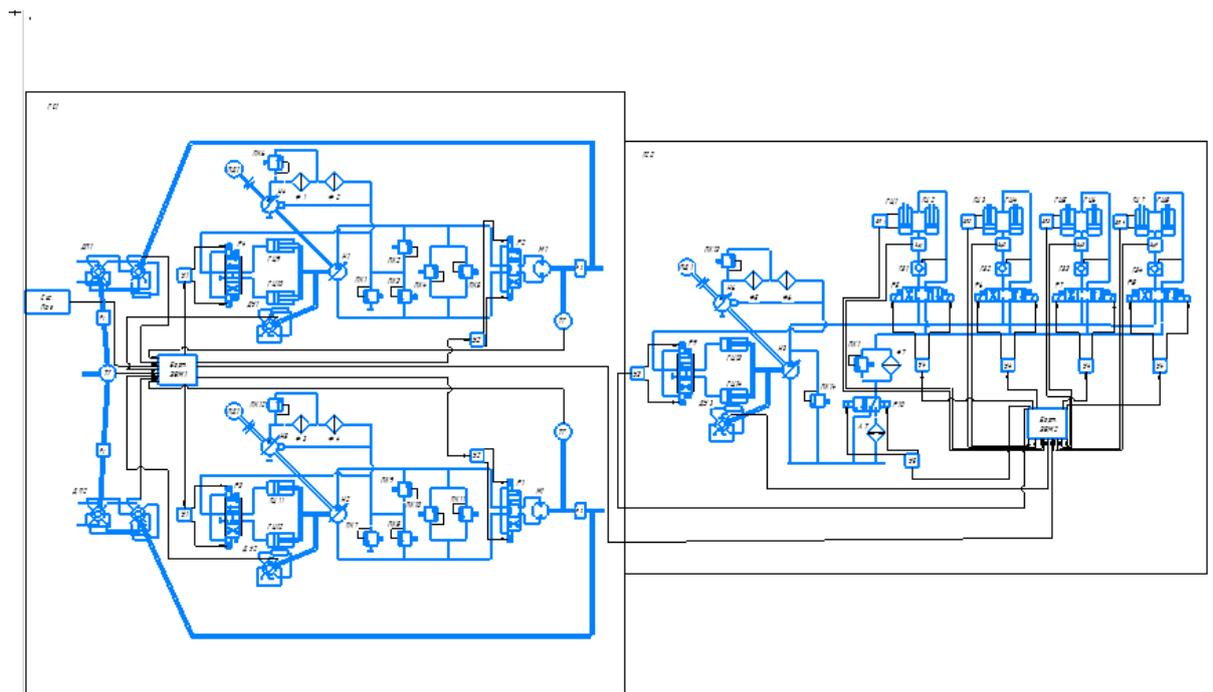


Рис. 1.Схема беспилотного бульдозера с электрогидравлическим приводом

Гидростатическая трансмиссия имеет в качестве измерительных элементов дистанционную передачу на двух вращающихся трансформаторах, приборный и силовой, согласующие редукторы, тахогенераторы ТГ, предназначенные для измерения угловой скорости входного вала и вала гидро-двигателя, и датчик угла ДУ установленный на регулирующем органе насоса. Сигналы ошибки и корректирующих обратных связей суммируются на входе БОРТ.ЭВМ1, которые потом после обработки в соответствии с заданной командой посылаются на усилители, управляющей током в обмотках электромагнита механизма управления. Гидропривод с элементами гидроавтоматики (подпитка магистралей привода и ограничение давления) получает энергию через муфту от приводного двигателя ПД, который одновременно приводит во вращение вспомогательный насос системы питания механизмов гидропривода.

Гидропривод рабочих органов функционирует также, только вместо вращающихся трансформаторов, положения и нагрузку отслеживают соответствующие датчики.

В заключении хотелось бы сказать, что предложенная схема не уступает по своим идеям и функциональным способностям от передовых разработок ведущих компаний из недружественных стран, и может покрыть потребность в беспилотной бульдозерной технике, так и основанных на бульдозерах хозяйственных и промышленных машин для разных секторов отечественной экономики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будущее роботов и автоматизации в промышленности [Электронный ресурс] // URL: <https://otus.ru/journal/budushhee-robotov-i-avtomatizacii-v-promyshlennosti/> // (Дата обращения: 01.09.2022)
2. Четвертая промышленная революция [Электронный ресурс] // URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Четвертая_промышленная_революция_\(Industry_Индустрия_4.0\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Четвертая_промышленная_революция_(Industry_Индустрия_4.0)) // (Дата обращения: 01.09.2022)

УДК 368.2

И. О. СЕМЕНИХИН

Semenihin98@gmail.com

Науч. руковод. – докт. техн. наук, проф. Х. А. ФАСХИЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ПОСЛЕДСТВИЯ ЗАКРЫТИЯ И ОТКРЫТИЕ СЕТИ БЫСТРОГО ПИТАНИЯ МАКДОНАЛЬДС ПОД НОВОМ БРЕНДОМ

Аннотация. В статье рассматривается проблема смены собственников и бренда Макдональдс в России.

Ключевые слова: Макдональдс, Вкусно и точка.

Как известно с начала спецоперации РФ на Украине некоторые иностранные бренды решили покинуть российский рынок, такие как: Adidas, Puma, H&M, IKEA, Volkswagen, Audi, Porsche и многие другие. Не исключением стала и сфера питания, и российский рынок покинула сеть ресторанов быстрого питания «Макдональдс» (McDonald's).

Макдональдс 9 марта дал официальное заявление о том, что русская часть сети Макдональдс прекращает свою работу с 14 марта, а также заявило о продаже русской сети Макдональдс. Русскую часть сети Макдональдс купил русский предприниматель Александр Говор.

Таким образом появилась российская сеть ресторанов быстрого питания под названием «Вкусно и точка», что повело за собой судебные тяжбы из-за сходства «Еда и точка». Открытие первых ресторанов этой сети произошло 12 июня 2022 года. Грандиозное открытие произошло на том же месте, где в 1990-х появилась первая точка сети Макдональдс в России.

Однако у любителей Макдональдс появился очевидный вопрос, насколько новая сеть сможет соответствовать уровню Макдональдс, и сможет ли полностью заменить ее для России. К сожалению, отзывы после первого дня остались не очень позитивными. В основном людям не понравилось соотношение качества к цене, а также отсутствие популярных позиций, такие как «БигМак» и «Бигтейсти».

В сети ресторанах Макдональдс по всему миру был введен условный «индекс бигмака», по которому можно было бы определить на сколько в той или иной стране Макдональдс был дороже или дешевле. Так например на 2012 в США БигМак стоил 4.33\$, в России 2.29\$, самым дорогим же на тот момент был в Венесуэле со стоимостью в 7.92\$, но в 2019 стоимость в США 5.74\$, в России 2.04\$, а самым дорогим был БигМак в Швейцарии со стоимостью 6.54\$. По данному «индексу БигМака» можно отслеживать и обесценивание разных валют в разные годы [1].

Несмотря на то, что во «Вкусно и точка» нет БигМака и его аналогов, цена остальных идентичных позиций, как например картошка фри, чизбургер или даже соусы стала выше по сравнению с ушедшим Макдональдсом, остается разобратся с чем это может быть связано.

Один из главных факторов – это уход иностранных поставщиков и нарушение логистических цепочек в ресторане.

Возникла проблема с нехваткой из-за неурожайного года, а также появились перебои с поставками семян картофеля из Польши и Бельгии. Значительно усложнились проблемы логистики и повысились ее цены. Фуры с семенами начали простаивать более недели на границе Польши с Беларусью. По мнению экспертов, российские селекционные технологии не хуже иностранных. Зарубежные селекционеры получают роялти от их потребителей, теперь же владельцы ресторанов, столкнувшиеся с данной проблемой, должны простимулировать российских селекционеров для получения необходимых сортов удовлетворяющих требования ресторанов.

В текущее время рестораны «Вкусно и точка» продолжается заключение новых контрактов с локальными поставщиками и производителями, для минимизации расходов на логистику. Первый поставщик на Дальнем Востоке – «Мультименю-ДВ», будет поставлять в Приморском крае лук, томаты и салаты [2]. Появление поставщика в регионе сильно уменьшает количество логистических проблем.

Руководству ресторана придется пройти сложный путь по налаживанию практически с нуля цепочек поставок, которые до этого работали и улучшались годами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. RTVI: нехватка картофеля во «Вкусно — и точка» вызвана проблемами с поставками - Газета.Ru | Новости (gazeta.ru)
2. "Вкусно - и точка" наращивает количество поставщиков продуктов - ПРАЙМ, 09.08.2022 (lprime.ru)

УДК 656

Р. Р. СЕРОСТИНОВ, Д. В. ЦЕЛИЩЕВ
felixor@inbox.ru

Уфимский государственный авиационный технический университет

ИТ-ТЕХНОЛОГИЙ В ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ

Аннотация. В статье рассматриваются современные тренды внедрения ИТ-технологий в транспортную сферу.

Ключевые слова: ИТ-технологии, транспорт, логистика.

Коммуникационные и информационные технологии в настоящее время являются главными аспектами, благодаря которым происходит совершенствование транспортной сферы. Актуальные информационные механизмы работают над созданием единого информационного пространства, благодаря которому все участники могут взаимодействовать друг с другом. Транспорт, на сегодняшний день, является наиболее динамично развивающейся технологической отраслью. Именно поэтому главным фактором в транспортной инфраструктуре выступает технологическая прогрессивность в применяемых логистических решениях. Основной запрос транспортной отрасли к сфере ИТ заключается в острой потребности быстрого обмена актуальной информацией между участниками, находящимися на большом расстоянии друг от друга. Решение данной задачи становится доступным, благодаря использованию новейших технологий передачи данных.

ИТ-технологии в авиaperевозках

Авиатранспорт представляет из себя именно ту сферу деятельности, где новые ИТ-технологии находят свое применение практически везде. Возможность просмотреть и сравнить варианты рейсов, приобрести билеты через интернет быстро закрепились в нашей жизни. Теперь тяжело даже представить, что еще недавно в интернете невозможно было получить обширную информацию о прилетах и вылетах самолетов, приобрести билеты онлайн, пройти регистрацию на рейс благодаря веб киоскам в аэропортах. ИТ-технологии постепен-

но преобразовались в главные инструменты конкуренции авиакомпаний, особенно в периоды кризиса и серьезного снижения пассажиропотока.

В 2009 году была реализована система "Сирена-Трэвел", которая включает в себе четверть объема данных всех пассажирских авиаперевозок, а также дает возможность совершать бронирование в режиме онлайн. Также в данную систему, пользователям была добавлена возможность производить покупки с помощью платежной системы *eGo*. Создание единого информационного поля между участниками авиаперевозок, снижение стоимости, повышение качества услуг при авиаперелетах – это главные преимущества внедрения *IT*-решений в авиационной отрасли. Примеры внедрения *IT*-технологий в авиаперевозки не ограничиваются серверами для видеофиксации, системами контроля доступа, сервисами предоставления дополнительных возможностей пассажирам (например «Аэрофлот-Бонус» и пр.). При обучении и переподготовке пилотов широко используются *IT*-технологии, благодаря моделируются различные экстренные ситуации, возникающие в полете, что позволяет пилотам постоянно обучаться и повышать свою квалификацию. На сегодняшний день именно авиаперевозки находятся на переднем крае *IT*-технологий.

IT-технологии с сфере железнодорожного транспорта

IT-технологии в сфере железнодорожного транспорта не отстают от авиатранспортных. Здесь также доступна возможность приобретения электронных билетов в режиме онлайн. В железнодорожной сфере продолжается внедрение одной из самых масштабных информационных систем в России на базе SAP ERP.

Железные дороги России (РЖД) – одна из крупнейших железнодорожных компаний в мире. Одним из примеров успешного использования *IT* в Российских железных дорогах является система ЭТРАН – автоматизированная система, позволяющая оформить перевозочные документы в режиме онлайн. Большинство ранее разрозненных информационных подсистем интегрировано в единую информационную систему РЖД и этот процесс продолжается. Улуч-

шение систем контроля, управления и связи – главное условие повышения производительности и снижения рисков на железнодорожном транспорте [1].

IT-технологии в логистике

Повышение степени загрузки транспортных единиц, оптимизация маршрутов перевозки и реализация возможности наблюдать за грузом в режиме онлайн на протяжении всего пути – такие задачи ставятся перед IT транспортной логистикой. В данный момент существует ряд цифровых решений, позволяющих значительно сократить время на доставку грузов, уменьшить расходы, связанные с доставкой, отследить местонахождение груза в любой момент времени. Такие результаты стали возможны благодаря широкому внедрению систем глобального позиционирования.

В мультимодальной логистике актуальны задачи интеграции информационных систем на различных видах транспорта. Особую роль занимают информационные технологии в раннем планировании грузоперевозок. С помощью отлаженного транспортного коридора можно осуществлять доставку грузов значительно быстрее, что залогом повышения конкурентоспособности стран. Реализация в рамках интегральной евразийской транспортной системы единого открытого информационного поля, а также универсальных стандартов обработки и передачи данных – основа глобального объединения регионов в сфере транспортной логистики.

Транспортную логистику сегодня невозможно представить без онлайн сервисов разработки маршрутов перевозки, загрузки подвижного состава, без онлайн площадок для экспедиторских компаний (например Трансконтейнер, АвтоТрансИнфо, ВезетВсем и т.д.).

IT-технологии прочно закрепились в транспортной сфере, позволяя с минимальными затратами на высоком уровне быстро решить проблему перемещения грузов и пассажиров [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Герами В.Д. Управление транспортными системами. Транспортное обеспечение логистики // Учебник и практикум для академического бакалавриата. - 2014. С. 283.
2. Сергеев В.И. Управление цепями поставок // Учебник для бакалавров. – 2014. С. 193.

УДК 656.01

Л. В. СУЛЕЙМАНОВА, А. М. НУРЕТДИНОВ

Liana2000_2011@mail.ru

Науч. руковод. – ст. преп. А. А. СОЛОВЬЕВА

Уфимский государственный авиационный технический университет

ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В ОБЛАСТИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Аннотация. В современных условиях приоритетным направлением инвестиционного процесса на автомобильном транспорте является укрупнение материально-технической базы автотранспортных предприятий, в то время как, совершенствование, должно коснуться технологических процессов перевозок и управления перевозками пассажиров и грузов.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, транспортная система, грузовые и пассажирские перевозки, инвестиции, инновации, франчайзинг.

В последние годы на улицах и дорогах практически всех регионов страны численность автотранспортных средств увеличилась. Особенно резко она возросла на улицах городов за счет легковых автомобилей и автобусов, принадлежащих частным автовладельцам (предприятиям или индивидуальным предпринимателям). Вследствие чего улично-дорожная сеть города перегружается. Это сопровождается негативными последствиями, такими как загрязнение окружающей среду, увеличение дорожно-транспортных происшествий, в том числе и человеческими жертвами [1]. В этих условиях возрастает роль современных средств связи в оперативном управлении. Особенно актуальна это проблема на городском пассажирском транспорте.

Некоторые грузы требуют высокого качества доставки. Одним из эффективных и объективных методов контроля над работой автомобильного транспорта в этом случае является тахографический контроль. Мировая практика свидетельствует о том, что применение тахографов также является одним из эффективных и объективных методов контроля, профилактики и предупреждения нарушения правил дорожного движения.

Большое значение при международных перевозках имеет применение системы мониторинга и контроля движения «Автотрекер», спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS и др. Это способствует повышению эффективности использо-

вания автомобилей за счет улучшения эксплуатационных показателей, обеспечивает объективный контроль над соблюдением водителем режима труда и отдыха, что в итоге повышает безопасность дорожного движения и сохранность перевозимых грузов.

Техническая скорость движения автомобилей определяется состоянием дорожного покрытия организацией дорожного движения и другими факторами, которые не зависят от автотранспортных предприятий. В то же время у предприятий нет возможности повысить эксплуатационную скорость. Увеличение этой скорости достигается сокращением затрат времени на выполнение погрузочно-разгрузочных работ, но не увеличением технической скорости.

Сокращение затрат времени на выполнение погрузочно-разгрузочных работ может быть достигнуто путем совершенствования организации и механизации таких операций. Эффективное решение указанной проблемы также возможно с помощью инновационного подхода.

Необходимо учесть, что наибольший эффект мероприятий по сокращению времени простоя под погрузочно-разгрузочными операциями достигается на коротких расстояниях [3].

Интенсивные факторы роста производительности автопарка и снижения себестоимости транспортных услуг предполагают увеличение времени его работы на линии. Этого можно достигнуть за счет времени введения многосменного режима работы подвижного состава на перевозках пассажиров и грузов, и увеличения коэффициентов технической готовности имеющегося на балансе автопарка.

Большую роль играют не только инновации в области модернизации материально-технической базы, но и нововведения в финансовой и маркетинговой деятельности, внедрение новых технологий в управление персоналом компании, новых подходов к управленческому учету.

Инновационный процесс может касаться и технологии управления функционирующей транспортной компании. Возникновение кризиса в деятельности компании, например, кризиса ликвидности, неплатежеспособности, нередко становится толчком к инновациям в организационной структуре. В то же время

неадекватные методы управления предприятиями нередко становятся причиной наступления финансового кризиса.

Разные мероприятия, проводимые в рамках инновационной деятельности, требуют неодинаковых затрат времени и финансовых ресурсов. В то же время их необходимо применять, в ином случае транспортная фирма может оказаться в кризисе. В этих условиях необходим стратегический план инновационной деятельности, включающий мероприятия, сроки их реализации, требуемые затраты и размер эффекта или эффективности. Инновации, не требующие значительных финансовых затрат, но обеспечивающие высокую эффективность, необходимо включать в первую очередь. По каждому нововведению должны быть установлены сроки их реализации. Однако сроки реализации могут быть изменены в процессе работы с учетом изменений обстановки и результатов мониторинга во внутренней и внешней среде [4].

Тем не менее, в настоящее время существует целый ряд проблем, связанных с финансированием инновационных проектов. К ним относятся недостаток собственных средств, трудности с кредитованием инновационных проектов из-за нежелания банков идти на риск, предпочтения вкладывать средства только в крупные организации [2].

Однако в настоящее время инновационный фактор становится решающим условием устойчивости развития транспорта как в целом по стране, так и по каждому региону. Для того чтобы данный фактор полностью реализовался, инновационная и инвестиционная деятельность на автомобильном транспорте должны осуществляться в едином цикле под единым управлением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аникин Б.А. Логистика: Учеб. Пособие / Под ред. - М.: ИНФРА-М, 2017.
2. Волгин В. В. Логистика приемки и отгрузки товаров : практ. пособие / В. В. Волгин. - 2-е изд. - М. : Дашков и К°, 2018.
3. Бычков В.П. Организационно-экономические методы повышения конкурентоспособности услуг на автомобильном транспорте: монография /В.П.Бычков, А.М. Букреев. – М.: КноРус,2020. – 360 с.
4. Логистика: современные тенденции развития : материалы XVII Междунар. науч.-практ. конф. 4, 5 апреля 2019 г. : Ч. 1 / ред. кол.: (отв. ред.) В. С. Лукинский, [и др.]. — СПб.: ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова, — 2018.

УДК 658.7

М. И. ТАИТИН
taitin01@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук., доц. Д. В. ЦЕЛИЩЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ БЛОКИРОВКИ ДОРОГ

Аннотация. Описываются особенности выдвижных дорожных блокираторов со встроенным индивидуальным гидроприводом для обеспечения безопасности.

Ключевые слова: дорожные блокираторы, болларды-столбы, безопасность.

Выдвижные дорожные блокираторы (ВДБ) это эффективное противоаварийное и антитеррористическое средство, защита от несанкционированного въезда любых транспортных средств, в том числе тяжелых.

Выдвижные заграждения - самая эффективная и активно внедряемая система обязательной остановки транспорта во всем мире.

Данная система предполагает вынужденную остановку транспорта: выдвижные дорожные заграждения не меняют внешнего вида исторических мест, комплексов зданий и сооружений, в нижнем положении не создают препятствий транспортному потоку и становятся практически незаметными.

Объекты, имеющие особое значение для центральных районов городов, где расположены правительственные и административные здания, ВДБ - единственное приемлемое решение [1].

Дорожные заграждения имеют разную конструкцию и делятся на несколько типов. Дорожные заграждения подъемного типа, которые часто используются для блокирования проезда на железнодорожных переездах, довольно распространены. Это усиленная металлическая конструкция треугольного профиля, которая при опускании с одной стороны находится над дорожным покрытием, а при подъеме образует препятствие в виде треугольного выступа.

Блокираторы такой конструкции имеют встроенный асинхронный электродвигатель, который позволяет им вращаться вокруг оси, расположенной вдоль одной из их граней. Движение блокиратора (подъем и спуск) может быть

автоматическим, синхронизированным с сигналом железнодорожного светофора, например, если он установлен на пересечении железнодорожных путей. Кроме того, блокиратор можно снять и опустить с панели управления, если за его работой наблюдает человек (охранник, Охранник, охранник).

Блокираторы этого типа достаточно просты и надежны. У них есть механизмы и приводы. Но недостатками является то, что при движении транспортные средства проходят через корпус замка (когда он опускается), что увеличивает износ конструкции.



Рис. 1. Выдвижные дорожные блокираторы

Дорожные блокираторы могут иметь разную конструкцию, которая учитывает различные разновидности монтажа. Более прочные – те, что монтируются вовнутрь дорожного полотна. А более недорогие и простые – те, что устанавливаются сверху него. Выбор в каждом определенном случае за пользователем – в зависимости от того, какие условия для него более приоритетны.

Преимущества дорожных блокираторов:

Надежность конструкции; Общая ширина заблокированной дороги; Неспособность преодолеть блокираторы даже на велосипедах и велосипедах; привод вверх и вниз [3].

Болларды-столбы

Дорожные блоки, к которым чаще всего применяется термин "болларды", также могут быть выполнены в виде телескопических столбов, расположенных на проезжей части в вертикальном положении. При поступлении сигнала в ав-

томатическом режиме или с консоли оператора полки поднимаются (расширяются) вертикально вверх, блокируя путь транспортного средства. В зависимости от назначения и применения шпильки могут иметь цельную или цельную конструкцию, различную жесткость, диаметр и высоту.

Поскольку перекрыть дорогу столбом довольно проблематично, обычно используется система таких подъемных элементов. Стойки расположены так, чтобы расстояние между ними было минимальным и препятствовало проезду автомобиля. В большинстве случаев 3-4 болларда, работающих синхронно, более чем достаточны. Также возможно установить блокпосты таким образом, чтобы перекрывалась не вся ширина дороги, а только ее часть.



Рис. 2. Болларды-столбы

Преимущества боллардов:

- длительный срок службы, поскольку в опущенном состоянии она не выдерживает нагрузки в виде веса транспортного средства;
- простота установки и строительства;
- возможность частичного перекрытия проезжей части;
- низкая стоимость болларда [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виды боллардов и советы по выбору дорожных блокираторов. [Электрон.ресурс]. Режим доступа: https://vorota-goroda.ru/articles/bollardy_dorozhnye_blokiratory
2. Выдвижные дорожные блокираторы. Противотаранные антитеррористические средства. [Электрон.ресурс]. Режим доступа: <http://www.vst-st.ru/vdb.html>
3. Болларды, заградительные и противотаранные столбы. [Электрон.ресурс]. Режим доступа: <https://www.silarmash.ru/bollards.html>

УДК 368.2

Е. В. УСМАНОВА

kateusmanovaa@gmail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Д. В. ЦЕЛИЩЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ВЛИЯНИЕ САНКЦИЙ ЛИТВЫ И ЕВРОСОЮЗА НА ЛОГИСТИКУ В КАЛИНИНГРАДЕ

Аннотация. В статье рассматриваются последствия транзитного эмбарго, установленного Литвой и способы решения данной дилеммы.

Ключевые слова: транзит, санкции, Калининград, Литва, Европейский союз, логистика, грузы, железная дорога.

В настоящее время политическая обстановка в мире крайне нестабильна как для России, так и для глобальной экономики. Это неблагоприятно влияет на многие сферы деятельности и, в том числе, на логистику.

Из-за жесткой санкционной политики Евросоюза понесли убытки многие российские компании различных отраслей. Особенно сильно пострадал самый западный регион Российской Федерации – Калининград. Он полностью отделен от остальной территории страны международными морскими водами и сухопутными границами иностранных государств. Все сферы от крупного до малого бизнеса Калининградской области зависят от сухопутного грузового транзита через территорию Евросоюза. Еще 18 июня Литва ограничила провоз российских товаров, попавших под санкции ЕС, из России в Калининград через железнодорожные пути[3]. В список этих товаров, по редакции регламента Совета Европейского союза (№ 833/2014 [1]), попали такие товары, как стройматериалы, стеклотара, дерево и его продукты, цемент, металл, удобрения, декоративные растения, алкоголь, икра и другие. Также, 21 июня было объявлено эмбарго на транзит товаров автомобильным транспортом через территорию Литвы. По словам Антона Алиханова, губернатора Калининградской области, запрет затронул около 40-50% номенклатуры грузов, транспортировавшейся между Калининградом и остальной частью Российской Федерации[5].

Таким образом, из-за санкций ЕС и решений Литвы были оборваны логистические цепочки Калининграда, что привело к упадку бизнеса и ухудшению экономического состояния области из-за возникшего дефицита товаров на рынке. Представительство России назвало действия Вильнюса незаконными и пообещала принять в ответ «жесткие меры». Например, было предложено перекрыть движение грузов в Прибалтику и отключить страну от энергокольца БРЭЛЛ. Электрическое кольцо БРЭЛЛ — синхронный режим работы энергетических систем Белоруссии, России, Эстонии, Латвии и Литвы [6].

Одним из решений проблемы является строительство портов и переход на морские перевозки. По словам Светланы Нижегородовой, уполномоченный по защите прав предпринимателей в Калининградской области, для этого необходимо увеличить количество паромов и на государственном уровне субсидировать такие грузоперевозки, так как они будут дороже. В идеале предприниматели не должны ощущать разницу в цене и сроках доставки товаров между наземным и морским транспортом [2].

После переговоров Москвы, Вильнюса и Еврокомиссии власти ЕС выпустили разъяснения, которые допускают железнодорожный транзит санкционных товаров с рядом условий. В конце июля Алиханов сообщил, что в регион прибыли первые 60 вагонов с цементом, проследовавшие через Литву [7].

Казалось бы, что кризисная ситуация с транзитом постепенно разрешается, но возникли новые проблемы с литовским банком «Шауляй банк», через который проходили транзакции за перевозки грузов в Калининградскую область. С 15 августа банк откажется проводить платежные операции в рублях независимо от страны получателя, а с 1 сентября не будет проводить банковские операции с Россией и Белоруссией. Это будет новым ударом по калининградскому транзиту. Вероятным исходом невозможности оплаты проезда является закрытие Литвой транзитного коридора [4].

Санкции привели к логистическому кризису. Поставки товаров стали дороже в несколько раз, а некоторые вообще недоступны. Сегодня калининградские

предприниматели перестраивают заново свою логистику и ищут альтернативу импортным комплектующим. Бизнес ожидает, что власти окажут предпринимателям финансовую поддержку и компенсируют возросшие расходы на логистику. А в идеале еще и запустят программы, которые будут стимулировать строительство и металлопотребление.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Регламент Совета Европейского союза (№ 833/2014). [Электронный ресурс]. Режим доступа: EUR-Lex - 02014R0833-20220604 - EN - EUR-Lex (europa.eu)
2. Как власти и бизнес Калининграда оптимизируют логистику из-за санкций. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rg.ru/2022/07/05/reg-szfo/kak-vlasti-i-biznes-kaliningrada-optimiziruiut-logistiku-iz-za-sankcij.html>
3. Песков прокомментировал решение ЕС по транзиту товаров в Калининград. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ria.ru/20220726/tranzit-1805018482.html>
4. Кремль понадеялся на решение по транзиту в Калининград с помощью диалога. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.rbc.ru/politics/29/07/2022/62e3b14a9a79472dff95c0ac>
5. Telegram-канал Антона Алиханова. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://t.me/aa_alikhanov/367
6. Страны Прибалтики попробовали отказаться от электроэнергии из России. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.rbc.ru/business/12/04/2021/6073deb19a7947ea48390217>
7. Первые вагоны с цементом прибыли в Калининград транзитом через Литву. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ria.ru/20220726/vagony-1805186830.html>

И. Н. ФАТКУЛЛИН

Ilgizar30061999@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. С. Ю. КОНСТАНТИНОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

МОДЕРНИЗАЦИЯ ВНУТРИТРУБНОГО ГАЗОСЕПАРАТОРА С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСУШКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Аннотация. Внутритрубные сепараторы – компактные сепараторы, принцип действия которых основан на применении центробежных сил, осуществляют процесс разделения газа, нефти, воды и механических примесей. Монтируются непосредственно в трубе, являющейся частью существующей системы трубопроводов. Внутритрубный сепаратор позволяет разделять многофазное течение на отдельные потоки с минимальными потерями. Преимуществом применения внутритрубных сепараторов являются уменьшение занимаемой площади и улучшение массогабаритных характеристик сепарационных аппаратов; увеличение эффективности сепарации; предотвращение или снижение пенообразования; снятие ограничений системы, накладываемых малыми габаритами газовых и жидкостных сепараторов. Принцип действия внутритрубного сепаратора основан на том, что газожидкостный поток, проходя через стационарный вихревой элемент, приводится во вращение, тем самым разделяясь на две фазы из-за разности в плотностях. Жидкая фаза создает тонкую пленку на внутренней стенке трубопровода, а газ выходит через трубопровод меньшего диаметра в центре главного трубопровода. Жидкость поступает в пространство между двумя трубопроводами, бьется об стенку сепаратора и поступает в секцию сливного потока.

Ключевые слова: внутритрубный сепаратор; осушка; анализ; математическая модель; моделирование; расчет; регулятор.

Анализ научно-технической литературы и патентных исследований

Аналитический обзор способов осушки газа магистральных газопроводов

Осушка газа – это операция удаления влаги из газов и газовых смесей, которая обычно предшествует транспортировке природного газа по трубопроводам или низкотемпературному разделению газовых смесей [1 с. 42].

Осушка обеспечивает непрерывную эксплуатацию оборудования и газопроводов, предотвращая гидратообразование и возникновение ледяных пробок в системах.

Существует множество методов осушения газа. Однако их практическая значимость различна, и не все они применимы для производственных целей. Кроме того, при их выборе необходимо учитывать условия конкретной местности (от этого зависит, например, значение «точки росы»), а также экономическую сторону проекта [2].

Коммерческое применение нашли следующие способы:

Физические методы:

- Абсорбция – осушка газа при помощи жидких поглотителей;
- Адсорбция – осушка газа при помощи твердых поглотителей.
- Конденсация – охлаждение с впрыском ингибиторов гидратообразования (гликолей или метанола);
- Мембраны – на основе эластомеров или стеклообразных полимеров;

Химические методы:

- Гигроскопичные соли, хлориды металлов (CaCl_2 и пр.) [3];

Комбинированные методы.

- Осушка газа впрыском гликоля и т.д. [3].

Абсорбционный способ осушки природных газов

Абсорбция – избирательное поглощение газов или паров жидкими поглотителями – абсорбентами. В этом процессе происходит переход вещества или группы веществ из газовой или паровой фазы в жидкую, в соответствии с рис. 1 представлена компоновочная схема абсорбера. Абсорбция – избирательный и обратимый процесс. Переход вещества из жидкой фазы в паровую или газовую называется десорбцией. Обычно оба процесса объединяются в один производственный процесс.

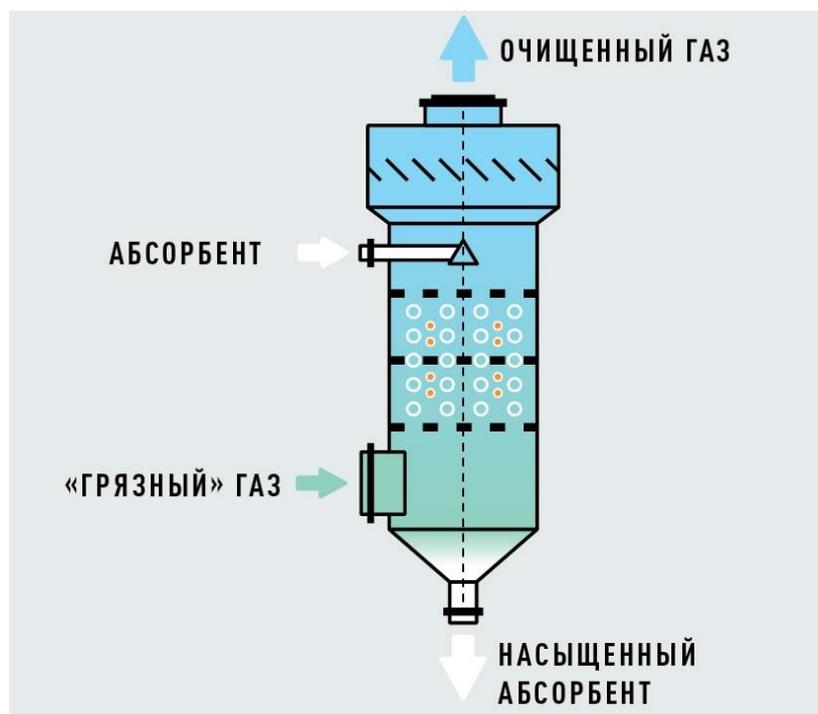


Рис. 1. Схема абсорбера [4]

В процессе десорбции, которую проводят после абсорбции, целевой компонент выделяется из жидкого поглотителя. В процессе абсорбции происходит растворение газа в жидкости: этому способствует повышение давления и понижение температуры [3 с. 27].

Так же используется еще один абсорбционный метод осушки газа – гликолевая осушка.

Данный метод используется для умеренной осушки газа, достаточной для транспортировки по трубопроводам, в том числе и магистральным, и использовании такого газа в качестве топливного. В соответствии с рис. 2 представлена схема стандартной установки гликолевой осушки газа.

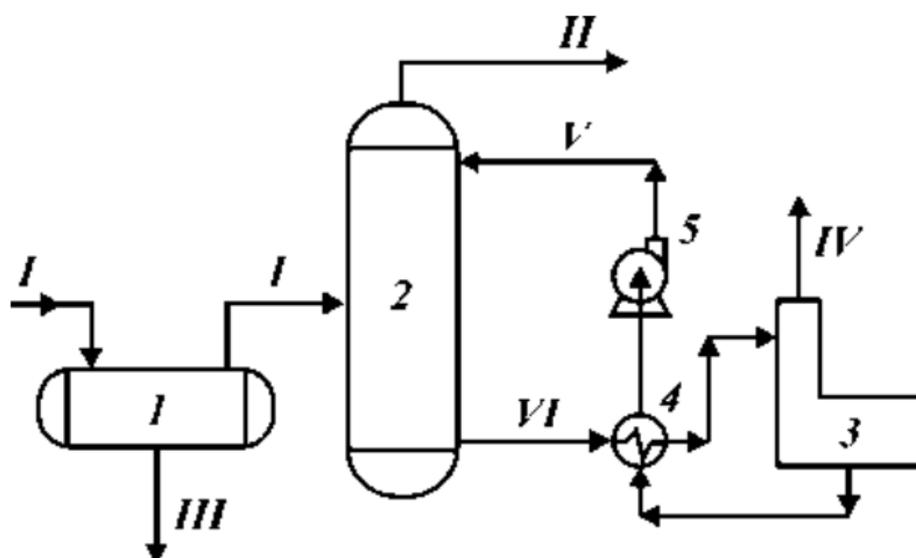


Рис. 2. Схема стандартной установки гликолевой осушки газа:
I – сырой газ; II – сухой газ; III – вода; IV – пары воды; V – сухой гликоль; VI – сырой гликоль; 1 – сепаратор; 2 – абсорбер; 3 – генератор гликоля; 4 – теплообменник гликоль; 5 – насос [5]

Газ со скважин проходит входной сепаратор 1, где от него отделяется жидкая водная фаза (конденсационная вода с примесью пластовой минерализованной воды либо водный раствор ингибитора гидратообразования, если система промышленного сбора газа функционирует в гидратоопасном режиме), далее поступает в абсорбер 2, где и осушается, контактируя с раствором концентрированного гликоля. Осушенный газ из абсорбера поступает в магистральный газопровод и подается потребителю. В схему входит система регенерации насыщенного гликоля 3, а также насосы, теплообменники и некоторое другое оборудование [13].

Основное преимущество установок гликолевой осушки - низкая удельная стоимость по сравнению с адсорбционными системами, обусловленная простотой технологической схемы. Рабочий перепад давления в таких установках минимальный и обусловлен исключительно гидравлическим сопротивлением колонны-контактора (абсорбера).

Адсорбционный способ осушки природных газов

Адсорбция – это процесс концентрирования вещества на поверхности или в порах твердого тела адсорбента [3].

Адсорбционные установки осушки газа, в основном, применяются для глубокой осушки газа. В соответствии с рис. 3 показан принцип адсорбционной осушки газа. Влажный газ поступает в адсорбер 1, где он проходит снизу, вверх через слой адсорбента - твердого вещества, поглощающего пары воды и далее выводится из аппарата. После этого влажный газ пускают через адсорбер 2, а адсорбер 1 отключают и выводят на регенерацию. Для этого через регулятор давления 3 из газовой сети отбирается сухой газ, и газодувкой 6 подается в подогреватель 7, где газ нагревается. Далее он подается в адсорбер 1, где отбирает влагу от адсорбента, после чего поступает в холодильник 4. Сконденсировавшаяся вода собирается в емкости 5, а газ используется для осушки повторно и т.д.

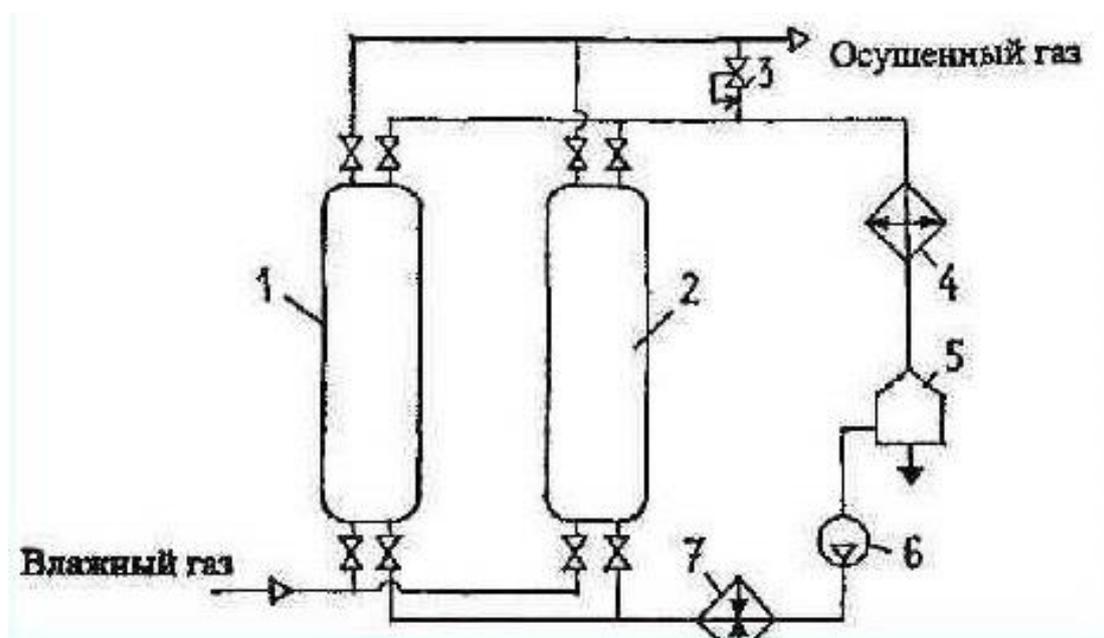


Рис. 3. Адсорбционная осушка газа:
1, 2 – адсорберы; 3 – регулятор давления типа; 4 – холодильник; 5 – емкость;
6 – газодувка; 7 – подогреватель газа [6]

Одним из свойств адсорбционных установок является принципиальная возможность одновременного удаления и воды и целого ряда примесей (углеводородов, кислых газов и пр.). Однако, использование адсорбционных установок для многокомпонентной очистки газа целесообразно только при низких «следовых» концентрациях удаляемых компонентов [3].

Конденсация

Известен и широко используется в промышленных и заводских условиях способ низкотемпературной конденсации (НТК) природного газа путем охлаждения газа до температуры ниже точки росы по воде и последующего удаления сконденсированной влаги.

Разделение углеводородных газов методом НТК осуществляется путем охлаждения внешним холодом до заданной температуры при постоянном давлении, сопровождающегося конденсацией извлекаемых из газов компонентов, с последующим разделением в сепараторах газовой и жидкой фаз.

Использование данного метода за счет искусственного внешнего холода позволяет поддерживать стабильную точку росы вне зависимости от времени года и перепада давлений, и добиваться более глубокого извлечения тяжелых углеводородов [3].

Мембраны

Мембранные процессы разделения основываются на различной проницаемости того или иного компонента газообразной или не жидкой среды. Поток, который проходит через мембрану, называется фильтратом или пермеатом, а задержанный – концентратом или ретентатом [7].

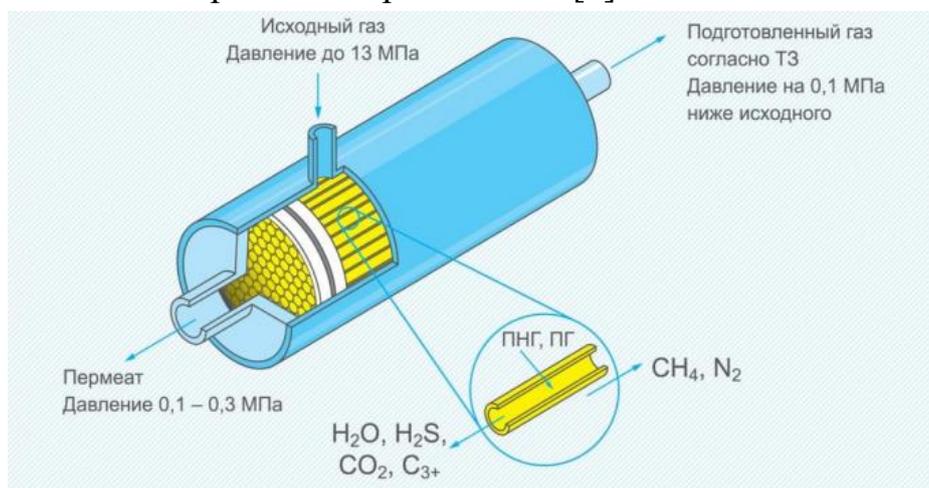


Рис. 4. Схема распределения газовых потоков в модуле [8]

Отличительными особенностями мембран являются половолоконная конфигурация, принципиально другая последовательность скоростей проникновения компонентов газа, высокая химическая устойчивость практически ко всем компонентам углеводородных смесей и высокая селективность. При подготовке попутного нефтяного и природного газа все нежелательные примеси концентрируются в потоке низкого давления, а подготовленный газ выходит практически без потери давления, в соответствии с рис. 4 показана схема распределения газовых потоков в модуле.

Химический метод

Рассмотрим осушку газа хлористым кальцием. На рисунке 5 представлен абсорбер для осушки данного типа.

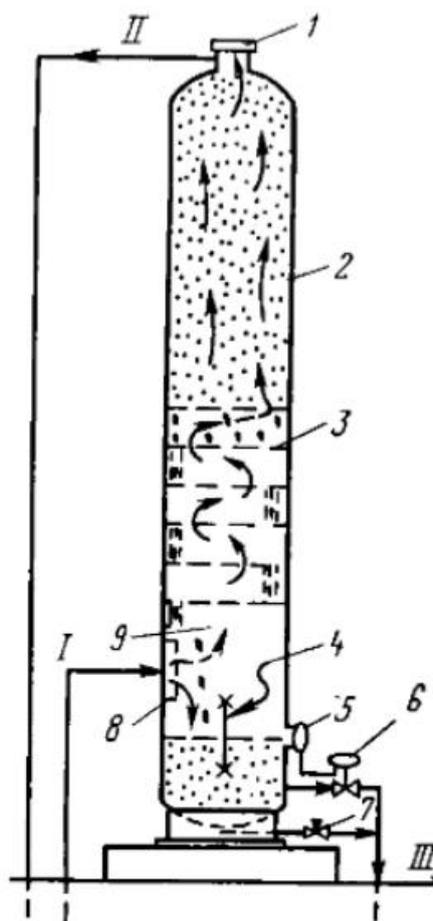


Рис. 5. Схема работы хлоркальциевого дегидратора:

1 – люк для загрузки хлористого кальция; 2 – секция таблетированного хлористого кальция; 3 – центральная (тарелочная) секция; 4 – стеклянный указатель уровня; 5 – регулятор уровня жидкости; 6 – клапан для сброса раствора хлористого кальция; 7 – дренажная задвижка; 8 – каплеотбойник; 9 – сепарационная секция; I – сырой газ; II – осушенный газ; III – жидкость из аппарата (дренирование) [17]

Дегидраторы такого типа применяются для осушки небольших объемов газа на некоторых промыслах, особенно там, где обслуживание установок обходится дорого (труднодоступные территории, суровые климатические условия и т.д.).

Промысловые хлоркальциевые дегидраторы состоят из трех секций:

1) Нижняя или сепарационная секция, куда происходит поступление газа и отделяется жидкость. Раствор хлористого кальция вместе с поглощенной влагой собирается внизу аппарата, откуда переводится в специальную яму;

2) Центральная или тарелочная секция. Через них проходит поток газа и движется вверх аппарата стекающему навстречу раствору хлористого кальция. Осушитель поступает в верх тарелочной секции.

3) Верхняя секция, представляет собой емкость, в которую загружаются таблетки безводного хлористого кальция. Здесь удаляется около двух кг воды на один кг хлористого кальция.

Иногда на входе в дегидратор устанавливается нагреватель, при необходимости подогрева другого промышленного оборудования [17].

Комбинированные методы

В качестве комбинированного метода рассмотрен метод осушки газа с применением проточного реактора, в соответствии с рис. 6.

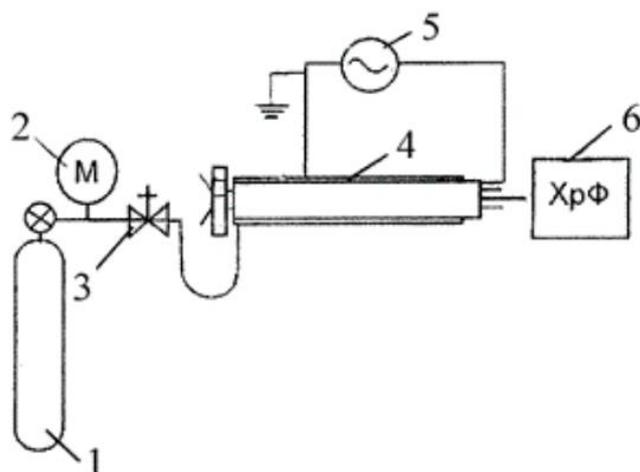


Рис. 6. Схема лабораторной установки для осушки газа:
1 – баллон со сжатым газом; 2 – манометр; 3 – редуктор; 4 – реактор;
5 – источник питания эксимерной лампы; 6 – хроматограф [18]

Способ осушки включает облучение объема газовой смеси в реакторе электромагнитной волной ультрафиолетового диапазона. Проточный реактор для осушки содержит трубопровод и равномерно размещенные в нем эксимерные лампы на основе ксенона. Лампы выполнены в продолговатых цилиндрических корпусах из кварцевого стекла. Изобретение позволяет повысить эффективность осушки газа, структурно сократить технологии, упростить обслуживание, утилизировать отделяемую влагу и снизить энергозатраты.

Реактор (адсорбер) содержит линейный трубопровод с устройством дезинтеграции и перемешивания встречных потоков осушаемого газа и адсорбента.

Указанный способ и устройство является прототипом. Существенный недостаток прототипа – плохо решенная проблема утилизации отсепарированной и токсичной водной фазы (т.к. водная фаза содержит технологические примеси - метанол, гликоли, углеводороды). Накопление больших объемов токсичных вод в подземных горизонтах грозит в перспективе уничтожением окружающей фауны и флоры. Захоронение загрязненной воды, как и других отходов производства, составляет отдельную глобальную проблему защиты биосферы. В некоторых случаях утилизация токсичной водной фазы осуществляется путем ее "сжигания" с использованием в газопромысловой практике горизонтальных факельных устройств. Эффективность "сжигания" водной фазы весьма низкая, что приводит к конденсации воды с несгоревшими органическими примесями вокруг факельного устройства. Кроме того, технология утилизации методом сжигания энергозатратная, поскольку приводит к испарению всей массы промстоков [18].

Указанный технический результат достигается тем, что в способе осушки природного газа в качестве внешнего физического воздействия применяют облучение объема газовой смеси в реакторе электромагнитной волной ультрафиолетового диапазона.

Достижимость указанных технических результатов основана на использовании фотохимических реакций в потоке газа, облучаемом электромагнитным излучением ультрафиолетового диапазона с избирательной длиной волны. При этом обеспечивается целенаправленное фотохимическое воздействие на газовый поток [18].

Аналитический обзор конструктивно-компоновочных схем внутритрубных сепараторов, способов исполнения и конструктивных особенностей

Внутритрубный сепаратор – устройство для разделения непрерывного газожидкостного потока на поток газа и жидкости, в соответствии с рис. 7. Изобретение используется для очистки газа от жидкости (газовый конденсат, водометанольный раствор) на промыслах, в объектах транспортировки газа, в перспективе - для исследования продуктивности скважин.

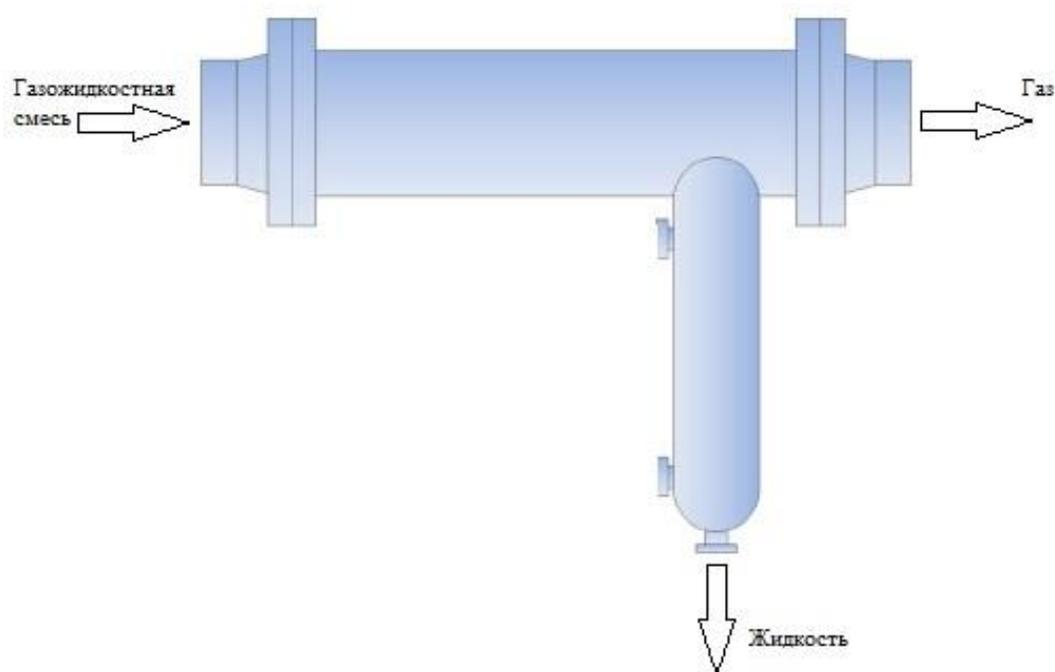


Рис. 7. Внутритрубный сепаратор

Внутритрубные сепараторы монтируются непосредственно в трубопровод через фланцевые соединения, и, таким образом, становятся частью существующей системы трубопроводов. В соответствии с рис. 8 показан, принцип работы внутритрубного сепараторов основанного на использовании центробежных сил в аксиальном циклоне. Газожидкостная смесь закручивается в тангенциальном или лопаточном завихрителе, установленном на входе в устройство, и направляется в цилиндрический канал, в котором жидкость сепарируется на стенки канала. На стенках цилиндрического канала формируется пленка жидкости, а в приосевой зоне – поток очищенного газа. На выходе из цилиндрического канала расположена разделительная секция, в которой поток разделяется на газовый и жидкостный. Все элементы сепаратора смонтированы внутри трубопровода [6].

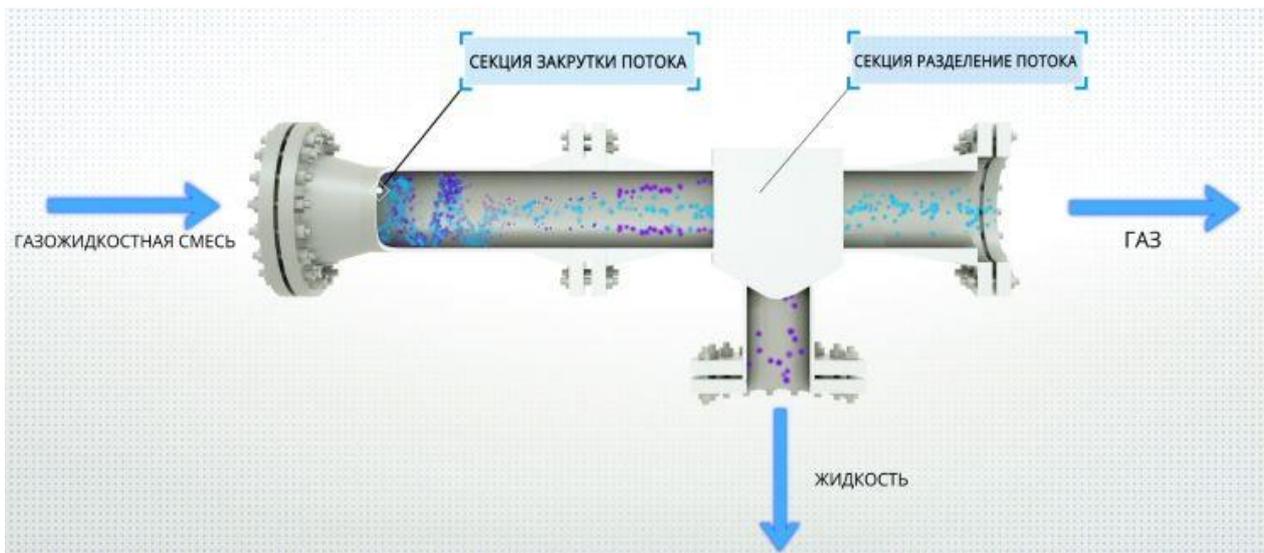


Рис. 8. Принцип работы внутритрубного сепаратора [9]

В газовой промышленности для очистки газа от жидкой фазы используют сепараторы различной конструкции. В соответствии с рис. 9 представлена классификация сепараторов. Проведем аналитический обзор каждого из них.

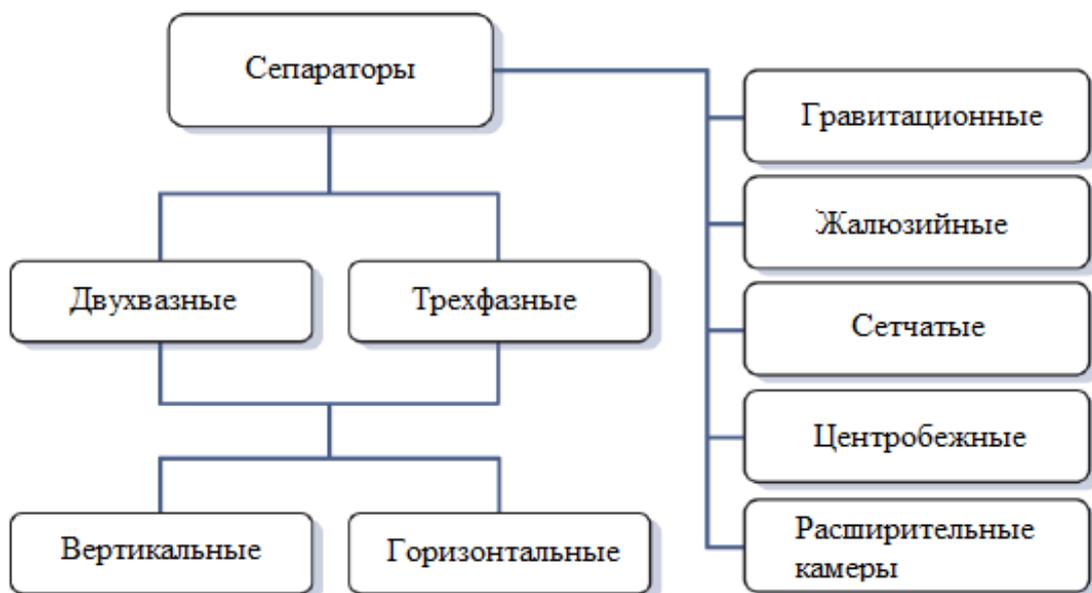


Рис. 9. Классификация сепараторов

1. В гравитационном сепараторе или выбивающем барабане, гравитационные силы управляют сепарацией. Чем меньше скорость газа и чем больше размер сосуда, тем более эффективная сепарация жидкость/газ. Из-за большого размера сосуда, необходимого для достижения осадка, гравитационные сепараторы редко проектируются, чтобы удалять капельки менее 300 мкм. Выбиваю-

щий барабан обычно используется для массивной сепарации или как скребок первой стадии. Выбивающий барабан также полезен, когда во внутренней части нужно поддерживать минимальные значения, как во вспомогательной системе, так и в обслуживании загрязнений [3].

Гравитационные сепараторы не рекомендуются как мощный источник удаления, если требуется высокая эффективность сепарации.

2. В жалюзийных сепараторах разделение капельной жидкости происходит, благодаря воздействию гравитационных и инерционных сил в средней части корпуса.

Недостатком жалюзийных сепараторов является то, что в следствии тангенциального входа газожидкости смесь, в том числе, и жидкость, находящаяся в нижней части сепаратора. При увеличении скорости газа в контакте «газ-жидкость» жидкость вспенивается, забивая продувочные клапаны, линии [3].

3. Сетчатые сепараторы, это фильтрующее оборудование которые используются при очистке нефтяных и газовых смесей от жидких примесей и углеводородов. Они имеют тот же недостаток, что и жалюзийные сепараторы. Вспенившаяся смесь «газовый конденсат + метанол + пластовая вода», часто забиваются и загниваются сетчатые насадки.

4. В центробежном сепараторе с регулируемым (подвижным) завихрителем разделение жидкости из газожидкостного потока происходит за счет инерционных и центробежных сил в цилиндрическом патрубке и гравитационных сил горизонтальной емкости сепаратора.

Основным недостатком центробежных сепараторов является то, что капли жидкости срываясь, с вертикального цилиндра газовым потоком распыляются на мельчайшие частицы, которые обратным потоком газа уносятся из горизонтальной емкости на выход газа из сепаратора [4].

5. Расширительные камеры обычно монтируются на выходном коллекторе газа из установки комплексной подготовки газа (УКПГ). Разделение жидкости от газового потока происходит за счет гравитационных сил, из-за резкого

снижения скорости газового потока, вследствие увеличения диаметра трубопровода на расширительной камере.

Тип сепаратора и его внутреннюю конструкцию выбирают в зависимости от физико-химических свойств сырья, ограничений по финансовой нагрузке инфраструктурных проектов, требуемой мощности (производительности) по сырьевому газу и др.

Аналитический обзор публикаций, патентной и научно-технической литературы по теме исследования

Компактная технология сепарации является новой технологией, для которой нет общедоступной информация об эффективности цилиндрических центробежных сепараторов, разработанных по ней. Недостаточность понимания сложного многофазного гидродинамического поведения потока внутри этих сепараторов препятствует полной уверенности их конструкции, производительности, применению и развитию. Таким образом, это препятствовало разработке целостных моделей для представления гидродинамического поведения потока внутри этих сепараторов. В 1987 году Р. И. Левис [11] исследовал, область компактных сепарационных технологий и предложил управляемые методы для количественной оценки устойчивости потока. В результате было разработано поле распределения капель жидкости по размерам, распределение скорости и производительность газожидкостных сепараторов с фокусом на разработке более последовательного подхода к калибровке. Были рассмотрены, методы для улучшения количественной оценки эксплуатационных характеристик с последующим предоставлением результатов исследования влияния основных размерных показателей, свойств жидкости и рабочих параметров.

В статье 1996 года Д. Диркцвагера [14]: «Новая конструкция осевого циклона для разделения жидкости и жидкости», авторами Коубом и Шохамом было обсуждено состояние развития в той или иной форме компактного цилиндрический циклона под названием газожидкостный цилиндрический циклон.

Также в статье Д. Диркцвагера описывается разработка механистических моделей компактных цилиндрических циклонов различных форм.

В 1995 году Л. Арпанди [12] была разработана механистическая модель для прогнозирования гидродинамического поведения двухфазного потока в сепараторах. Модель предсказывает переменные потока, такие как равновесное состояние жидкости, форму поверхности раздела газ-жидкость, перенос жидкости кольцевым туманным потоком, траектория пузырька, а также задержка жидкости, распределение скорости и падение полного давления через сепаратор. Разработанная модель была расширена в 1996 году Д. Марти [13], для прогнозирования напора газа и эффективности сепарации капель. В 2000 году К. Г. Гомес [16], дополнил модель, путем включения, в анализ модели потока зависящего от положения входа для предсказания тангенциальных скоростей газа и жидкости на входе в центробежный циклон. Предложенная модель была использована для проектирования четырех типовых сепарационных систем для реального промышленного применения.

Проведены экспериментальные исследования производительности компактных сепараторов. Например, в 2000 году Мовафагиан экспериментально и теоретически изучил гидродинамическое поведение потока во внутритрубном сепараторе. Он провел исследования для диапазона рабочих кондиций. Данные были использованы для проверки и уточнения существующее механистической модели, и в этом случае сравнение модельных прогнозов и экспериментальных данных показало высокую степень согласованности.

В статье 2003 года: «Вычисления сильно закрученных потоков с замыканиями второго момента» Д. К. Чина [15] фокусируется внимание на конструкции и установке внутритрубного сепаратора, в которой представлены проектные, лабораторные и полевые результаты. В статье также подчеркивается, что во время лабораторных и морских испытаний был показан отличный результат удаления 90–95% жидкости после сепаратора.

Принципиальные схемы, задачи и преимущества применения внутритрубной сепарации обсуждаются Хаму [13] в 2009 году. В статье приводится вывод, что технология применима для оптимизации добычи газа в скважине и устранения низкой производительности отдельных агрегатов. Кроме того, технология предполагает снижение капитальных и эксплуатационных затрат на будущие разработки нефтегазовых месторождений.

Анализ проблем

Основная задача данной работы, заключается в модернизации внутритрубного сепаратора. В нашем случае модернизация заключается в разработке, с последующим монтажом устройства, которое позволит регулировать углы наклона лопаток в секции закрутки потока. Так как степень осушки газа определяется не только возможностью конденсации воды, но и образованием гидратов, а гидраты в свою очередь нестабильны и при изменении температуры или давления легко разлагаются на газ и воду. Внедрение данной системы, позволит повысить эффективность осушки газа, путем выставления оптимального угла наклона лопаток в зависимости от режимов работы, что в свою очередь позволит выполнить необходимое условие, обеспечение бесперебойной работы магистральных газопроводов. Данная конструкция позволит снизить риск образования гидратов и уменьшить вероятность образования коррозии. При транспорте влажного газа в определенных условиях влага может сконденсироваться и накапливаться в пониженных местах газопровода, вследствие чего уменьшается пропускная способность магистрали.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Солдатов Д.А., Одиноква Е.В., Остапенко А.Е. Ресурсосберегающее управление процессом осушки природного газа на примере работы УКПГ-1С ЗНГКМ: Научные достижения в XXI веке. Сборник научных трудов по материалам II Международной научно-практической конференции. 2019. 42-45 с.
2. Мановян А.К. Технология первичной переработки нефти и природного газа: Учебное пособие. Москва: Химия, 2001. 568 с.

3. Подготовка природного газа к транспортировке в трубопроводе [Электронный ресурс] – URL: <http://gazsurf.com/ru/gazopererabotka/stati/item/metody-podgotovki-prirodnogogaza-k-transportirovke-v-truboprovoде> (дата обращения 15.12.2021)
4. Пат. 19658 U1 Российская Федерация Внутритрубный сепаратор / Николаев В.Н., Корнев И.А.: учеб. пособие. Уфа: УАИ, 1979. 101 с.
5. Истомин В.А. Сбор и промысловая подготовка газа на северных месторождениях России / А.И. Гриценко, В.А. Истомин, А.Н. Кульков, Р.С. Сулейманов. – Москва: Недра, 1997. – 473 с.
6. Абсорбция газа [Электронный ресурс] // gazprom.ru: [сайт], URL: <https://stavropol-tr.gazprom.ru/press/proekt-azbuka-proizvodstva/proekt-azbuka-proizvodstva/> (дата обращения: 15.12.2021).
7. Мембранные установки подготовки природного и попутного нефтяного газа, комплексные решения НПК Грасис [Электронный ресурс]. – URL: <http://neftegaz.ru/science/view/835-Membrannye-ustanovki-podgotovkiprirodnogo-i-poputnogo-neftyanogo-gaza-kompleksnye-resheniya-NPK-Grasis> (дата обращения 15.12.2021);
8. Мембранное разделение потока. Пермеат, ретентат [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.grasys.ru/membrannoe-razdelenie-potoka-permeatretentat/> (дата обращения 15.12.2021)
9. Внутритрубные сепараторы для разделения жидкости и газа [Электронный ресурс] // atr.gov.ru: [сайт], URL: <https://atr.gov.ru/tech/837187482496> (дата обращения: 16.12.2021).
10. G.K. Batchelor. Pressure fluctuations in isotropic turbulence. Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society, 1951.
11. R.I. Lewis. Turbomachinery Performance Analysis. John Wiley & Sons, 1996.
12. Arpandi, I., "Gas Carryunder in Gas Liquid Cylindrical Cyclones Separators - Experiments and Modeling", M.S. Thesis in Progress, The University of Tulsa (1995).
13. Истомин В.А. Сбор и промысловая подготовка газа на северных месторождениях России / А.И. Гриценко, В.А. Истомин, А.Н. Кульков, Р.С. Сулейманов. – Москва: Недра, 1997. – 473 с.
14. M. Dirkwager. A New Axial Cyclone Design for Fluid-Fluid Separation. PhD thesis, Delft University of Technology, 1996.
15. J.C. Chen and C.A. Lin. Computations of strongly swirling OWS with Second moment closures. International Journal for Numerical Methods in Fluids, 1999.
16. С.Н. Gomez. Oil-Water Separation in Liquid-Liquid Hydrocyclones (LLHC) - Experiment and Modeling. PhD thesis, University of Tulsa, 2001.
17. Кемпбел Д.М. Очистка и переработка газов: пер. с англ. / Д.М. Кемпбел. – М.: Недра, 1977 – 349 с.
18. Проточный реактор для осушки природного газа: патент Рос Федерация № 2284850; заявл. 09.03.2005; опубл. 10.10.2006, Бюл. № – 3 с.

УДК 368.2

А. И. ФАТЫХОВ

fatyhovartem87@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Д. В. ЦЕЛИЩЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

КАРШЕРИНГ

Аннотация. В статье рассматривается развитие и состояние отрасли каршеринга, как в мире так и в России.

Ключевые слова: каршеринг, состояние, развитие.

Каршеринг это поминутная аренда авто. Впервые такая услуга появилась более 70 лет назад в 1948 году в Цюрихе. А 1987 году 2 швейцарские компании от ATG и ShareCom начали предлагать услуги каршеринга.

В 1997 году эти компании объединились в одну Mobility Carsharing Switzerland, которая работает по сей день. Чуть раньше в 1991 за счет множество небольших европейских каршеринговых компаний была создана Европейская ассоциация каршеринга. К 1999 году она насчитывала около 200 компаний, в которых состояло более 125 тыс. человек.

В США из тридцати четырех американских каршеринговых проектов, появившихся в период с 1997 по 2009, год почти половина закрылась.

Причина крылась в неудобстве клиенту, нужно было заранее бронировать машину по телефону, указывая время окончания использования и возвращать машину на ту же стоянку или на специальную парковку, а старые автомобили еще и ломались.

В 90-е благодаря компьютеризации каршеринг стал более удобным в использовании, а накопленный опыт и продвинутые технологии позволили в 2000 году появиться таким компаниям как ZipCar flex(США) & City Car Club (Великобритания).

Каршеринг ZipCar сейчас является одним из крупнейших сервисов в мире, по данным 2020 года зарегистрировано миллион пользователей. Теперь не нужно было искать специальную парковку, машину можно оставить в любом

подходящем для этого месте. Появились даже приложения и поиск с помощью GPS. С 2006 по 2014 год рост количества каршеринговых автомобилей по всему миру составил около 700%.

В России каршеринг появился в 2012 году. В Москве начала работу компания AnyTime, которая работает по сей день. На данный момент компания насчитывает более 130 тыс. пользователей и более 500 автомобилей. Рост каршеринга в России начался примерно в 2015 - 2019 годах. В настоящее время парк каршеринговых автомобилей только в Москве вырос до 23 тыс. авто.

Плюсы и минусы услуги.

Преимущества:

– Поминутная тарификация. Вы платите только за аренду авто, ведь все расходы переложены на оператора.

– Свобода. Создается ощущение личного автомобиля.

– Доступность. Удобное бронирование через мобильное приложение.

– Парковка. Большинство автомобилей можно парковать бесплатно, неже-
ли платить по 200 рублей в час.

– Страховка. Машины застрахованы по ОСАГО и КАСКО.

Недостатки:

– Необходимость самому добираться до авто

– Зона проката.

– Штрафы

Развитие каршеринга обуславливается в первую очередь тем, что он предназначен для более коротких поездок и поездок на короткие расстояния в качестве расширения транспортной сети, предоставляя общественную услугу, предназначенную для расширения возможностей мобильности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каршеринг в России. История, компании, условия [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://rentcarus.ru/karshering-v-rossii/>
2. Рынок Каршеринга в России в 2022 году. Борьба за выживаемость. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://mobile-review.com/all/articles/analytics/rynok-karsheringa-v-rossii-v-2022-godu-borba-za-vyzhivaemost/>

И. П. ФРОЛОВА, Д. В. ЦЕЛИЩЕВ
irishkka5@mail.ru

Уфимский государственный авиационный технический университет

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ РОССИИ С КОМПАНИЕЙ «SIEMENS» В СЛОЖИВШЕЙСЯ СИТУАЦИИ НА УКРАИНЕ

Аннотация. В статье рассматривается проблемы поставки газа в страны Евросоюза в условиях введенных ограничений на поставку оборудования.

Ключевые слова: санкции, Газпром, Северный поток, газ, Siemens.

Компания Siemens появилась на российском рынке с 1852 года и на ее долю приходится около 1% всех продаж конгломерата. Также за счет прокладки и обслуживания телефонных линий в 19 веке она получила более 80% дохода от России. Кроме этого брат основателя компании Вернера фон Сименса Карл принял российское подданство в 1859 году и обосновался в России [1].

Свое расширение компания Siemens начала лишь после распада Советского Союза, но до этого и во времена холодной войны, сохраняла лишь небольшое присутствие на рынке. В 2011 году компания открыла штаб-квартиру в Москве. Также на 2020 финансовый год в головной компании концерна в России ООО «Сименс» работало около 2,7 тысяч сотрудников и ее оборот составил 723 млн. евро [1].

21 февраля Президент Российской Федерации Владимир Путин подписал указ о признании суверенитета Донецкой и Луганской народных республик, а 24 февраля Россия начала специальную военную операцию по демилитаризации Украины. Президент назвал ее целью «защиту людей, которые на протяжении восьми лет подвергаются издевательствам, геноциду со стороны киевского режима». В ответ страны запада объявили о новых санкциях, действующих с 2014 года. Под новые ограничения попали несколько крупнейших банков РФ, у ряда государственных компаний возникли сложности в привлечение иностранного капитала, введенные санкции на поставки в Россию высокотехнологичной продукции, Германия остановила сертификацию трубопровода «Север-

ный поток 2». Страны Евросоюза, США, Канада сообщили о решении закрыть воздушное пространство для российских самолетов [2].

Немецкий концерн Siemens принял решение о прекращении всей производственной и операционной деятельности в России. С таким заявлением выступил финансовый директор Siemens Ральф Томас [3].

После чего пресс-секретарь Российской Федерации Дмитрий Песков заявил, что снижение поставок газа в ряд стран ЕС связано с тем, что из-за новых санкционных ограничений Siemens не возвращают из ремонта в Канаде турбины, которые использовались для подачи газа в «Северный поток», было отмечено, что ничего преднамеренного с российской стороны нет. В связи с этим Газпром поставил итальянской энергетической компании Eni 50% от запрошенного ею объема газа. Кроме того, Газпром приостановил поставки российского газа в такие страны как Болгария, Дания, Нидерланды, Польша и Финляндия, представители которых отказались осуществлять оплату в рублях.

Цены на газ на биржах западных стран превысили 2000 долларов за тысячу кубов. Внушительный рост цен начался после того, как Газпром ограничил поставки по "Северному потоку" в Европу.

Согласно отчету Siemens по итогам первого полугодия 2021/22 финансового года, чистая прибыль сократилась на 23% относительно показателей за прошедший год до 3,01 млрд. евро [3].

Финансовый агент компании отметил, что в результате санкций против России во II квартале года компания потеряла 0,6 млрд. евро по причине простоев и прочих издержек, преимущественно в подразделении «Сименс мобильность» [4].

За обслуживание турбин отвечает дочерняя компания Siemens Energy, но для Газпрома не важно, где немецкая компания будет их реставрировать, лишь бы ремонт был выполнен. В компании рассчитывают, что оставшиеся неисправные агрегаты будут отремонтированы в течение года.

Опасаясь, что Россия полностью перекроет поставки по Северному потоку и странам запада не удастся заполнить хранилища газа к зиме, немецкие чиновники советовали Канаде все же найти способ вернуть оборудования Газпрома, попавшие под новые санкции. Так вице-канцлер и министр экономики Германии Роберт Хабек заявил, что поддержит и дальнейшие санкции ЕС, сделав акцент на том, что «жесткие санкции должны вредить России и Путину сильнее, чем нашей экономике» [3].

В сложившейся ситуации у Siemens остался последний вариант – маршрут через Украину. Но «Нафтогаз Украина» отказывается от такого пути решения. Хотя Газпром мог бы увеличить прокачку через Суджа с 41 до 80 млн. кубометров в сутки [4].

Сейчас, хотя глава Siemens Energy Кристиан Брух уже заявлял, что вся таможенная документация готова и сам двигатель уже на протяжении недели находится на заводе Мюльхайме-на-Руре. Россия так и не получила ни одного официального документа, лишь разрешения на словах, чего сейчас для Газпрома мало. Российская компания тоже не хочет рисковать своей собственностью и ждет официальные разъяснения Евро Союза и Британии, о том, что ремонт и транспортировка турбин не попадает под санкции [5].

На данный момент ситуация остается неясной и страны не могут прийти к единому решению. Это вызывает беспокойство жителей иностранных государств, которые не желают оставаться без тепла и света из-за политических конфликтов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Siemens приостановила поставки и новые проекты в России – <https://www.rbc.ru/business/02/03/2022/621f72a39a794708e0171539>
2. Путин объявил о специальной военной операции в Донбассе – <https://www.rbc.ru/politics/24/02/2022/6216f2859a79474c63d4019b>
3. Siemens уходит из России, 12 мая 2022 – <https://www.kommersant.ru/doc/5348193>
4. Что произойдет при уходе Siemens из России, 12 мая 2022 – <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2022/05/12/921870-uhode-siemens>
5. МИД заявил о праве инвесторов "Северного потока — 2" подать иск против ФРГ, 2 марта 2022 – <https://ria.ru/20220302/potok-1776080805.html>

УДК 658.78

Е. А. ХАЙРУЛЛИНА

tweenboom24@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Д. В.ЦЕЛИЩЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СКЛАДСКИЕ СИСТЕМЫ

Аннотация. В статье проведен анализ автоматизированных складских систем. Исследованы особенности, виды и преимущества автоматизированных складских систем.

Ключевые слова: автоматизированная складская система; карусельная система хранения; лифтовая система хранения.

Автоматизированная складская система хранения товаров (ASRS) представляет собой комплекс стеллажей и специальных подъемно-транспортных устройств, который позволяет размещать и собирать товары без присутствия человека на месте эксплуатации. Благодаря использованию современных технологий резко снижается потребность в персонале и увеличивается эффективная площадь склада.

Автоматизация возможна только с использованием программ складского учета, так как они берут на себя работу по адресному размещению груза. Полноценный эффект от внедрения ASRS можно получить только с помощью комплексной модернизацией всех процессов на складе [1].

Программой в автоматическом режиме и с помощью удаленного оператора можно производить управление автоматизированными складскими системами.

Существует несколько видов ASRS по функциональным отличиям:

1. Для коробок.
2. Для паллет.
3. Для штучного товара.
4. Роботизированные манипуляторы.
5. Сортировочные системы.

Сферы применения автоматизированных складских систем очень обширны. Их могут использовать как на крупных складах оптовые компании, так и розничные магазины с большим количеством однотипной продукции. Однако в рознице ASRS являются пока что редким явлением.

Автоматизированные системы больше подходят для обработки паллет и коробок, тогда затраты на оборудование будут минимальными, а экономический эффект – максимальным.

Автоматизированные складские системы в основном основаны на механизмах карусельного, лифтового или гравитационного типа.

Карусельная система хранения предусматривает подвижную конструкцию ячеек. Стеллажи разбиты на секции, каждая из которых имеет собственный электропривод и управление. А для выгрузки товара имеется специальное место в каждой вертикальной стойке или горизонтальном ряду.

Если необходимо забрать груз, включается электропривод, и с помощью цепного механизма ячейки перемещаются внутри стеллажа по кругу. Когда нужная упаковка подъезжает в место выгрузки, она выталкивается и транспортируется далее автоматически или с помощью погрузчика.

Недостатком этой системы является отсутствие возможности изменения размера. Поэтому такие системы используются на складах с определенными размерами упаковок.

А в помещениях с низкими потолками используется карусель горизонтального типа. В этом случае ASRS будет представлена одноуровневыми глубокими стеллажами. Например, вариантом горизонтальной карусели являются механизированные вешала на складах одежды [2].

Лифтовая система хранения построена по типу классических стеллажей. Для перемещения товаров по ним служит специальное подъемно-транспортное устройство (челнок), перемещающееся вдоль полок по направляющим.

Преимуществом таких стеллажей является их блочный характер, подразумевающий возможность быстрого масштабирования в длину и высоту. Путем

простой модернизации или программирования может быть изменен размер ячеек и механизм захвата. Поэтому ASRS лифтового типа часто используются на универсальных складах, где размеры тары могут со временем меняться.

Недостатком такой системы является ограниченное количество окон доступа к товару. На один стеллаж предусмотрено одно или два места для приема или выгрузки груза, когда в карусельной системе таких мест может быть несколько [3].

Гравитационные стеллажи представляют собой складские конструкции, где загружаются с одной стороны, а выгружаются с другой. Движение паллет или коробок происходит по роликам под воздействием собственной силы тяжести по всей глубине стеллажа.

За погрузку и забор грузов с крайних точек ряда ответственны автоматические механизированные челноки. При Kommissionировании крайней паллеты на ее место сразу же перемещается следующая. Такие ASRS целесообразно использовать на оптовых складах с небольшим ассортиментом. Они позволяют использовать очень глубокие стеллажи, максимально увеличивая эффективную складскую площадь.

Автоматизированные складские системы лучше устанавливать на складах с высокой интенсивностью товарооборота [2].

Основными преимуществами ASRS являются:

1. Увеличение грузооборота, по сравнению с работами, выполняемыми оператором на погрузочной технике.
2. Минимальное использование рабочей силы.
3. Высокая скорость обработки грузов за счет отсутствия задержек, связанных с человеческим фактором.
4. Минимизирование ошибок за счет внедрения адресной системы хранения продукции.
5. Высокая грузоподъемность и максимальное использование высоты помещения

6. Доступность всех товаров. Достаточно ввести идентификатор коробки и механизм без задержек ее достанет.

7. Сокращение проходов между стеллажами позволяет превратить до 80% этого пространства в складские зоны.

Данные преимущества позволяют снизить операционные издержки. В результате установка ASRS может окупиться за 1,5-2 года.

Таким образом, автоматизированные складские системы больше эффективны при небольшом ассортименте товаров и при стандартных размерах тары, поэтому в розничной торговле применяются редко.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беликов М. Автоматизация: основные аспекты//Складские технологии. – 2006.-№3.-С.52-55.
- 2.Автоматизированные складские системы [Электронный ресурс]: URL: <https://www.ekam.ru/blogs/pos/avtomatizirovannye-skladskie-sistemy/> (дата обращения: 14.09.2022)
- 3.Автоматические склады и их оборудование [Электронный ресурс]: URL: <https://fb.ru/article/448303/avtomaticheskie-sklady-i-ih-oborudovanie-avtomatizirovannyie-skladskie-sistemyi/> (дата обращения: 14.09.2022)

УДК 621.64/.69

И. С. ХАКИМОВ

Ilfat885@gmail.com

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. В. А. ЦЕЛИЩЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГИДРОПРИВОДА КВАДРОКОПТЕРА БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

Аннотация. В данной статье представлена математическая модель квадрокоптера большой мощности, разработанная с учетом особенностей работы многовинтового летательного аппарата с гидравлическим приводом несущих винтов. Описываются известные математические модели движения квадрокоптера как твердого тела, а также приводится система уравнений необходимая для численного моделирования динамики квадрокоптера большой мощности.

Ключевые слова: грузоподъемные квадрокоптеры; математическое моделирование; математическая модель гидравлического квадрокоптера; гидропривод воздушного винта.

В опытно-конструкторских и научно-исследовательских работах важное место занимает математическое моделирование рабочих процессов, так как математические модели позволяют спрогнозировать поведение проектируемого объекта и синтезировать его параметры, что удешевляет стоимость разработки изделия. Математические модели небольших электрических квадрокоптеров известны и широко применяются, однако гидравлические квадрокоптеры большой мощности не так распространены, а их математические модели недостаточно исследованы.

Для регулирования полета многовинтового летательного аппарата (далее по тексту – МЛА) используют систему управления, назначением которой является обеспечение стабильного полета летательного аппарата в заданных координатах (углах крена, тангажа и рыскания). Для того чтобы система управления могла управлять летательным аппаратом с необходимой точностью и стабильностью необходимо привести систему уравнений, которая описывает положение квадрокоптера в заданных координатах в зависимости от входящего управляющего сигнала.

В работах [1-3] представлены математические модели, описывающие движения МЛА беспилотного типа.

При моделировании полета квадрокоптера делают следующие допущения:
 летательный аппарат – абсолютно твердое тело;
 центр масс квадрокоптера находится в геометрическом центре;;
 силы сопротивления воздуха пренебрежимо малы.

Движение квадрокоптера можно описать как сумму двух движений: поступательного движения центра масс и вращательного движения относительного центра масс.

Если опустить все математические преобразования и операции, то уравнения, описывающие движения квадрокоптера, будут выглядеть следующим образом [4]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \ddot{x} = \frac{P(\sin \psi \cdot \sin \varphi - \cos \psi \cdot \sin \theta \cdot \cos \varphi)}{m} \\ \ddot{y} = \frac{P(\cos \theta \cdot \cos \varphi)}{m} - g \\ \ddot{z} = \frac{P(\sin \psi \cdot \sin \theta \cdot \cos \varphi + \cos \psi \cdot \sin \varphi)}{m} \\ \dot{\omega}_x = \omega_y \omega_z \left(\frac{I_y - I_z}{I_x} \right) + \frac{M_x}{I_x} \\ \dot{\omega}_y = \omega_x \omega_z \left(\frac{I_z - I_x}{I_y} \right) + \frac{M_y}{I_y} \\ \dot{\omega}_z = \omega_y \omega_x \left(\frac{I_x - I_y}{I_z} \right) + \frac{M_z}{I_z} \\ \dot{\varphi} = \omega_x - \tan \theta \cdot (\omega_y \cos \varphi - \omega_z \sin \varphi) \\ \dot{\psi} = \frac{\omega_y \cos \varphi - \omega_z \sin \varphi}{\cos \theta} \\ \dot{\theta} = \omega_z \cos \varphi - \omega_y \sin \varphi \end{array} \right.$$

где ψ , θ и φ – углы рыскания, тангажа и крена соответственно; f_x , f_y , f_z – силы сопротивления воздуха; ω_x , ω_y , ω_z – проекции угловой скорости; m – масса квадрокоптера; I_x , I_y , I_z – моменты инерции относительно соответствующих осей; M_x , M_y , M_z – проекции суммарного момента.

Проекции суммарного момента равны:

$$M_x = J\omega_z(\omega_1 + \omega_3 - \omega_2 - \omega_4) + l(P_3 - P_1);$$

$$M_y = M_2 + M_4 - M_1 - M_3;$$

$$M_z = J\omega_x(\omega_2 + \omega_4 - \omega_1 - \omega_3) + l(P_2 - P_4).$$

где J – момент инерции винтов; l – расстояние от центра масс квадрокоптера до точки приложения силы тяги.

Таким образом все силы, влияющие на ориентацию летательного аппарата, зависят от угловой скорости воздушных винтов, следовательно управляя оборотами несущих винтов можно управлять положением летательного аппарата в пространстве.

Отличием работы системы управления гидравлическим квадрокоптером большой мощности, описанного в патенте РФ RU205086(U1) [5] опубликованного 28.06.2021 является то, что управляющий сигнал многократно преобразуется и усиливается, прежде чем поступить на двигатель, который приводит во вращение несущий винт. Поэтому необходимо смоделировать работу самого привода, расчетная схема которого приведена на рис.1.

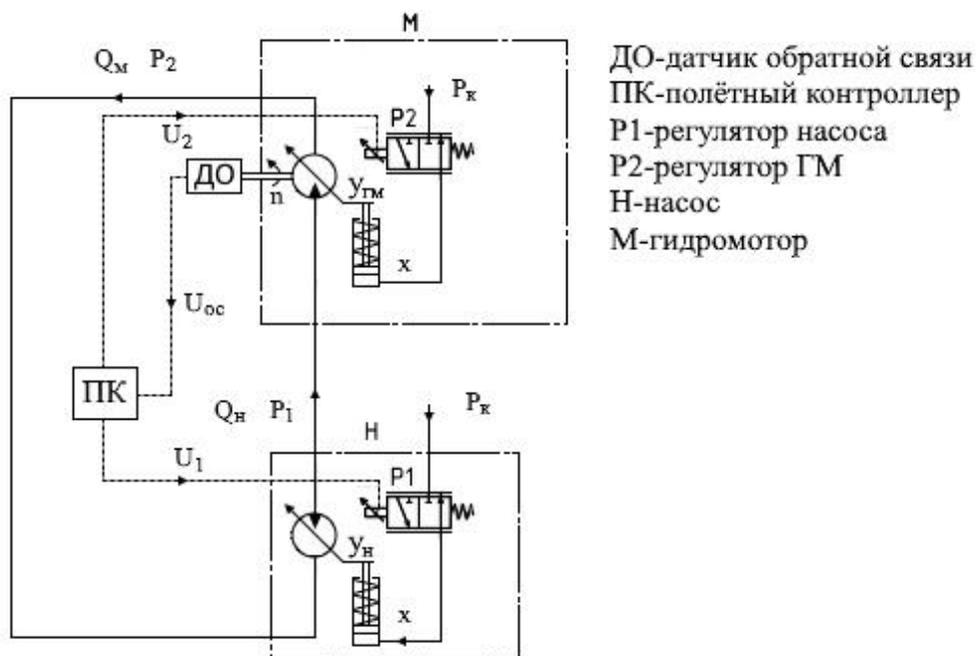


Рис. 1. Расчетная схема гидропривода винтового летательного аппарата

Список принятых допущений:

Параметры считаются сосредоточенными;

Приводной двигатель вращается с постоянной угловой скоростью;

При работе гидропривода давление не достигает значений, при которых открываются предохранительные клапаны;

Механические соединения и трубопроводы абсолютно жесткие;

Рабочая жидкость неразрывна и невесома;

Модуль упругости и плотность жидкости постоянны;

Утечки и гидравлические потери отсутствуют.

В случае, когда управляющий сигнал подается только на регулятор насоса (коэффициент управления гидромотора равен единице) работу системы описывают семь уравнений.

1. Уравнение электромеханического преобразователя (ЭМП)

$$U_{\varepsilon} = L \frac{d}{dt} I(t) + R \cdot I(t) + K_{ПЭ} \frac{d}{dt} x_3(t),$$

где U_{ε} – напряжение рассогласования; $U_{вх}$ – входное напряжение (задающий сигнал); $K_{ОС}$ – коэффициент обратной связи.

2. Уравнение обратной связи:

$$U_{\varepsilon} = U_{вх} - K_{ОС} \omega_i,$$

где L – индуктивность катушки ЭМП; $I(t)$ – ток управления электромагнитом; R – сопротивление обмотки; $K_{ПЭ}$ – коэффициент противо-ЭДС; $x_3(t)$ – перемещение золотника управляющего распределителя.

3. Уравнение движения золотника регулятора:

$$m_3 \frac{d^2}{dt^2} x_3(t) = K_{FI} I(t) - C_3 \cdot x_3(t) - b_1 \frac{d}{dt} x_3(t),$$

где m_3 – масса золотника; K_{FI} – коэффициент крутизны силовой характеристики ЭМП; C_3 – жесткость центрирующей пружины управляющего распределителя; b_1 – коэффициент демпфирования золотника.

4. Уравнение движения сервопоршня регулятора:

$$m_n \frac{d^2}{dt^2} y_n(t) = P_n(t) A_n - C_n \cdot y_n(t) - b_2 \frac{d}{dt} y_n(t),$$

где m_n – масса сервопоршня; P_n – давление в рабочей полости сервопоршня; A_n – эффективная площадь сервопоршня; C_n – жесткость пружины управляющего сервопоршня; $y_n(t)$ – перемещение сервопоршня; b_2 – коэффициент демпфирования золотника.

5. Уравнение баланса расходов в сервопоршне:

$$\mu \cdot b_{\text{окна}} \cdot x_3(t) \sqrt{\frac{2(P_k - P_n(t))}{\rho_{\text{рж}}}} = A_n \cdot \frac{d}{dt} y_n + \frac{V_{01}}{2E} \cdot \frac{d}{dt} P_n(t),$$

где μ – коэффициент расхода; $b_{\text{окна}}$ – ширина окна распределителя; P_k – командное давление; V_{01} – начальный объем сжимаемой жидкости в регуляторе; E – модуль упругости рабочей жидкости; $\rho_{\text{рж}}$ – плотность рабочей жидкости.

6. Уравнение баланса расходов в гидродвигателе:

$$V_n \cdot n_n \cdot \bar{\gamma}_n / z = \frac{V_{2M} \cdot \bar{\gamma}_{2M} \left(\frac{d}{dt} \alpha_{2M}(t) \right)}{2\pi} + \frac{V_{02}}{2E} \cdot \frac{d}{dt} \Delta P(t),$$

где V_n и V_{2M} – характерные рабочие объемы насоса и гидромотора; $\bar{\gamma}_n = y_n / y_{n \max}$ и $\bar{\gamma}_{2M}$ – коэффициенты управления насоса и гидромотора; z – количество винтов (гидромоторов); V_{02} – начальный объем сжимаемой жидкости в гидродвигателе; n_n – обороты насоса; $\alpha_{2M}(t)$ – угол поворота вала гидромотора; $\Delta P(t) = P_1(t) - P_2$ – перепад давлений в гидромоторе.

7. Уравнение баланса моментов на валу гидродвигателя:

$$J_{2M} \frac{d^2}{dt^2} \alpha_{2M}(t) = V_{2M} \cdot \bar{\gamma}_{2M} \cdot \Delta P(t) - \frac{C_x \cdot r^3 \cdot S \cdot k \cdot \rho \cdot \left(\frac{d}{dt} \alpha_{2M}(t) / u \right)^2}{2 \cdot u},$$

где J_{2M} – момент инерции гидромотора; C_x – коэффициент лобового сопротивления винта; k – количество лопастей; u – передаточное число редуктора.

Результаты моделирования представлены на рис.2.

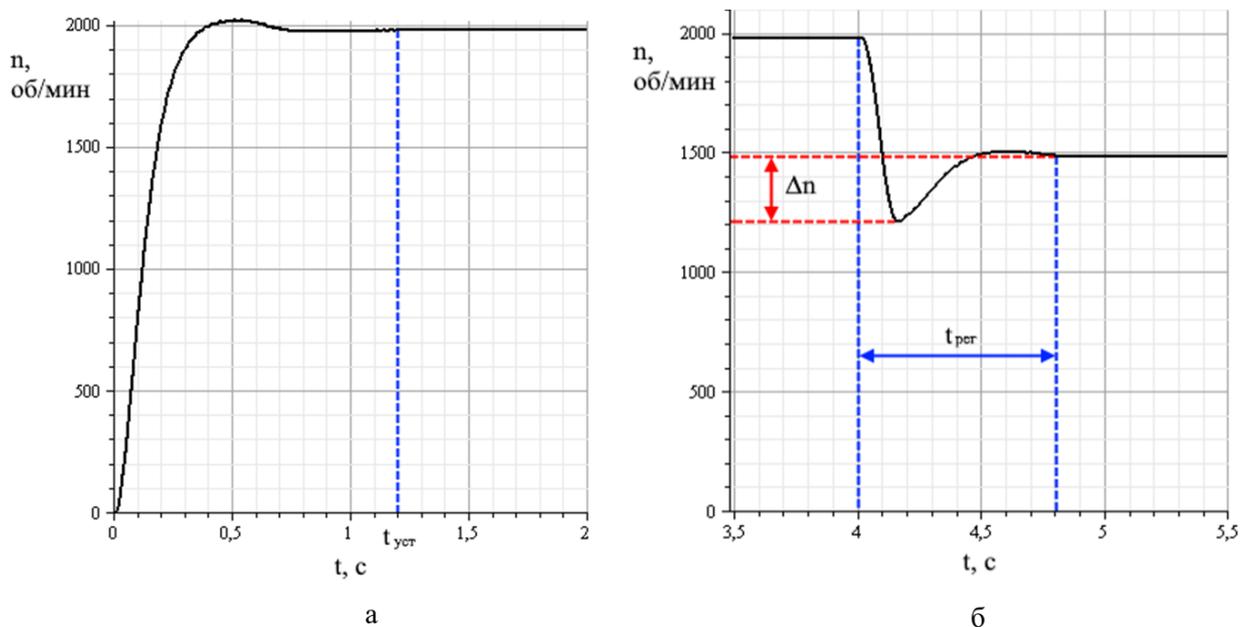


Рис. 2. Переходные процессы гидропривода:
а – при запуске; б – при переходе на новый режим

Как видно из полученных графиков и представленных уравнений, вследствие многократного преобразования и усиления входного сигнала гидропривод МЛА имеет значительную инерцию и множество нелинейностей. Вследствие чего время регулирования и величина перерегулирования может достигать 1,2 секунды и 17% соответственно. Полученные динамические характеристики близки к желаемым 0,5...0,8 секундам времени регулирования и величине перерегулирования не более 15%, но система требует доработки с целью улучшения ее быстродействия.

Таким образом, математическое моделирование разрабатываемых объектов является важной частью научно-исследовательских работ. Численный эксперимент позволяет избежать возможных ошибок и недоработок, а также снижает стоимость проведения опытно-конструкторских работ. Математическая модель квадрокоптера большой мощности, разработанная на основе известных динамических моделей многовинтовых летательных аппаратов с учетом специфики работы объемного гидропривода несущих винтов позволяет синтезировать параметры гидропривода многовинтового летательного аппарата и его системы регулирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Канатников А. Н., Акопян К. Р. Управление плоским движением квадрокоптера // Математика и математическое моделирование. МГТУ им. Н. Э. Баумана. Электрон. журн. 2015. №2. С. 23-36;
2. . Петров В. Ф., Барунин А.А., Тереньтев А. И. Модель системы автоматического управления беспилотным летательным аппаратом // Известия ТулГУ. 2014. №12-2. С. 217-225;
3. Калягин М.Ю., Волошин Д.А., Мазаев А.С. Моделирование системы управления полетом квадрокоптера в среде Simulink и Simscape Multibody // Труды МАИ. 2020. №112;
4. Лысухо Г.В., Масленников А.Л. Квадрокоптер: динамика и управление.// Политехнический молодежный журнал. 2020. №5(46). С. 1-14.
5. Гидропривод винтового летательного аппарата [Текст]: Патент на полезную модель RU205086 (U1) 28.06.2021 г., МПК: В64С 27/12, В64D 35/04.

А. А. ХАМЗИНА

azaliadivaeva@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Д. В. ЦЕЛИЩЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

КАК ЛОГИСТИКА ОПРЕДЕЛЯЕТ РАЗВИТИЕ СТРАН

Аннотация. В статье на исторических примерах рассматривается важность развития логистических цепочек в вопросе формирования и экономического роста государств.

Ключевые слова: логистика, Великий шелковый путь, Япония, политика Сакоку.

Логистика является относительно молодой наукой, которая начала свое развитие в 50-ых годах XX века. Но смотря в прошлое мы можем убедиться, что примеры ее использования существовали еще много веков назад.

Одним из них является Великий шелковый путь, который был проложен во II веке до нашей эры. Международная торговая сеть даровала людям возможность продавать свои изделия не только в соседние страны, но и на другой континент. Предметом обмена между государствами становились материальные товары на примере роскошного шелка или драгоценного нефрита, но также производился обмен культурными ценностями.

В те года языком международного общения являлся согдийский: на него было переведено множество манускриптов (в том числе, священные тексты буддизма, которые были переведены с санскрита на китайский через согдийцев) [1].

Великий шелковый путь был и остается примером самой мощной и древней международной торговой пути сообщения. Его влияние было неоспоримо велико. Государства, имевшие над ним контроль, являлись одними из самых могущественных и экономически-стабильных. Но также Путь был их слабым местом: во время периодически вспыхивавших византийско-иранских войн правители Персии блокировали караванные пути с тем, чтобы нанести максимальный ущерб экономике Византии. Государства вели войны и начинали вооруженные конфликты. Они разрушались, реформировывались, входили в состав других стран. Карта влияний и власти менялась и меняется на протяжении всей истории человечества. Неизменным остается только Шелковый путь.

Он сыграл большую роль в развитии экономических и культурных связей народов Кавказа, Передней Азии, Средней Азии и Китая. Путь служил проводником распространения технологий и инноваций, в том числе в искусстве. Под его влиянием сформировалась та политическая карта и тот мир, который мы видим сейчас. Дискредитировать его важность в развитии государств на протяжении всей истории никто не осмеливается [2].

Противоположным примером, также доказывающим важность развития международных торговых путей является Япония и ее период проведения политики Сакоку. В средние века внутренняя логистика островного государства характеризовалась бурным ростом несмотря на отличительные черты.

Страна была поделена на большое количество провинций, являвшихся отдельными экономическими, административными, культурными и военными центрами. В XVI веке - «эпоха воюющих провинций» - местные князья («дайме») ревностно укрепляли и развивали свои владения, бурно росла инфраструктура и строились новые судна, имевшие возможность перебросить огромное количество солдат и снаряжения для победы в войнах. Тщательный надзор уделялся модернизации линий снабжения, которые должны были быть способны обеспечить бесперебойную поставку необходимого груза во все точки Японии и за ее пределы (в места, где активно велись боевые действия).

Но особенность развития Японии заключается в ее истории: периодически на протяжении долгих веков государство изолировалось от остального мира. В основном связано это было с желанием сохранить свою самобытность, независимость и традиции. Самым известным из таких периодов был с 1641 по 1853 годы. В данный момент сегунат был под властью рода Токугава. В страну начали проникать христианские учения. Нищий и голодный народ под предводительством опытных бойцов – ронинов – выразил несогласие с налоговой политикой. Вспышки восстаний начались в самых бедных районах Японии и сегунату чудом удалось удержать натиск бунтующий. Для профилактики подобных случаев в будущем было принято решение проводить политику самоизоляции государства.

Торговля продолжала осуществляться с некоторыми государствами, но проходила она через отдельные провинции и районы, что давало им монополию

на иностранные товары. Все эти века Япония нищала. Страна приходила в упадок, люди умирали от голода на протяжении всего времени действия указа.

Больше всех в «открытии» Японии были заинтересованы Соединенные Штаты Америки. Островное государство могло служить для них промежуточной базой при перевозке необходимых товаров и для обеспечения безопасности своим морякам, чьи пути проходили рядом.

После заключения в 1864 году договора о торговле, навязанного американцами во главе с Мэтью Пэрри, Япония получила возможность активно изучать и овладевать научными, техническими, технологическими достижениями западных стран и, разумеется, развивать внешние торговые отношения и промышленные отрасли [2].

Все последующие полтора века Япония наращивала могущество и даже успешно участвовала в нескольких войнах (Второй Мировой и русско-японской). Все это только побуждало ее постоянно развиваться, улучшать свои технологии, транспорт, военное вооружение.

Одной из главных сложностей японской экономики является сильное ограничение в ресурсах, что послужило толчком к развитию концепции «Just in time», которая в данный момент успешно применяется по всему миру и основана на рациональном использовании ресурсов. В довершение к этому, свою роль сыграл местный менталитет, стремление к стабильности и высокому качеству продукции, финансирование и активное внедрение информационных технологий в различные отрасли экономики [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. История Великого шелкового пути. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%88%D1%91%D0%BB%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D1%83%D1%82%D1%8C
2. История Японии в период действия политики Сакоку. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BA%D1%83#:~:text=%D0%A1%D0%B0%D0%BA%D0%BE%CC%81%D0%BA%D1%83%20\(%D1%8F%D0%BF.,%D1%81%201641%20%D0%BF%D0%BE%201853%20%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%8B](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BA%D1%83#:~:text=%D0%A1%D0%B0%D0%BA%D0%BE%CC%81%D0%BA%D1%83%20(%D1%8F%D0%BF.,%D1%81%201641%20%D0%BF%D0%BE%201853%20%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%8B)
3. «Аспекты и особенности развития логистики в Японии», Калашникова П.Д., Государственный университет управления. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://novainfo.ru/article/13185>

УДК 656.614.32

Д. В. ЦЕЛИЩЕВ
nuked@mail.ru

Уфимский государственный авиационный технический университет

РАСЧЕТ КРЕПЛЕНИЯ ГРУЗА В КУЗОВЕ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Аннотация. В статье рассматриваются основные методы крепления пакетированного груза в кузове подвижного состава автомобильного транспорта. Приведен пример расчета.

Ключевые слова: логистика, груз, крепление, скольжение, опрокидывание.

В процессе перевозки груз может скользить, опрокидываться, перекатываться в кузове в любом из направлений, что может нанести вред самому грузу, транспортным средствам, здоровью людей и транспортной инфраструктуре. Ежедневно из-за неправильного или отсутствующего крепления груза в кузове на дорогах случаются тяжелые происшествия.

В ходе перевозки необходимо предусмотреть меры, препятствующие скольжению, опрокидыванию, перекатыванию и перемещению каких бы то ни было грузов и их компонентов в любом направлении посредством, например, блокировки, увязки и/или трения. Они имеют целью предохранить здоровье людей, занимающихся погрузочно-разгрузочными операциями, и водителей транспортных средств, равно как и других пользователей дорог и пешеходов, а также обеспечить сохранность груза и транспортного средства [1].

Груз должен быть размещен на транспортном средстве таким образом, чтобы он не мог нанести телесные повреждения людям, нарушить устойчивость транспортного средства в ходе перевозки, сместиться и перемещаться на транспортном средстве или не выпадать из него [1].

Существует несколько основных способов крепления груза в кузове: запираание, блокировка, непосредственная увязка, увязка поверху (прижатие).

Метод блокировки груза в кузове заключается в заполнении всего пространства кузова грузом с упором в передний и боковые борта (с укреплением распорок, балок или щита в задней части перед дверью) и устранение возмож-

ности его перемещения при движении или блокировка отдельных грузовых единиц груза внутри кузова с упором в его боковые борта.

Увязка поверху (прижатие) – метод крепления, в случае которого прижимные ремни проходят поверху грузов с целью предотвратить опрокидывание или скольжение грузовой секции. В противовес блокировке увязка поверху прижимает груз к грузовой платформе [1].

При перевозке тарно-штучных грузов, в том числе пакетированных на поддонах, в автопоездах предпочтительнее использовать метод блокировки, нежели метод увязки поверху, т.к. способ прижатия при помощи стяжных ремней зачастую дороже и может испортить груз, приводя к замятию коробок, что потребует дополнительного прокладочного материала или уголков. Но метод блокировки может быть недостаточен для безопасного транспортирования.

При резком торможении на груз действует сила инерции, стремящаяся сместить груз в сторону кабины транспортного средства. Препятствует этому две силы: сила трения груза о грузовую платформу и сила крепления груза к кузову (рис. 1).

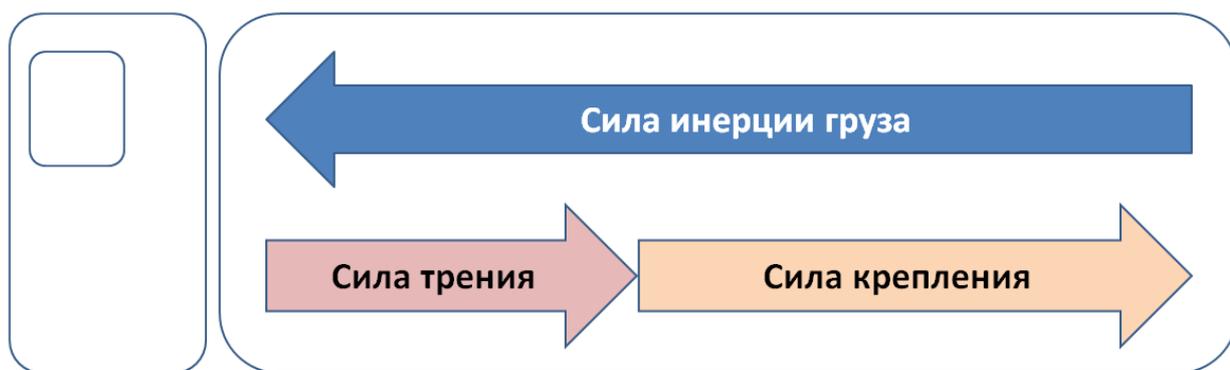


Рис. 1. Силы, действующие на груз в кузове

Наиболее опасным направлением скольжения груза является направление вперед – в сторону кабины. Коэффициент ускорения в этом случае принимает наибольшие значения (рис. 2). Для предотвращения удара разогнавшегося груза о передний борт при резком торможении следует размещать груз в кузове так, чтобы он был прижат к переднему борту или расстояние до борта не превышало 150 мм.

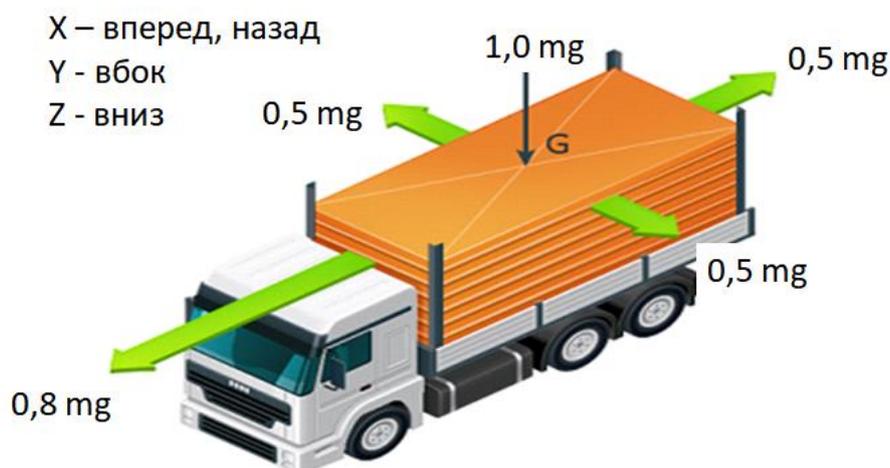


Рис. 2. Коэффициенты ускорения, действующие на груз

Расчет крепления способом блокировки сводится к нахождению горизонтальных инерционных сил, действующих на груз в процессе транспортировки, и последующего их сравнения с усилиями блокировки, которые обеспечивают борта кузова полуприцепа. Сила блокировки должна соответствовать неравенству

$$(c_{xy} - \mu_D \cdot c_z) \cdot m \cdot g < \text{нагрузка_выдерживаемая_бортом} \quad (1)$$

c_{xy} , c_z – коэффициенты ускорения инерциальных сил в соответствующих направлениях (рисунок 1); m – масса груза, кг; g – ускорение свободного падения, м/с²; μ_D – кинематический коэффициент трения, значение которого зависит от вида трения: сухое, мокрое, масляное (таблица 1). За счет использования противоскользящих матов кинематический коэффициент можно увеличить до 0,6.

Таблица 1

Кинематический коэффициент трения материалов μ_D

Нагружаемая поверхность груза	Сухое сцепление материала	Мокрое сцепление материала	Масляное сцепление материала
Дерево/дерево	0,20-0,50	0,20-0,25	0,05-0,15
Дерево/металл	0,20-0,50	0,20-0,25	0,02-0,10
Дерево/бетон	0,30-0,60	0,30-0,50	0,10-0,20
Металл/металл	0,10-0,25	0,10-0,20	0,01-0,10
Противоскользящие маты	0,60	0,60	0,60

Современные европейские полуприцепы, соответствующие DIN EN 12642 L и DIN EN 12642 XL обеспечивают возможность блокировки груза бор-

тами. Для начала следует знать какому стандарту соответствует кузов транспортного средства.

Согласно, европейскому стандарту кузовов DIN EN 12642 L передний борт кузова транспортного средства типа фургон должен обеспечивать без деформирования восприятие нагрузки, составляющей 40% грузоподъемности автотранспортного средства, но не более 50 кН, задний борт - 25%, но не более 31 кН, и боковые борта - 30%.

Более совершенные кузова, изготовленные по европейскому стандарту DIN EN 12642 XL, в отличие от стандарта L не имеют допусков по нагрузке 50кН и 31 кН на передний и задний борт соответственно, а выдерживаемая нагрузка ограничена только долей грузоподъемности кузова. Таким образом, передний борт кузова транспортного средства типа фургон выдерживает нагрузки, составляющей 50% грузоподъемности автотранспортного средства, задний борт - 30%, и боковые борта - 40% грузоподъемности кузова в пределах 75% его высоты.

Таким образом, усилие, создаваемое грузом на борт не должно быть более рекомендованных стандартами значений:

при скольжении вперед:

для кузова по DIN EN 12642 L

$$(0,8 - \mu_D \cdot 1) \cdot m \cdot g < 50\text{кН} \quad (2)$$

для кузова по DIN EN 12642 XL

$$(0,8 - \mu_D \cdot 1) \cdot m \cdot g < 0,5 \cdot q_H, \quad (3)$$

при скольжении назад:

для кузова по DIN EN 12642 L

$$(0,5 - \mu_D \cdot 1) \cdot m \cdot g < 31\text{кН}, \quad (4)$$

для кузова по DIN EN 12642 XL

$$(0,5 - \mu_D \cdot 1) \cdot m \cdot g < 0,3 \cdot q_H, \quad (5)$$

при скольжении вбок:

для кузова по DIN EN 12642 L

$$(0,5 - \mu_D \cdot 1) \cdot m \cdot g < 40\text{кН}, \quad (6)$$

для кузова по DIN EN 12642 XL

$$(0,5 - \mu_D \cdot 1) \cdot m \cdot g < 0,4 \cdot q_H, \quad (7)$$

q_H – номинальная (паспортная) грузоподъемность кузова, т.; m – масса всего груза в кузове, а не одной грузовой единицы, кг

По большому счету достаточно рассчитать усилие, создаваемое грузом в направлении вперед, поскольку это значение является наибольшим.

Если условия неравенств выполняются, то метод блокировки бортами использовать можно. В этом случае опасность скольжения отсутствует, но, несмотря на это рекомендуется во всех случаях использовать как минимум увязку поверху одним прижимным ремнем, создающим усилие $STF = 400$ даН на каждые 4 т груза или аналогичную схему, позволяющую избежать существенного смещения незаблокированного груза в результате вибрации [1].

Если же (2) – (7) условия не выполняются, то можно использовать резиновый коврик с коэффициентом трения $\mu_D = 0,6$, (таблица 1), что позволит значительно увеличить силу трения груза о платформу. Если же резиновые коврики недоступны или их не хватает по расчетам для компенсации инерционной силы при скольжении, то придется применить один из методов крепления, например, метод увязки груза поверху стяжными ремнями (рис. 3).



Рис. 3. Увязка груза поверху ремнями

Расчет на скольжение

При перевозке тарно-штучных грузов, в том числе пакетированных на поддонах, в автопоездах предпочтительнее использовать метод блокировки, чем прижатия, т.к. способ прижатия при помощи стяжных ремней зачастую дороже и может испортить груз, приводя к замятию коробок, что потребует дополнительного прокладочного материала или уголков. Но метод блокировки может быть недостаточен для безопасного транспортирования.

Метод блокировки груза в кузове заключается в заполнении всего пространства кузова грузом с упором в передний и боковые борта (с укреплением распорок, балок или щита в задней части перед дверью) и устранение возможности его перемещения при движении или блокировка отдельных грузовых единиц груза внутри кузова с упором в его боковые борта.

Расчет крепления способом блокировки сводится к нахождению горизонтальных инерционных сил, действующих на груз в процессе транспортировки, и последующего их сравнения с усилиями блокировки, которые обеспечивают борта кузова полуприцепа. Сила блокировки должна соответствовать неравенству

$$\text{нагрузка_выдерживаемая_бортом} > (c_{xy} - \mu_D \cdot c_z) \cdot m \cdot g \quad (8)$$

Здесь c_{xy} , c_z – коэффициенты ускорения инерциальных сил по осям x или y и z (таблица 6); m – масса груза, кг; g – ускорение свободного падения, м/с²; μ_D – кинематический коэффициент трения, значение которого колеблется от 0,01 до 0,5.

За счет использования противоскользящих матов кинематический коэффициент можно увеличить до 0,6.

Таблица 2

Коэффициенты ускорений c_x , c_y , c_z

Направление действия сил	Коэффициенты ускорений				
	Продольного c_x		Поперечного c_y		Вертикального снизу c_z
	вперед	назад	только скольжение	скольжение и опрокидывание	
Продольное	0,8	0,5	-	-	1,0
Поперечное	-	-	0,5	0,7	1,0

Усилие, создаваемое грузом на борт не должно быть более рекомендованных стандартом Code XL значений:

Расчет на скольжение

Schmitz Cargobull S.KO EXPRESS и Kässbohrer K.SNX X /125-12/27, Kögel Cargo SNCO24:

Пусть масса груза в кузове 25,48 т, то при торможении автомобиля на груз действует горизонтальная инерционная сила, равная:

$$F_{\text{вперед}} = k_{dx} \cdot m \cdot g = 0,8 \cdot 25,48 \cdot 9,81 = 200 \text{ кН.}$$

$k_{дх}$ примем равным 0,8 согласно таблице 6.

При расчете груз приняли за одну единую грузовую единицу, поскольку пакетированный груз на поддонах скользит по полу кузова одной массой.

При трогании и повороте автомобиля на груз действует горизонтальная инерционная сила, равная:

$$F_{\text{назад/вбок}} = k_{дх} \cdot m \cdot g = 0,5 \cdot 25,48 \cdot 9,81 = 125 \text{ кН.}$$

$k_{дх}$ примем равным 0,5 согласно таблице 6.

При расчете груз также приняли за одну единую грузовую единицу.

Скольжению груза препятствует только сила трения груза о пол, рассчитаем ее.

Сила трения груза о платформу:

$$F_{\text{трения}} = \mu_D \cdot m \cdot g = 0,4 \cdot 25,48 \cdot 9,81 = 100 \text{ кН.}$$

Кинематический коэффициент трения равен $\mu_D = 0,4$.

Возьмем 0,4 деревянный поддон по деревянному полу кузова, сухое скольжение из диапазона 0,2-0,5 по таблице 3.

Таблица 3

Коэффициенты трения груза о платформу

N п/п	Нагружаемая поверхность/груз	Сцепление материала		
		Сухое	Мокрое	Масляное
1	Дерево/дерево	0,20 - 0,50	0,20 - 0,25	0,05 - 0,15
2	Металл/дерево	0,20 - 0,50	0,20 - 0,25	0,02 - 0,10
3	Металл/металл	0,10 - 0,25	0,10 - 0,20	0,01 - 0,10
4	Бетон/дерево	0,30 - 0,60	0,30 - 0,50	0,10 - 0,20
5	Противоскользящие маты	0,6	0,6	0,6

Определим силы, которые нужно компенсировать:

$$\Delta F = F_{\text{вперед}} - F_{\text{трения}} - \frac{F_{\text{назад}}}{\text{вбок}}$$

В продольном направлении при торможении:

$$\Delta F = F_{\text{вперед}} - F_{\text{трения}} = 200 - 100 = 100 \text{ кН.}$$

В продольном направлении при трогании и поперечном при поворотах:

$$\Delta F = F_{\text{назад/вбок}} - F_{\text{трения}} = 125 - 100 = 25 \text{ кН.}$$

Если хотя бы одно значение положительное, то крепить груз нужно В данном случае оба значения положительные, груз следует закрепить.

Воспользуемся для начала самым простым способом крепления – методом блокировки бортами.

Расчет крепления методом блокировки бортами

Как было указано выше, согласно, европейскому стандарту кузовов DIN EN 12642 L передний борт кузова транспортного средства типа фургон должен обеспечивать без деформирования восприятие нагрузки, составляющей 40% грузоподъемности автотранспортного средства, но не более 50 кН, задний борт - 25%, но не более 31 кН, и боковые борта - 30%.

Более совершенные кузова, изготовленные по европейскому стандарту DIN EN 12642 XL, в отличие от стандарта L не имеют допусков по нагрузке 50кН и 31 кН на передний и задний борт соответственно, а выдерживаемая нагрузка ограничена только долей грузоподъемности кузова.

Возьмем для расчета кузов по менее совершенному стандарту DIN EN 12642 L.

При скольжении вперед:

$$(0,8 - \mu_D \cdot 1) \cdot m \cdot g < 50 \text{ кН};$$

где m – масса всего груза в кузове, кг.

$$(0,8 - 0,4 \cdot 1) \cdot 25,48 \cdot 9,81 < 50 \text{ кН}; \\ 100 \text{ кН} < 50 \text{ кН}.$$

Неравенство не выполняется, значит, что усилие, создаваемое грузом на передний борт, превышает допустимое значение.

При скольжении вбок:

$$(0,5 - \mu_D \cdot 1) \cdot m \cdot g < 40 \text{ кН}; \\ (0,5 - 0,4 \cdot 1) \cdot 25,48 \cdot 9,81 < 40 \text{ кН}; \\ 25 \text{ кН} < 40 \text{ кН}.$$

Из неравенства видим, что усилие, создаваемое грузом на борт, не превышает допустимого значения.

При скольжении назад:

$$(0,5 - \mu_D \cdot 1) \cdot m \cdot g < 31 \text{ кН}; \\ (0,5 - 0,4 \cdot 1) \cdot 25,48 \cdot 9,81 < 31 \text{ кН}; \\ 25 \text{ кН} < 31 \text{ кН}.$$

Из неравенства видим, что усилие, создаваемое грузом на борт, не превышает допустимого значения.

Поскольку при скольжении вперед борт не выдерживает попробуем увеличить силу трения за счет применения противоскользящих матов.

Расчет крепления груза методом блокировки, но с использованием противоскользящих матов (ковриков)

Из расчетов усилий, создаваемых грузом на борт подвижного состава, можно сделать вывод, что способ блокировки без дополнительных приспособлений нам не подходит.

Рассмотрим способ крепления груза методом блокировки при помощи противоскользящих матов.

Противоскользящие маты обладают кинематическим коэффициентом трения равным $\mu_D = 0,6$. Засчет кинематического коэффициента трения противоскользящие маты компенсируют инерционную силу трения при различных маневрах.

Рассмотрим достаточно ли будет противоскользящих матов для компенсации продольной инерционной силы при торможении:

Сила трения с противоскользящим матом:

$$F_{\text{трения}} = \mu_D \cdot m \cdot g = 0,6 \cdot 25,48 \cdot 9,81 = 150 \text{ кН}.$$

В продольном направлении при торможении необходимо компенсировать:

$$\Delta F = F_{\text{вперед}} - F_{\text{трения}} = 200 - 150 = 50 \text{ кН}.$$

Данную силу можно компенсировать при упоре на переднюю стенку кузова:

$$(0,8 - \mu_D \cdot 1) \cdot m \cdot g < 50 \text{ кН};$$

где m – масса всего груза в кузове, кг.

$$(0,8 - 0,6 \cdot 1) \cdot 25,48 \cdot 9,81 < 50 \text{ кН};$$

$$50 \text{ кН} < 50 \text{ кН}.$$

Неравенство не выполняется. Сила, которую необходимо компенсировать, равна, но не меньше силе, которую может выдержать борт полуприцепа. Метод блокировки даже с использованием матов в данном случае не подходит.

В поперечном направлении при поворотах и продольном при трогании необходимо компенсировать:

$$\Delta F = F_{\text{назад/вбок}} - F_{\text{трения}} = 125 - 150 = -25 \text{ кН.}$$

Значение отрицательное, значит, усилие компенсируется полностью.

Метод блокировки даже с использованием матов в данном случае не подходит при торможении вперед, следовательно, данный метод нельзя использовать, нужно создать дополнительное усилие сверху на пакет, чтобы компенсировать скольжение, используем для этого прижимные ремни.

Расчет крепления методом увязки поверху (прижатия)

Произведем крепление груза в кузове при помощи прижимных ремней с противоскользящими матами. Проведем расчет количества средств крепления из условия предотвращения скольжения груза вперед.

Необходимое число ремней составляет:

$$n > \frac{(C_x - \mu_D \cdot C_z) \cdot m \cdot g}{k \cdot \mu_D \cdot \sin 89 \cdot F_\gamma} = \frac{(0,8 - 0,6 \cdot 1) \cdot 1960 \cdot 9,81}{1 \cdot 0,6 \cdot 0,86 \cdot 5000} = 0,59.$$

1960 – суммарная масса двух поддонов в ряду.

Коэффициент передачи примем 1, поскольку у ремня 1 натяжитель (храповик) приспособления, в противном случае $k = 1,5$.

Ремень рассчитан на номинальную нагрузку 500 кг (5000Н или 500 даН).

Силу F_γ – предварительного натяжения крепежных средств STF, примем из технических характеристик ремня 20 000Н (2 000 даН, 2000 кг).

Проверим по руководству IRU.

Таблица 4

Предотвращение скольжения [1]

Вес груза в тоннах, когда один прижимной ремень, идущий поверху, позволит предотвратить скольжение			
μ	Вбок	Вперед	Назад
0,15	0,31	0,15	0,31
0,20	0,48	0,21	0,48
0,25	0,72	0,29	0,72
0,30	1,1	0,38	1,1
0,35	1,7	0,49	1,7
0,40	2,9	0,63	2,9
0,45	6,4	0,81	6,4
0,50	риска нет	1,1	риска нет
0,55	риска нет	1,4	риска нет
0,60	риска нет	1,9	риска нет
0,65	риска нет	2,7	риска нет
0,70	риска нет	4,4	риска нет

При использовании резинового коврика с коэффициентом трения 0,6 один ремень предотвращает скольжение груза массой 1,9 т, а у нас 1,96т. Но поскольку в руководстве IRU все таблицы рассчитаны для нагрузки на ремни 400даН, а у нас ремни с преднатягом 500даН, то наши ремни имеют запас в 20% по нагрузке.

Количество прижимных ремней примем 1 ед. на один ряд груза, таких рядов у нас 13, значит, потребуется 13 единиц. Также потребуются подкладочные уголки 26 шт.

Расчет на опрокидывание

Опрокидывание груза может произойти вперед или назад под действием продольного усилия, также в боковую сторону под действием поперечных сил инерции при повороте (рис. 4).

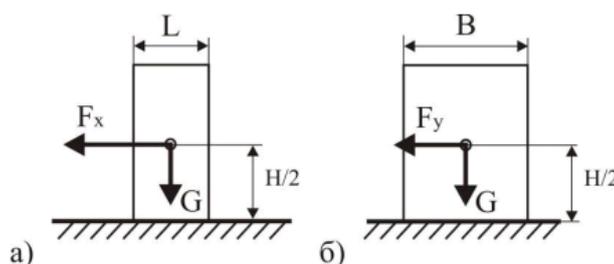


Рис. 4. Схема приложенных на груз сил:

а – при расчете на опрокидывание вперед; б – при расчете на опрокидывание в бок

Условие устойчивости груза, с центром тяжести в середине, на опрокидывание имеет вид:

Удерживающая сила · плечо > Опрокидывающая сила · плечо

Или

$$G \cdot \frac{L}{2} > F_x \cdot \frac{H}{2},$$

$$F_x = 0,8 \cdot m \cdot g,$$

$$F_x = 0,8 \cdot 750 \cdot 9,81 = 5\,886 \text{ Н},$$

где 750 – масса одного поддона

Поставляя данные в неравенство получим

$$9,81 \cdot 750 \cdot \frac{1,2}{2} = 4\,414,5 \text{ Н} \cdot \text{м} > 5\,886 \cdot \frac{1,46}{2} = 4\,296,78 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Как видно из расчета, условие продольной устойчивости груза выполняется, опасности опрокидывания груза вперед нет.

Для поперечной устойчивости груза, с центром тяжести в середине, должно выполняться условие

$$G \cdot \frac{B}{2} > F_y \cdot \frac{H}{2}$$

$$9,81 \cdot 750 \cdot \frac{0,8}{2} = 2\,943 \text{ Н} \cdot \text{м} > 0,5 \cdot 750 \cdot 9,81 \cdot \frac{1,46}{2} = 2\,685,49 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Опасности бокового опрокидывания груза нет.

Для устойчивости при опрокидывании назад груза должно выполняться условие в направлении к заднему борту:

$$G \cdot \frac{L}{2} > F_x \cdot \frac{H}{2}$$

$$9,81 \cdot 750 \cdot \frac{1,2}{2} = 4\,414,5 \text{ Н} \cdot \text{м} > 0,5 \cdot 750 \cdot 9,81 \cdot \frac{1,46}{2} = 2\,685,49 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Опасности опрокидывания груза назад нет

Таблица 11

Вес груза в тоннах, когда один прижимной ремень предотвращает опрокидывание [1]

Вес груза в тоннах, когда один прижимной ремень, идущий поверху, позволит предотвратить опрокидывание								
H/B	Вбок					H/L	Вперед	Назад
	1 ряд	2 ряда	3 ряда	4 ряда	5 рядов			
0,6	риска нет	риска нет	риска нет	5,8	2,9	0,6	риска нет	риска нет
0,8	риска нет	риска нет	4,9	2,1	1,5	0,8	риска нет	риска нет
1,0	риска нет	риска нет	2,2	1,3	0,97	1,0	риска нет	риска нет
1,2	риска нет	4,1	1,4	0,91	0,73	1,2	риска нет	риска нет
1,4	риска нет	2,3	0,99	0,71	0,58	1,4	5,3	риска нет
1,6	риска нет	1,5	0,78	0,58	0,49	1,6	2,3	риска нет
1,8	риска нет	1,1	0,64	0,49	0,42	1,8	1,4	риска нет
2,0	риска нет	0,90	0,54	0,42	0,36	2,0	1,1	риска нет
2,2	4,5	0,75	0,47	0,37	0,32	2,2	0,83	7,2
2,4	3,3	0,64	0,42	0,33	0,29	2,4	0,68	3,6
2,6	2,4	0,56	0,37	0,30	0,26	2,6	0,58	2,4
2,8	1,8	0,50	0,34	0,28	0,24	2,8	0,51	1,8
3,0	1,4	0,45	0,31	0,25	0,22	3,0	0,45	1,4
3,2	1,2	0,41	0,29	0,24	0,21	3,2	0,40	1,2

По таблице 5 при отношении габаритов груза $\frac{H}{L} = 1,22$ определяем, что риска опрокидывания груза вперед/назад нет.

По таблице 5 при отношении габаритов груза $\frac{H}{B} = 1,825$ определяем, что риска опрокидывания груза уложенного в 1 ряд нет. Груз закреплен верно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Международное руководство IRU по безопасному креплению груза на автомобильном транспорте. Редакция 2014. Международный союз автомобильного транспорта. Электронный ресурс. URL: <https://www.iru.org/sites/default/files/2016-01/ru-safe-load-securing-8th.pdf> (дата обращения 03.06.2021).

О. К. ЧУРИНА

olechka.ololo02@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Д. В. ЦЕЛИЩЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

КАЧЕСТВЕННАЯ СКЛАДСКАЯ НАПОЛЬНАЯ ТЕХНИКА КАК ОСНОВА СОХРАННОСТИ ГРУЗОВ

Аннотация. В статье рассматриваются виды складской напольной техники, а также факторы, влияющие на сохранность грузов при использовании данной техники.

Ключевые слова: склад, техника, оборудование, груз, грузоподъемность, сохранность, безопасность, паллета.

На сегодняшний день экономия пространства, перевозка товара и условия хранения являются важными вопросами при работе на складе. На современных складах оптимизация работы уже давно стала актуальной темой.

Любая работа на складе требует точности, быстроты и слаженности действий. Груз на складе надо не только поставить и переместить, но и быстро найти, снять и доставить в определенную точку для дальнейшей транспортировки. При этом должны выполняться условия безопасности для работников и грузов за наименьший промежуток времени. Для этого используют различную складскую технику. Именно ее применение обеспечивает безопасность хранения, транспортировки и быстроту выполнения.

Складское оборудование является одним из видов погрузочно-разгрузочного оборудования. Оно предназначено для хранения, транспортировки и доставки товаров [1].

При открытии своего склада главное уделить время выбору качественной напольной техники, а также разобраться в факторах, влияющие на сохранность груза при ее использовании. Оборудование следует выбирать надежное, которое соответствует требованиям и имеет приемлемую стоимость.

Рассмотрим несколько видов складской напольной техники.

1. Платформенные и двухколесные тележки. Не требуют особых навыков использования. Подходят для перемещения не только поддонов, но и мешков,

баллонов, ящиков и т.д. Для предотвращения падения груза тележку оснащают бортами.



Рис. 1. Платформенные и двухколесные тележки

2. Вилочный погрузчик – машина для поднятия, транспортировки и укладки различных грузов. Без него работа большого склада просто невозможна. Подразделяются на электрические, дизельные, бензиновые и газобензиновые.

– Электрические погрузчики – предназначены для перемещения и складирования грузов в закрытых складах. Преимуществами является экологичность и надежность. Грузоподъемность – до 7 тонн, высота подъема вилок – до 6 метров.

– Дизельные, бензиновые, газобензиновые погрузчики предназначены для работы в хорошо проветриваемом помещении. Грузоподъемность достигает 50 тонн. Основными преимуществами является надежность, мощность, возможность длительной работы без подзарядки.



Рис. 2. Вилочный погрузчик

3. Штабелеры – складская техника, предназначенная для перемещения и складирования грузов на определенную высоту. Подразделяются на ручные, электрические и самоходные.

– Ручные штабелеры. Подходят для складов, где грузооборот не превышает 30 паллет в день, а высота стеллажей — 2-3 ярусов.

Высота подъема вилок от 1,5 до 3 метров и грузоподъемность до 2 тонн. Поднятие вилок осуществляется с помощью специальной рукоятки или ножной педали. Преимущества: небольшая цена, маневренность, долговечность и безопасность.

– Электрические штабелеры. Оптимальное решение для складов с грузооборотом до 50 паллет за смену. Штабелеры с электроподъемом выпускают с высотой подъема вилок до 3 метров и грузоподъемностью до 2 тонн. Преимущества: надежность, компактность, маневренность, долговечность и безопасность.

– Самоходные штабелеры. Самые высокопроизводительные разновидности, подходящие для крупных складов с интенсивным грузооборотом: более 50 паллет в день. Самоходные штабелеры выпускают с подъемом вилок до 6 метров и грузоподъемностью до 2 тонн, способны развивать скорость до 9 км/ч. Преимущества: надежность, долговечность, безопасность, высокая производительность.



Рис. 3. Штабелеры

Правильно подобранное складское оборудование поможет повысить безопасность при транспортировке груза и безопасность рабочего места, увеличит производительность и прибыль компании. От вида, выбранного оборудования, зависит эффективность работы склада, а, следовательно, и качество, поставляемой продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Складская техника: ее основные виды, характеристики и сфера применения [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://1istochnik.ru/news/118539>
2. М.Ж.Банзекуливахо, О.С.Гулягина. Логистика складирования: учеб.-метод. комплекс: Новополец: ПГУ, 2015 – 268 с.
3. Складская техника: ее основные виды, характеристики и сфера применения, [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://uliss-sklad.ru/skladskaya-tehnika-ee-osnovnye-vidy-karakteristiki-i-sfera-primeneniya-proizvoditeli-i-gde-kupit-v-lipecke/>
4. Виды складской техники и ее применение [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://spb-advanta.ru/nashi-novosti/vidy-skladskoj-tehniki-i-ee-primenenie>

Ю. А. ШАБЕЛЬНИК
yushabelnik@gmail.com

Уфимский государственный авиационный технический университет

К ВОПРОСУ О КАВИТАЦИОННОМ ШУМЕ ГРЕБНЫХ ВИНТОВ

Аннотация. Акустический шум, возникающий при кавитации гребных винтов, является одной из наименее освещаемых проблем гребных винтов. Данная работа связана с обзором особенностей возникновения кавитационного шума и существующих методов расчета акустических характеристик гребных винтов.

Ключевые слова: гребные винты; кавитация; характеристики гребных винтов; шум гребных винтов;

Введение нормирования шумности судов, борьба с шумовым загрязнением акваторий, акустические ограничения, связанные с вредным влиянием шума на флору, приводит к актуализации вопроса акустических характеристик как судна в целом, так и его движителей. Основным типом движителя судов остается гребной винт, для которого уровень подводного шума зависит от скорости хода судна и от глубины погружения (в случае подводных лодок). При работе гребной винт создает переменные волны давления и, следовательно, вызывает акустические волны, приводящие к возникновению шума. Возникающий шум условно подразделяют на: шум от перемещения самой воды, шум от разницы давлений на засасывающей и нагнетающей поверхности лопасти винта; шум от периодических колебаний давлений из-за неравномерного поля потока за судном и шум, связанный с особенностями протекания кавитационных явлений различного рода. При этом, главным источником возникновения акустических колебаний является образующаяся кавитация, представляющая собой широкополосное акустическое излучение до 1000 Гц.

На малых скоростях хода судна гребной винт развивает малые усилия, и шум, обусловленный нестационарным полем давлений сравнительно невелик. С возрастанием скорости, развивающаяся кавитация сопровождается сильным шумом, который обусловлен схлопыванием кавитационных пузырьков и колебанием каверны при перемещении лопасти в поле переменных давлений. Вид

кавитационной каверны также оказывает влияние на интенсивность кавитационного шума.

Вращаясь, гребной винт создает области низкого, или отрицательного, давления на концах и поверхностях лопастей, что, при определенных значениях давления, приводит к образованию полостей в виде небольших пузырьков (рис. 1). Кавитационные пузырьки схлопываются либо в турбулентном потоке, либо на поверхностях лопастей винта, создавая сильные звуковые импульсы. Традиционно, кавитация подразделяется на вихревую кавитацию и кавитацию на поверхностях лопастей. При вихревой кавитации каверны образуются на краях лопастей гребного винта и тесно связаны с вихревым потоком, остающимся позади вращающегося винта. При кавитации на поверхностях лопастей участки, образующие кавитацию, расположены непосредственно на передней и задней кромках лопастей винта. Исследования показывают, что основным источником кавитационного шума гребных винтов обычной конструкции является вихревая кавитация [2,3,6].



Рис. 1. Кавитационные каверны

Поскольку кавитационный шум состоит из большого числа хаотических слабых звуковых импульсов, возникающих при схлопывании пузырьков, он имеет непрерывный спектр. На высоких частотах спектральный уровень кавитационного шума уменьшается с частотой со скоростью 6 дБ на октаву или около 20 дБ на декаду. На низких частотах этот уровень возрастает с изменением частоты [4]. В результате в спектре кавитационного шума образуется мак-

симум, который для кораблей и подводных лодок обычно имеет место в полосе частот от 100 до 1000 Гц. Положение максимума в спектре сдвигается в сторону низких частот по мере увеличения скорости движения и при уменьшении глубины (в случае подводных лодок).

Существуют разные методы прогнозирования уровня шума, зарубежные исследования показывают, что наиболее достоверными являются методики, основанные на использовании опытных данных кавитационных испытаний гребных винтов в кавитационных трубах и бассейнах, поскольку при определении спектральных уровней шума необходимо знание мгновенных, а не осредненных по времени параметров кавитационного течения, получаемых по методикам расчета кавитации. Стоит отметить, что акустические испытания более чувствительны к погрешностям, чем замеры пульсаций давлений, а акустические и гидродинамические волны с расстоянием развиваются по разным законам.

Исследования [5, 6] показывают, что шумоизлучение зависит от диаметра концевой вихря, являющегося функцией нагрузки и числа кавитации, а акустическое давление пропорционально объемному ускорению кавитирующего концевой вихря каждой лопасти. Результаты измерений спектральных уровней шума представляют в виде функции отношения критического числа кавитации σ_i к ее текущему значению σ_i/σ , где $\sigma = 2(p_0 - p_v)/\rho v_a^2$ – число кавитации, характеризующее величину разряжения на лопасти, образованное по скорости набегающего потока v_a ; p_0 – статическое давление в потоке перед гребным винтом; p_v – давление насыщенных паров воды; ρ – плотность воды. Учитывая разнообразность методик расчета акустического шума, особое внимание также стоит уделить численному моделированию акустики, однако при моделировании следует также учитывать и вносить поправки в соответствии с экспериментальными данными [1].

Таким образом, на сегодняшний день не существует единой универсальной методики расчета акустических характеристик, необходимо учитывать экспериментальные данные для внесения поправочных коэффициентов. Учитывая

вышеизложенное, можно сделать вывод, что при проектировании современных гребных винтов стоит уделять особое внимание вопросам акустических характеристик и использовать имеющийся опыт [1, 6] при расчете данных характеристик.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fujiyama K., Nakashima Yo. Numerical prediction of acoustic noise level induced by cavitation on ship propeller at behind-hull condition // Fifth International symposium on marine propulsion, Espoo, June 2017.
2. Choi J., Hsiao C., Chanine G., Ceccio S. Growth, oscillation and collapse of vortex cavitation bubbles // Journal of fluid mechanics. – 2009. V. 624, pp. 255-279.
3. Konno A., Wakabayashi K., Yamaguchi H., Maeda M., Ishii N., Soejima S., Kimura K. On the mechanism of the bursting phenomena of propeller tip vortex cavitation // Journal of marine science and technology, 2002. V. 6, pp. 181-192
4. Бавин В.Ф., Завадовский Н.Ю., Левковский Ю.Л., Мишкевич В.Г. Гребные винты. Современные методы расчета. – Л.: Судостроение, 1983, 296 с.
5. Ильин В.П., Яковлева Ю.С. Метод пересчета на натурные условия уровней кавитационного шума моделей гребных винтов при измерении в однородном потоке // Труды Крыловского государственного научного центра, 2019. Т. 3, №389. С. 49-56.
6. Пустошный А.В., Коваль А.А. О методиках прогнозирования шума гребных винтов транспортных судов // Труды Крыловского государственного научного центра, 2021. Т. 2, №396. С. 13-36.

Л. Р. ШАРАФУТДИНОВА

lil77.7725@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Д. В. ЦЕЛИЩЕВ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛКОЗАМКОВ (АЛКОБЛОКИРАТОРОВ) НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

Аннотация. В данной статье рассматривается потребность использования системы алкозамков, проблемы каршеринга и общей безопасности дорожного движения.

Ключевые слова: алкозамок, ДТП, безопасность дорожного движения.

Использование алкозамков на легковом автомобиле упростит жизнь водителя и повысит безопасность движения на дорогах. Их применяют не только индивидуально, но и в такси, в каршеринге и в транспортных средствах общего пользования.

Алкозамок представляет собой мини алкотестер, который встраивается в систему зажигания автомобиля и блокирует запуск двигателя при обнаружении алкоголя в дыхании водителя.

В практически всех странах мира обширно распространена практика применения алкозамков на общественном транспорте, власти заинтересованы в безопасности людей и имущества от водителей нарушителей. Алкотестеры также устанавливаются на дорогостоящую строительную и спецтехнику.

В основе алкозамка лежит высокоточный электрохимический сенсор, который определяет концентрацию алкоголя в выдыхаемом водителем воздухе и в итоге теста показывает на дисплее. Данный параметр может быть настроен в зависимости от требований законодательства и определенного предприятия.

Как работает алкозамок:

- 1) при включении зажигания алкозамок просит водителя пройти тест;
- 2) водитель проходит тест;
- 3) прибор анализирует выдыхаемый воздух;
- 4) если алкоголь не обнаружен (менее 0,2 промилле), автомобиль разблокирует доступ к запуску двигателя.

По данным ГИБДД РФ в 2020 году:

– более 167 000 человек лишены водительских удостоверений за управление ТС в состоянии опьянения (ст. 12.8 КоАП РФ)

– почти 14 500 ДТП из 145 073 произошло с участием водителей, находившихся в момент аварии в состоянии опьянения. Из них:

– 11 897 с легковыми автомобилями

– 410 с грузовиками

– 45 с общественным транспортом

– 84 с тракторами и другими самоходными механизмами

– 19 044 человек было ранено в таких ДТП, 4 064 – погибло [1].

Удобство и технологичность алкозамков приобретает популярность. С недавних времен в столицах начали проводить эксперименты использования новой технологии проверки водителей в такси и на каршеринге. Это связано с многочисленными жалобами на неадекватных водителей на дорогах, что усложняет сохранять безопасность дорожного движения.

Более того, в последнее время фиксируются случаи вождения каршеринга по поддельным или чужим аккаунтам. Поэтому предполагается предоставление сотрудникам ГИБДД доступ к базе данных пользователей каршеринга, что упростит выявление нарушителей [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алкозамки. (2020). Получено из Montrans Цифровизация автопарка: <https://montrans.ru/oborudovanie/alcozamonok>
2. Алкозамки в такси и каршеринге: эксперимент начнется в столице. (2019). Получено из ЗаРулем: <https://www.zr.ru/content/news/919611-avtomobili-karsheringa-i-taksi/>

УДК 338.57.055.2

Ш. Д. ШАРИПОВ

shomortnichek@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Д. В. ЦЕЛИЩЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ПРИЧИНА РОСТА РОЗНИЧНЫХ ЦЕН НА ТОПЛИВО В США – В. В. ПУТИН

Аннотация. в статье рассматривается повышение розничных цен на топливо в США после накладывания санкций и закрытия логистических каналов с Россией.

Ключевые слова: США, нефть, баррель

На сегодняшний день представители Белого Дома заявляют, что рост цен на топливо в их стране, разогнавшее инфляцию до 40-летних максимумов, спровоцирован ситуацией на Украине, обвиняя в этом Владимира Владимировича Путина.

«Когда мы говорим о нынешних ценах на бензин, это действительно подорожание Путина... Тот факт, что мы наблюдаем рост цен примерно на 60 процентов за последние несколько месяцев, связан с наращиванием (сил)», – сказала Жан-Пьер на брифинге для СМИ.

По данным экспертов в сырьевой отрасли цены на бензин, которые достигли рекордных 5-6,4\$ за галлон (3,8 литра), вряд ли упадут в ближайшее время.

Кому-то может показаться, что это не так уж и дорого, учитывая, что зарплаты в США намного больше чем в России. Однако, нужно иметь в виду особенности их транспортной инфраструктуры. В Штатах практически не развит общественный транспорт, большинство городов состоят из одноэтажной застройки, что делает их огромными по площади. Среднестатистический американец в день проезжает минимум 50-60км, чтобы выполнить повседневные задачи.

Если углубиться в историю, то по данным Управления энергетической компании (EIA) на 2021г. импорт российской нефти и нефтепродуктов составлял 648 тысяч баррелей в сутки, что является самым высоким месячным объемом импорта от конкурирующего производителя с июня 2012 года. Связано это с тем, что лишившись тяжелой нефти из Венесуэлы из-за собственных санкций, американцы искали альтернативных поставщиков.

Нефте-переработчики покупают в РФ в основном не сырую нефть, а мазут. 15 апреля президент Джо Байден издал указ о введении санкций, направленных на «пресечение агрессивных и вредных действий правительства Российской Федерации». Санкции, направленные против российских юридических и физических лиц, не нацелены конкретно на энергетический сектор. То есть санкции санкциями, а покупка российской нефти и нефтепродуктов американцами идет своим чередом. Спрос на российскую нефть марок *Urals* и *Varandey* в последние месяцы даже вырос.

Возникает вопрос, почему же США, являясь крупнейшим производителем нефти – 11,6 баррелей в сутки, покупают ее за рубежом. По мнению аналитиков американские НПЗ могут работать только с продуктом определенного сорта, и поэтому американцам нужна российская нефть.

Рассмотрим от чего зависит ценовая политика бензина в США. Цена сильно зависит от предложения бензина в каждом штате, оно зависит от:

- Количества Нефтеперерабатывающих заводов в каждом округе (PADD)
- производительности каждой НПЗ
- того, сколько НПЗ работает, а сколько закрыты

Всего Соединенные штаты разделены на 5 PADDs (*petroleum administrative defensive districts* – нефтяное управление оборонных кругов)



Рис. 1. Обеспеченность каждого округа НПЗ

Рассмотрим реальные причины роста цен на бензин в США. По подсчетам, разведанных запасов сырой нефти в США при имеющемся объеме добычи хватит лишь на 15 лет. В связи с этим, США давно начали искать резервные ис-

точники энергии, пытаясь перевести экономику на зеленую энергетику, сократив добычу нефти. Именно с этой повесткой Байден шел на выборы. Однако, его действия привели к тому, что нефтяные резервы уже добытой нефти начали резко сокращаться и по состоянию на начало 2022 года достигли своего минимума с 1998 года.

Кроме того, нефтяники понимают, что уже скоро они потеряют все свои доходы и пытаются выжать из остатков черного золота каждую копейку, задирая цены для населения.

Таким образом, причиной роста цен на бензин и дизельное топливо в США стала не Россия, а недалёковидная политика Джо Байдена и его команды, которые пытались посадить страну на зеленую энергетику, а также жадность нефтяников, которые боятся остаться без заработка.

Белый дом мог бы попросить Саудовскую Аравию, Венесуэлу или Иран помочь компенсировать ожидаемое падение поставок нефти из России, но каждый из этих вариантов несет в себе свои моральные и политические издержки, отметили эксперты.

Республиканцы призвали Байдена помочь увеличить добычу нефти в стране, например, разрешив бурение на большем количестве федеральных земель и на шельфе или отменить решение отозвать разрешение на строительство трубопровода, по которому канадская нефть могла бы поступать на нефтеперерабатывающие заводы на побережье Мексиканского залива. Однако многие демократы и защитники окружающей среды категорически настроены против этих шагов главы Белого дома, которые, по их словам, способны подорвать усилия по ограничению изменения климата. Даже если Байден проигнорирует мнение своей собственной партии, потребуются месяцы или годы, прежде чем эти меры смогут привести к увеличению количества бензина на заправочных станциях в США, заключили эксперты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фонд стратегической культуры [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://www.fondsk.ru/news/2021/04/23/pochemu-us-pokupaut-neft-za-rubezhom-buduchi-krupnejshim-ee-proizvoditelem-53437.html>
2. SMART-LAB [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://smart-lab.ru/blog/733370.php>
3. RBC NEWS [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://www.rbc.ru/rbcfreenews/6296b1a09a794779d1f812be>

УДК 368.2

М. В. ШЕХЕРИН

misha30082000@mail.ru

Науч. руковод. – ст. преп. А. А. СОЛОВЬЕВА

Уфимский государственный авиационный технический университет

УМНЫЕ СВЕТОФОРЫ

Аннотация. В статье рассматриваются понятие «умные светофоры» и принципы их работы.

Ключевые слова: умный светофор, адаптивность.

«Умный светофор» – это динамическая система управления светофором, способная повысить пропускную способность дорожной сети, сделать ее безопасней. Иными словами говоря, это светофоры, работающие не в строго определенном порядке, «обычном режиме», а в адаптивном режиме, переключающийся в зависимости от трафика, скорости транспортных средств, от того, в каком направлении они передвигаются, или от времени суток.

Актуальность данной системы довольно высока из-за пробок на дорогах, которые стали серьезной проблемой в крупных городах. Общее количество автомобилей на дорогах растет, а транспортная инфраструктура не готова к увеличению транспортного потока в таких масштабах. Пробки на дорогах оказывают губительное влияние на жизнь в городах, ухудшается логистика, а также падает производительность труда.

В основе данной технологии лежит использование различных датчиков движения, удаленного действия, камер и контроллеров, которые в режиме реального времени отслеживают загруженность транспортного потока на определенном участке дороги и передают информацию на сервер управления, обрабатывающий ее и составляющий оптимальный вариант для контроля трафика на данном участке дорожной сети.

Системы видеоконтроля, ориентированные на транспорт, предоставляют данные трех типов:

1. Информация о трафике для статистической обработки:

- общее количество обнаруженных автомобилей;
- скорость;
- ускорение транспортного потока;
- плотность потока;
- загруженность полос движения;
- классификация автомобилей.

2. Информация о происшествиях на дороге:

- высокая скорость, плотность потока или занятость полос;
- наличие заторов или движения по встречной полосе;
- остановившиеся или медленно движущиеся автомобили;
- наличие на дороге подозрительных предметов.

3. Информация о наличии/отсутствии автомобилей:

- наличие приближающихся автомобилей;
- наличие автомобилей, остановившихся на перекрестке;
- число автомобилей, проехавших через зоны обнаружения;
- измерение длины очереди.

Далее, на основании полученных данных, центральный сервер дает команду контроллерам светофоров включить красный или зеленый свет и устанавливает периодичность [1].

У данных светофоров есть несколько способов управления:

- *локальный режим*, смысл которого заключается в автономной работе светофоров по нескольким «сценариям», например для утреннего или вечернего час пика;
- *координированное управление*, синхронизирующее несколько светофоров в одной связке и применяемое в основном на магистралях, на которых присутствует необходимость поддержания определенной интенсивности на дороге;
- *адаптивный режим*, заключающийся в определении ситуации на дороге по полученной информации и передаче задач для контроллеров светофора, подстраиваясь под полученную информацию.

Система «умного светофора» разрабатывалась долгое время. Первые попытки создания предпринимались еще в начале 1960-х годов в США и Канаде, однако на тот момент данная система сводилась к централизованному управлению и была неэффективной. На сегодняшний день данная система вводится в большинстве развитых стран мира, и продолжает расширяться.

Например, в столице Дании, в Копенгагене, собираются создать целую сеть из «умных светофоров», которые будут давать преимущество движения общественному транспорту и велосипедистам. На реализацию данной идеи будет потрачено более \$ 9 млн. из бюджетных средств, по задумке, это позволит повысить популярность велосипедного транспорта, или подтолкнет водителей чаще пользоваться общественным транспортом, что в свою очередь значительно уменьшит вред для окружающей среды и сократит количество пробок на дорогах.

В России данная технология впервые появилась в Москве. Испытания проводились на участке дороги протяженностью 7,5 км около 10 лет назад. После успешного испытания, уже в 2015 году во многих районах Москвы светофоры начали заменять на «умные», которые подключались к Автоматизированной Системе Управления Дорожным Движением (АСУДД). На 2016 год к данной системе были подключены и магистральные светофоры, которые считывали не только плотность потока, но также ДТП и погодные условия.

В заключение можно сказать, что система «умных светофоров» является чрезвычайно эффективной системой для максимизации производительности дорожной системы, поэтому ее дальнейшее развитие необходимо для решения дорожных проблем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Умный светофор» — комфорт и безопасность на дорогах [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ap-n.com/umnyj-svetofor/>
2. Система "Умный светофор" [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%22%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%81%D0%B2%D0%B5%D1%82%D0%BE%D1%84%D0%BE%D1%80%22
3. Как работают умные светофоры: преимущества и недостатки технологии. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://trasscom.ru/blog/umnye-svetofory/>

УДК 368.2

Д. Д. ЮСУПОВА

yuusupovadd@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент Д. В. ЦЕЛИЩЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ЮРИДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОПИЛОТА ПРИ УПРАВЛЕНИИ ЛЕГКОВЫМ ТРАНСПОРТОМ

Аннотация. В статье рассматривается ряд правовых вопросов, требующих законодательного урегулирования, на тему эксплуатации беспилотного транспортного средства.

Ключевые слова: беспилотное ТС, Правительство РФ, автономный автомобиль, оператор.

Современный авиалайнер может совершать свой путь, включая посадку и взлет, полностью полагаясь на автоматический режим, так же без доли сомнения используется автопилот, для прокладывания курса. Но вот гражданские беспилотники мы увидим не скоро хотя бы потому, что на такой рейс было бы трудно собрать пассажиров, ведь вряд ли много желающих, которые готовы довериться искусственному интеллекту.

Бывший вице-президент GM Боб Лутц говорил: «Автономные автомобили не выпивают, не принимают наркотики, не набирают СМС во время движения и не впадают в дорожную ярость. Автономные автомобили не устраивают гонки и не засыпают». Все больше людей со временем приходят к мнению, что у компьютера нет человеческого фактора, а значит шанс стать виновником аварии у него меньше. Однако риск есть, и тогда возникают вопросы: «кто виновен», «кто за это будет отвечать» [1].

Правила дорожного движения в большинстве стран мира, в том числе в России, ссылаются на Венскую конвенцию о дорожном движении. Документ постановляет то, что каждое ТС, которое находится в движении, должно иметь водителя. В автономных автомобилях роль водителя забирает оператор, т.к. беспилотное ТС без надлежащего лица в кабине – оператора, пока вне закона. И за последствия аварии ответственным лицом будет оператор автомобиля.

В 2019 году беспилотник «Яндекса» столкнулся с легковым автомобилем в Москве. Виновным признали также оператора транспортного средства [1].

При дорожно-транспортном происшествии оператор лишается права на пассивность. Считается, что в опасной ситуации он должен взять управление автомобилем на себя и, неважно, была у него возможность или нет. В сфере регулирования дорожного движения применяется принцип специальной деликтной ответственности, когда автомобиль считается источником повышенной опасности и водитель отвечает за нанесенный ущерб, даже если в его действиях не было нарушения правил.

В общем случае для наступления ответственности необходимо соблюдение четырех условий:

- совершение ответственным лицом противоправного действия;
- причинение вреда;
- установление причинно-следственной связи между противоправным действием и вредом;
- осознание нарушения закона.

На сегодняшний день законодательство Российской Федерации только готовится к изменениям, которые необходимы в связи с проведением экспериментального выпуска на дороги беспилотных автомобилей под управлением инженеров-испытателей (операторов) в салоне автомобиля [2].

Внесенный в Госдуму законопроект «Об опытной эксплуатации инновационных транспортных средств» считает водителем не только физическое лицо, которое управляет ТС, но и человека, который активирует беспилотное вождение. Так что нести ответственность будут и оператор, и техник, который допустил выпуск автономного автомобиля на дороги. Оператор обязан «прилагать все возможные усилия для обеспечения безопасности жизни и здоровья граждан», а «высокоавтоматизированное транспортное средство» должно быть оснащено специальной системой, позволяющей отключить беспилотник и дать оператору самому управлять автомобилем. Нужно помнить, что «оператор обя-

зан приложить все усилия для безопасного вождения», так что оператор несет в себе гласную роль в управлении беспилотника. Это одно из самых важных изменений, поскольку в случае ДТП ответственность может быть возложена на такого оператора, а не только на владельца беспилотного транспортного средства. В законопроекте так же виновным считается и лицо, владеющее данным беспилотником, так что на него так же ложится обязанность покрыть весь ущерб ДТП. Если же виной ДТП стали конструктивные недостатки ВАТС, то владелец автономного ТС может подать в иск в сторону компании, изготовившей автомобиль. Сделана такая система для упрощения получения возмещения убытков пострадавших в ДТП с участием автономного ТС [1].

Законопроект также предлагает ввести положение об обязательном страховании своей гражданской ответственности владельцем беспилотного транспортного средства (согласно ст. 8 законопроекта). Положение введено именно для покрытия возможного возмещения вреда жизни, здоровью и имуществу в связи с тем, что владелец беспилотного автомобиля несет ответственность независимо от вины [2].

Таким образом, определенно беспилотные транспортные средства вскоре будут частым явлением на наших дорогах. По словам экспертов, беспилотный транспорт входит в нашу жизнь "всерьез и надолго", и те государства, которые первыми смогут создать комфортную регуляторную среду для его развития, смогут получить от этого значительный экономический эффект.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беспилотные автомобили ближе, чем кажется. Технические препятствий к их использованию уже нет: все технологические, программные и сетевые решения созданы, испытаны на прототипах и обкатаны на полигонах. «железо» готово — не готовы люди [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://business.digitalocean.ru/n/nevoditelskie-prava>
2. Беспилотные автомобили: как планируется регулировать их эксплуатацию в России? [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://www.garant.ru/article/1471258/>

УДК 368.2

И. Н. ЯКУПОВ

y4kupov.11d4r@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Д. В. ЦЕЛИЩЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

СОВРЕМЕННЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ ПОМОЩИ ВОДИТЕЛЯМ

Аннотация. В статье рассматриваются особенности использования современных электронных систем помощи водителям, производится оценка надежности систем помощи водителям и их автономности.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, поведение водителя, системы помощи водителю, опыт.

Многие задачи, которые до недавнего времени могли выполнять только люди, теперь доверены машинам. Автоматизация занимает все больше места во многих сферах жизни, и ее особая роль наблюдается в транспорте, влияющем на мобильность, поведение и безопасность водителей. Автомобили, оснащенные системой помощи водителю, так называемой ADAS (усовершенствованная система помощи водителю), являются значительной поддержкой водителя в реагировании на непредвиденные ситуации и минимизируют риски возникновения аварийных ситуаций. Проведенные до сих пор исследования показывают, что опыт использования этих систем может повысить не только комфорт, но и, прежде всего, безопасность участников дорожного движения.

Внедрение передовых систем помощи водителю (ADAS) в современные транспортные средства дает возможность повысить уровень безопасности дорожного движения. В зависимости от степени автоматизации они могут предупредить водителя об опасности или взять на себя управление транспортным средством. Автоматизация транспортного средства касается основных задач, связанных с маневрированием транспортного средства (торможение и ускорение), а также всех других маневров, которые до сих пор выполнял водитель. Автоматизации подлежат четыре класса функций, которые до сих пор реализовывались драйвером:

– сбор данных;

- обработка данных;
- принятие решения;
- выполнение контрольных мероприятий.

Для всех классов транспортных средств автоматизация может варьироваться от низкого до высокого уровня. На сегодняшний день разработано несколько классификаций для определения уровня автоматизации транспортных средств. Наиболее широко используется классификация, разработанная Международным обществом автомобильных инженеров [0].

Он определяет шесть уровней автоматизации:

– Уровень 0 (без автоматизации) – полный контроль водителя во всех аспектах динамического вождения.

– Уровень 1 (помощь водителю) – наличие систем помощи водителю, включающих рулевое управление или ускорение/торможение транспортного средства. Все остальные аспекты задачи динамического вождения выполняются водителем.

– Уровень 2 (частичная автоматизация) – помощь водителю специфична для данного режима вождения, включая рулевое управление или ускорение/торможение с использованием информации об условиях вождения и с расчетом на то, что водитель будет выполнять все другие аспекты задачи динамического вождения. Водитель несет ответственность за контроль и выполнение остальных элементов вождения.

– Уровень 3 (условная автоматизация) – система способна взять на себя управление автомобилем. Ожидание, что водитель соответствующим образом отреагирует на запрос о вмешательстве (взятии на себя управления).

– Уровень 4 (высокая автоматизация) – система способна самостоятельно управлять транспортным средством при определенных условиях, хотя это не означает полной автоматизации.

– Уровень 5 (полная автоматизация) – вмешательство водителя не требуется, независимое вождение в любых дорожных и окружающих условиях.

Следует отметить, что по мере повышения автоматизации транспортных средств, участие человека в процессе управления уменьшается. Система вы-

полняет определенные действия, а роль водителя заключается в том, чтобы контролировать дорожную ситуацию и надлежащим образом реагировать в чрезвычайной ситуации. Тем не менее, не следует снимать ответственность с водителя, ведь для обеспечения максимально возможного уровня безопасности необходимо знать принцип работы системы и ее возможности [2].

Несмотря на то, что системы безопасности в транспортных средствах, предназначенные для поддержки, наблюдения за окружающей средой, принятия решений или выполнения различных действий, связанных с вождением, разрабатываются все более интенсивно, именно люди, пользующиеся все более совершенными автомагистралями и более безопасными транспортными средствами, являются ключевыми элементами, ответственными за возникновение аварий. Осознание того, что транспортное средство оснащено передовыми системами безопасности может создать чрезмерную уверенность в его эффективности. Водители зачастую могут быть недостаточно внимательными и бдительными, могут заниматься другими делами, не связанными с вождением (отправка текстовых сообщений, телефонные звонки, работа в Интернете и т. д.), поскольку предполагают, что автомобиль в экстренной ситуации среагирует на аварийную ситуацию. Но какой бы совершенной ни была система помощи водителю, автомобиль не способен заменить человека в абсолютно любой ситуации, ведь адекватная реакция на динамично меняющуюся дорожную ситуацию может оказаться за пределами его возможностей [3]. В этом контексте крайне важна осведомленность пользователей о реальных возможностях системы и осознание необходимости осуществления постоянного контроля над транспортным средством.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Передовые методы разработки и проверки моделирования для автоматизированных систем вождения. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://www.sae.org/standards/content/j3279/>
2. Изучение влияния возраста и отказа от вождения на эффективность управления водителем в высокоавтоматизированных транспортных средствах. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03081060.2019.1609221>
3. Современные системы помощи водителю. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://wikisu.ru/wiki/Advanced_driver-assistance_systems

Р. А. ЯНАЛИН, Д. В. ЦЕЛИЩЕВ
pihva.ch@yandex.ru

Уфимский государственный авиационный технический университет

АРХИТЕКТУРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Аннотация. В статье показано, что транспорт является одним из наиболее важных элементов конкурентоспособности компаний и городов; представлен обзор технологических средств, входящих в состав интеллектуальных транспортных систем (ИТС), используемых для повышения производительности и безопасности перевозок не только грузов, но и пассажиров и в различных режимах.

Ключевые слова: транспортные системы, ИТС, городская логистика, системы связи.

За последнее десятилетие произошел значительный скачок в развитии «умных» информационных технологий для управления маршрутами транспортных средств. Базой для этого явились технологические достижения в области геоинформационных систем, появление компьютерной техники нового поколения с увеличенными возможностями обработки данных и более совершенные технологии, системы и методы планирования.

Интеллектуальные транспортные системы определяются, как набор передовых приложений в области информационных технологий, электроники и связи, которые с социально-экономической и экологической точек зрения предназначены для повышения транспортной мобильности, безопасности и производительности за счет оптимизации использования существующей инфраструктуры, повышения энергоэффективности и увеличения пропускной способности транспортной системы. Интеллектуальные транспортные системы нацелены на мультимодальное реагирование на транспортные потребности с применением ИКТ (информационных и коммуникационных технологий). Интеллектуальные транспортные системы являются частью ИКТ, однако некоторые авторы используют термины ИТС и ИКТ для транспорта без различия.

С использованием ИТС транспортные операции выполняются оптимально с точки зрения транспортного потока (скорости и времени пути). Интеграция ИТС позволяет обмениваться и координировать информацию, получать и интегрировать информацию между транспортными средствами и дорожной инфра-

структурой, обмениваться информацией с частным сектором (поставщиками логистических услуг) и обмениваться с организациями, не связанными с транспортом, такими как электронные платежные учреждения.

Таким образом Интеллектуальные Транспортные Системы представляют собой взаимосвязь различных информационных систем, предназначенных для сбора, связи, вычислений и содействия принятию решений, позволяющих правильно управлять потоком транспортных средств и транспортных средств. Для надлежащего управления транспортной системой необходима интеграция таких технологий, как Интернет, электронный обмен данными, беспроводная связь, компьютерные технологии, программирование и технологии, предназначенные для сбора и анализа необходимой информации.

Классификация ИТС

Говоря об ИТС, следует отметить, что они сгруппированы в две широкие категории: ИТС, расположенные в транспортных средствах (например, системы связи и технологии внутри них, и так называемые «интеллектуальные транспортные средства»); и ИТС, расположенные в инфраструктуре или в транспортном режиме (например, системы контроля нарушений и т.д.). В обеих категориях были предприняты большие усилия и работа по повышению эффективности, основанная на разработке аппаратных, программных и программных моделей для оптимизации маршрутов и транспортных потоков.

Существуют классификации основных технологий информации и связи для логистики и грузовых перевозок:

- Приложения для управления перевозками – ТМ (Transportation Management);
- Приложения для выполнения цепочек поставок – SCE (Supply Chain Execution);
- Приложение для автоматизации работы на местах – FFA (Field Force Automation);
- Приложения для управления автопарком и грузоперевозками – FFM (Freight Management Applications).

Приложения ТМ — это инструменты, которые позволяют планировать, оптимизировать и выполнять транспортные операции. Обычно они включают в

себя предложение грузов, маршрутизацию, планирование, отслеживание, оплату фрахта и системы аудита.

Приложения SCE управляют и автоматизируют обмен информацией, а также управляют выполнением расписания распределения в режиме реального времени.

Приложения FFA поддерживаются мобильными технологиями и обеспечивают интеграцию между удаленными элементами и бизнес-процессами.

Приложения FFM используются для предоставления информации о транспортных средствах и грузах, а также для получения информации в режиме реального времени для более динамичного и эффективного управления операциями по распределению.

Обзор технологии

В таблице 1 обобщены технологии, доступные для систем ИТС, которые разделены на две основные области: в транспортных средствах и в инфраструктурных технологиях.

Таблица 1

Технологии, доступные ИТС

Технология	В инфраструктуре	В т/с
Местоположение	<ul style="list-style-type: none"> – цифровые карты – географические информационные системы – базы данных транспортных сетей 	<ul style="list-style-type: none"> – местоположение мобильного телефона – глобальная навигация
Сбор информации	<ul style="list-style-type: none"> – датчики дорожного движения – контроль времени – автоматическое обнаружение инцидентов 	<ul style="list-style-type: none"> – автоматическая идентификация т/с – транспортные средства
Обработка информации	<ul style="list-style-type: none"> – словари данных – объединение данных – обмен данными 	<ul style="list-style-type: none"> – бортовые компьютеры, – сопоставление цифровых карт
Коммуникация	<ul style="list-style-type: none"> – фиксированные микроволновые линии связи – оптоволоконные сети – радиомаяки (DSRC) – мобильная сеть 	<ul style="list-style-type: none"> – приемники цифровых радиостюн – мобильные приемники – дорожная радиореклама – преобразователи сигналов
Распространение информации	<ul style="list-style-type: none"> – сигналы для динамических сообщений – интернет – телефонные точки 	<ul style="list-style-type: none"> – громкая связь – персональные цифровые помощники
Использование информации	<ul style="list-style-type: none"> – детекторы инцидентов – управление спросом – мониторинг трафика и заторов 	<ul style="list-style-type: none"> – руководство по прокладке маршрутов – расширенные системы поддержки водителя

Ключевым элементом управления транспортом с помощью ИТС является сбор информации о транспортном средстве, которую можно получить тремя способами:

– *Индуктивные детекторы.* Представляют собой устройства, установленные в тротуаре, которые позволяют проводить учет транспортных средств. Эти датчики могут определять количество транспортных средств, их скорость и интенсивность движения на дороге.

– *Ультразвуковые, инфракрасные и радарные датчики* размещаются на башнях. Они могут обнаруживать транспортные средства с помощью волн и определять количество транспортных средств и их скорость. Преимуществом этой системы перед индуктивными датчиками является простота установки и обслуживания, но при неблагоприятных погодных условиях их работа менее эффективна, чем у других.

– *Детекторы видеозображения* могут распознавать присутствие транспортного средства и его скорость, отслеживать занятость, транспортный поток, обнаруживать номерной знак и т.д. посредством обработки изображения на основе оптического распознавания символов (OCR).

Чтобы понять поведение системы трафика, важно определить, как она работает. Для этого существуют инструменты моделирования, которые стали очень практичными и простыми в использовании. Они могут эмулировать поведение характеристик дорожной системы и принимать решения на его основе.

Кроме того, существует несколько приложений, обрабатывающих информацию, которые предназначены для формирования системных отчетов о дорожном движении для логистов и обычных пользователей. Для получения этой информации необходимо «объединить» информацию как из открытых, так и из частных источников. Эта информация может быть доставлена обоим участникам через телефон, вещательные компании и телевидение к бортовым устройствам.

Транспорт определяет конкурентоспособность компаний и оказывает ряд негативных воздействий на города, создавая необходимость прилагать большие усилия в процессах управления. Последнее объясняет необходимость передовых информационных систем, ведущих к оптимизации транспорта на всех уровнях, как коммерческого, так и пассажирского транспорта.

Интеллектуальные транспортные системы являются инструментами, позволяющими повысить транспортную мобильность, безопасность и производительность, и включают в себя множество аспектов для этой цели. Это касается информации, поступающей от транспортных средств, государственных и частных организаций, а также информации, полученной от систем и информационных технологий, таких как камеры, радары и датчики скорости. Все это позволяет добиться интеллектуального управления перевозками, что является основной задачей ИТС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аранго, М.Д., Адарме, В. Запата, Дж. А. Мобильность грузов в мегаполисах - городская логистика. ISBN: 978-958-44-9517-4, 2011 г. [<https://repositorio.unal.edu.co/>]
2. Танигути, Э., Томпсон, Р.Г., Ямада, Т., Последние достижения в моделировании городской логистики, В: Городская логистика II, Институт системных исследований, Киото, стр. 3-34, 2001 г.
3. Материал из Википедии - Интеллектуальная транспортная система. [<https://clck.ru/R3Xtz>]
4. Основы классификации интеллектуальных транспортных систем. [https://studbooks.net/70950/tehnika/osnovy_klassifikatsii_intellektualnyh_transportnyh_sistem]
5. Димитракопулос, Г. Интеллектуальные транспортные системы на основе транспортных средств, подключенных к Интернету: области фундаментальных исследований и задачи. 11-я Международная конференция по телекоммуникациям ITS (ITST). ИИЭР, 2011.
6. Министерство развития. Интеллектуальные транспортные системы: их применение в наземном, морском и воздушном видах транспорта. [http://195.76.37.58/NR/ronlyres/7595AD41-7687-4850-A568-D0EC56379CF9/72310/SIT_opt.pdf]

СЕКЦИЯ 1.4
МЕХАНИКА ПРОЦЕССОВ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ
ВЯЗКОУПРУГОПЛАСТИЧЕСКИХ ТЕЛ. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

УДК 539.3

Р. У. БАЙМУРАТОВ

r_baymyratov@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Б. А. БЕЛЯЕВ, ст. преп. Р. И. АХМЕТШИН

Уфимский государственный авиационный технический университет

О КОНТАКТНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ БЕСКОНЕЧНОЙ ПЛАСТИНЫ
С ОТВЕРСТИЕМ, В КОТОРОЕ УСТАНОВЛЕН ШТИФТ

Аннотация. В статье рассматривается сравнительная оценка контактных давлений для случая бесконечной пластины с отверстием, в которое установлен штифт, нагруженный центральной радиальной силой, в котором радиусы и отверстия близки друг к другу (малом зазоре) в случае приближенного и уточненного решения. Получены результаты расчета. Решение такой задачи является базовым материалом при оценке прочности соединений, которые выполнены в виде шарниров, например, в шатунных группах ДВС, системах управления и функционирования транспортных и строительных машин, карданных рычажных передачах, приводах угла поворота крыла самолета, а также соединения лопаток с дисками, болтами или винтами в центробежных и осевых нагнетателях.

Ключевые слова: контактное взаимодействие; экстраполяция; аппроксимация; жесткость; коэффициент контактных напряжений.

Шарнирные узлы и соединения относятся к наиболее ответственным и высоконагруженным силовым элементам конструкций, имеющим пониженную долговечность и высокий уровень концентрации напряжений, которые зависят от формы рассматриваемой детали, направления нагрузок, посадки крепежного винта в отверстие упругих постоянных материалов деталей и крепежного винта.

В представленной работе рассматривается контактное взаимодействие бесконечной пластины с отверстием, в которое установлен штифт, радиусы которых почти равны и нагружены центральной радиальной силой по [1] и по обобщенному уравнению, приведенному в работе [2].

В исследованиях [4], [5], [6] приводятся приближенные решения подобных задач при различных упругих свойствах материала штифта и пластины. В работе [7] получены экспериментальные результаты интерферометрическим способом.

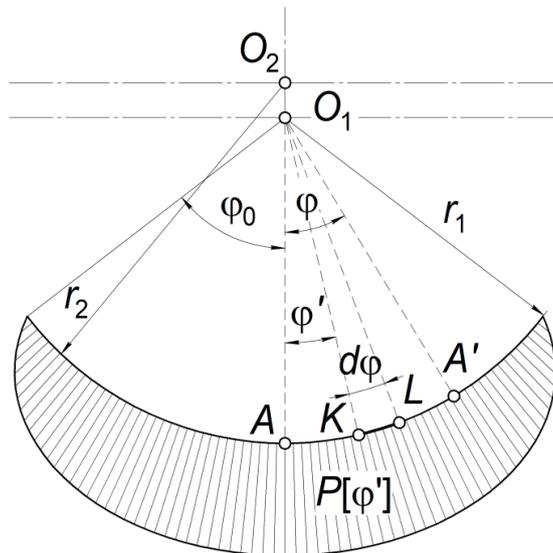


Рис. 1. Эпюра контактного взаимодействия нагруженного штифта центральной радиальной силой

На рис. 1 изображена эпюра контактного взаимодействия штифта, установленного в отверстие бесконечной пластины с одинаковыми материалами и малым зазором между охватываемой и охватывающей деталями. Контактное взаимодействие штифта и отверстия в пластине представлено в виде интегродифференциального уравнения, которое сведено к системе уравнений, решаемой методом конечных разностей [1].

$$\left. \begin{aligned} \sum_{k=1}^n p_k (\Delta_{l-k} + \Delta_{l+k-1} - 2 \cos l\vartheta \Delta_{k-1}) &= (r_2 - r_1)(1 - \cos l\vartheta), \\ l &= 1, 2, \dots, n, \\ \text{где} \\ \Delta_k &= F(k+1) - F(k), \quad k \geq 0, \quad \Delta_{-k} = \Delta_{k-1}, \quad k \geq 1, \\ F(k) &= 2(\vartheta_1 r_1 + \vartheta_2 r_2) \left(\sin k\vartheta \ln \operatorname{tg} \frac{k\vartheta}{2} - k\vartheta \right) + \\ &+ (x_1 r_1 + x_2 r_2) \cos k\vartheta + 2\vartheta_1 r_1 k\vartheta \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Считалось, что сжимаемые цилиндры выполнены из одного материала:

$$\vartheta_2 = \vartheta_1, \quad x_2 = x_1, \quad (2)$$

где $\vartheta_1 = \frac{1-\mu^2}{\pi E}$, $x_1 = \frac{(1+\mu)(1-2\mu)}{2E}$, E – модуль упругости и μ – коэффициент Пуассона сжимаемых тел, радиусы отверстия и штифта близки друг к другу $r_1 \approx r_2$.

Функция $F(k)$ в системе (1) выражена как

$$F(k) = 4\vartheta_1 r \sin k\vartheta \ln \operatorname{tg} \frac{k\vartheta}{2} - 2\vartheta_1 r k\vartheta + 2x_1 r \cos k\vartheta, \quad (3)$$

$$F(k) = -2\vartheta_1 r f(k), \quad (4)$$

где

$$f(k) = -2 \sin k\vartheta \ln \operatorname{tg} \frac{k\vartheta}{2} + k\vartheta - c \cos k\vartheta, \quad (5)$$

$$c = \frac{x_1}{\vartheta_1} = \frac{\pi(1-2\mu)}{2(1-\mu)}. \quad (6)$$

Принимаем:

$$\Delta_k = -2\vartheta r \vartheta_k, \quad (7)$$

с учетом (1) и (4) имеем:

$$\delta_k = f(k+1) - f(k), \quad k \geq 0, \quad \delta_{-1} = \delta_{k-1}, \quad k \geq 1. \quad (8)$$

После подстановки (7) в уравнение (1) имеем:

$$\sum_{k=1}^n p_k (2 \cos l\vartheta \delta_{k-1} - \delta_{l-k} - \delta_{l+k-1}) = \frac{\varepsilon}{2\vartheta r} (1 - \cos l\vartheta), \quad \text{где } l=1, 2, \dots, n, \quad \varepsilon = r_2 - r_1. \quad (9)$$

В уравнении (9):

$$p_k = \frac{\varepsilon}{2\vartheta r} q_k, \quad k = 1, 2, \dots, n, \quad (10)$$

после подстановки получают уравнения:

$$\sum_{k=1}^n q_k (2 \cos l\vartheta \delta_{k-1} - \delta_{l-k} - \delta_{l+k-1}) = 1 - \cos l\vartheta, \quad l=1, 2, \dots, n, \quad (11)$$

после чего определяются q_1, q_2, \dots, q_n и находят по формуле (10) p_1, p_2, \dots, p_n .

Такая же задача рассматривается в работе [2], в которой обобщены ранее полученные результаты и установлено интегральное сингулярное уравнение для определения контактных давлений, а его решение представлено в виде зависимостей:

$$p(\varphi) = \frac{P_0}{\pi * R} \left[\frac{\sqrt{\varphi_0^2 + 1} - 1}{\varphi_0^2 + 1} * \ln \frac{\sqrt{\varphi_0^2 + 1} - f(\varphi)}{\sqrt{\alpha_0^2 + 1} + \varphi(\alpha)} + \frac{2 * f(\varphi)}{\sqrt{\alpha_0^2 + 1} * (1 + \xi^2)} \right] - \frac{1}{2 * \pi * \sqrt{\varphi_0^2 + 1}} \left(F + \frac{2 * \pi * \varepsilon * E}{(1 + \chi) * (1 + \mu) * R} \right) * \ln \frac{\sqrt{\varphi_0^2 + 1} - f(\varphi)}{\sqrt{\varphi_0^2 + 1} + f(\varphi)}; \quad (12)$$

где

$$f(\varphi) = \sqrt{a_0^2 - \xi^2}; \quad a_0 = \operatorname{tg} \frac{\alpha_0}{2}; \quad \xi = \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2};$$

$$F = \frac{2 * P_0 * \left\{ a_0^2 + (\sqrt{\alpha_0^2 + 1} - 1) * [2 - \ln(\alpha_0^2 + 1)] \right\}}{\sqrt{\alpha_0^2 + 1} [2 - \ln(\varphi_0^2 + 1)] * r} + \frac{2 * E * \pi * \varepsilon \left[2 * (\sqrt{\alpha_0^2 + 1} - 1) + \ln(\alpha_0^2 + 1) \right]}{(1 + \chi) * (1 + \mu) * [2 - \ln(\varphi_0^2 + 1)] * r}. \quad (13)$$

Для одинаковых материалов болта обобщенное решение дают следующие зависимости для угла контакта $2\varphi_0$ и коэффициента $K_{r\max}$:

$$\frac{P}{\varepsilon E} \frac{(1+\chi)(1+\mu)}{4\pi} = -\frac{a_0^2(a_0^2+1)}{2a_0^4 + \ln(a_0^2+1) - 2}; \quad (14)$$

$$K_{r\max} = A_1 - A_2 \left[A_3 + \frac{\varepsilon E}{P} \frac{2\pi}{(1+\chi)(1+\mu)} \right], \quad (15)$$

где $a_0 = \operatorname{tg} \frac{\varphi_0}{2}$;

$$A_1 = \frac{\sqrt{a_0^2+1}-1}{a_0^2+1} \ln \frac{\sqrt{a_0^2+1}-a_0}{\sqrt{a_0^2+1}+a_0} + \frac{2a_0}{\sqrt{a_0^2+1}};$$

$$A_2 = \frac{1}{2 - \ln(a_0^2+1)} \ln \frac{\sqrt{a_0^2+1}-a_0}{\sqrt{a_0^2+1}+a_0};$$

$$A_3 = \frac{a_0^2 + (\sqrt{a_0^2+1}-1)[2 - \ln(a_0^2+1)]}{a_0^2+1}.$$

Ниже на рис. 2 приведены зависимости $\varphi_0 = f(P/\varepsilon E)$ [3] по [1] и [2], где кривые 1 и 2 при $\nu = 0,3$ (соответственно 1 – для плоской деформации и 2 – обобщенного плоского напряженного состояния); 3 – по данным, установленным в работе [8], в результате приближенного решения уравнения для случая абсолютно жесткого диска и $\nu = 0,3$ (обобщенное плоское напряженное состояние); 4 – по данным [1], установленным в результате приближенного решения задачи для случая одинаковых материалов и $\nu = 0,3$, но при симметричном нагружении давящего диска по отношению к оси Oy .

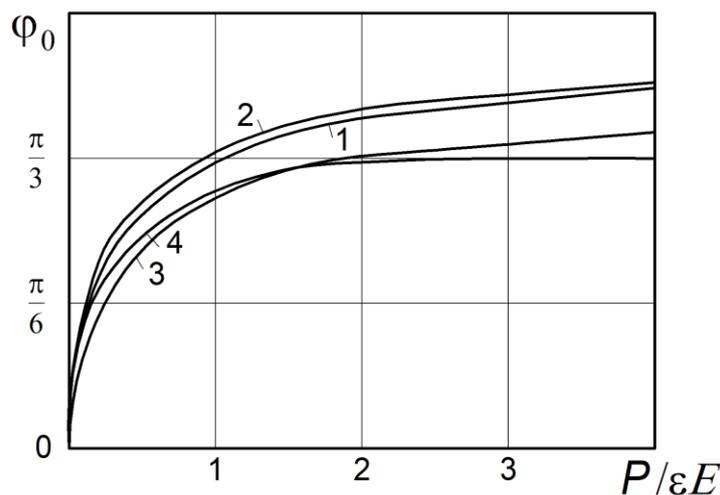


Рис. 2. Зависимости угла контакта φ_0 от параметра $P/\varepsilon E$

На рис. 3 показана зависимость $K_{r \max} = f(\varphi_0)$, 1 – решение по [2] и 2 – решение по [1].

Решение по [2] определяет наибольший угол контакта и составляет $\varphi_0 = 85^\circ$, а решение по [1] – $\varphi_0 = 60^\circ$. Расхождение сказывается на $K_{r \max}$ (рис. 3).

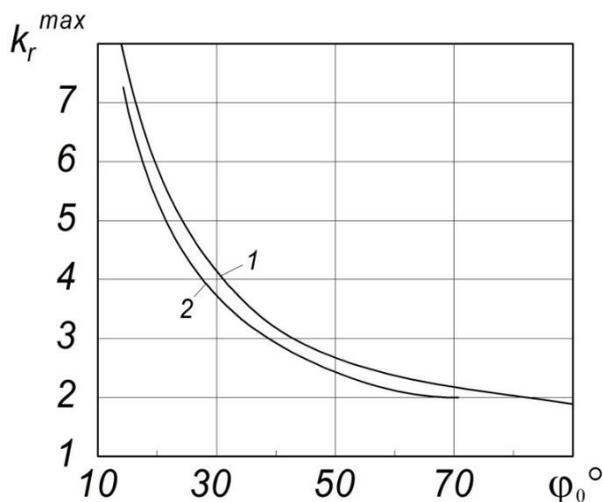


Рис. 3. Зависимости коэффициентов концентрации напряжений по обобщенному уравнению [1] и уравнению [2] в зависимости от угла контакта $K_{r \max} = f(\varphi_0)$

Для системы (1) составлена программа в среде программирования *Delphi*, описывающая распределение контактных давлений. Приводятся результаты при следующих данных $P = 200$ н/м, – сила, приложенная к центру сечения установленного штифта, $\varepsilon = r_2 - r_1$ $E = 2 \cdot 10^5$ мПа, $\mu = 0,3$, $n = 13, 26, 52, \dots 6656$ – количество разбиений эпюры контактного взаимодействия. Полученные результаты проэкстраполированы.

Выражения (12), (13) с учетом (14) и (15) реализуются в программном пакете Microsoft Excel. В целом решения по [1] и [2] были реализованы в численном виде при одних и тех же начальных условиях. Полученные результаты величин контактных давлений по [1] и [2] приведены в графиках на рис. 4.

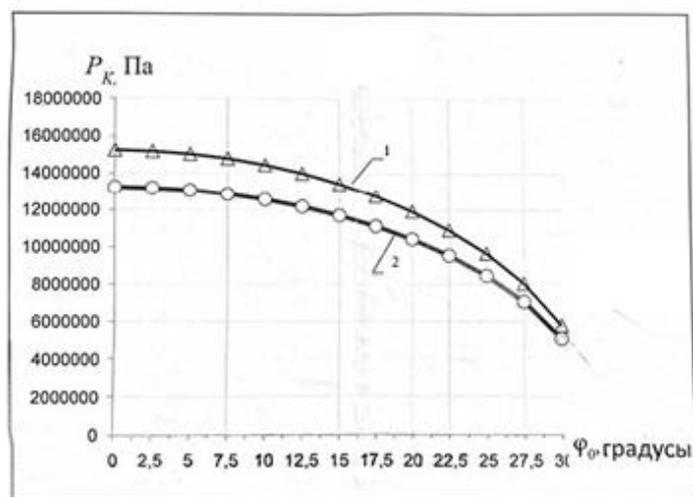


Рис. 4. Изменения контактных давлений на контуре отверстия в пластине при нагружении радиальной силой $P = 200$ н/мм

Выводы

Проанализированы результаты полученных теоретических исследований контактных давлений на контурах крепежных отверстий в диске рабочего колеса ротора центробежного вентилятора:

1. Результаты экстраполяции по [1] и [2] показали, что числовые значения расходятся в среднем на 13%.

2. В случае упругого штифта область контакта больше, чем для случая штифта такого же радиуса, но абсолютно жесткого. При большей жесткости давящего штифта в области контакта возникают большие максимальные напряжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Штаерман И.Я. Контактная задача теории упругости. М.-Л., Гостехиздат, 1949.
2. Панасюк В.В., Теплый М.И. Определение контактных напряжений при внутреннем соприкосновении цилиндрических тел. – «Прикладная механика», 1971, т. VII, вып. 4, с. 3–8.
3. Сухарев И.П. Прочность шарнирных узлов машин. М., «Машиностроение», 1977. 167 с.
4. Каландия А.И. К контактным задачам теории упругости. «ГПМ», 1957. Т. XXI, вып. 3, с. 389–398.
5. Ромалис Б.Л. Распределения давлений при внутреннем контакте упругих круговых цилиндров. «Вестник машиностроения», 1958, № 12, с. 13–15.
6. Шереметьев М.П. Решение уравнений некоторых контактных задач теории упругости. В кн.: Проблемы механики сплошной среды. Изд. АН СССР. М., 1961. С. 508–526.
7. Nisida M. and Saito H. Stress Distributions in a seminfinite Plate Due to a Pin Determined by Interferometric Method, “Exp. Mech.” May, 1966.
8. Панасюк В. В. Контактная задача для кругового отверстия. Сб. «Вопросы машиноведения и прочности в машиностроении», т. 3, в. 2. К., изд-во АН УССР, 1954.

ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА НА КОНЦЕНТРАЦИЮ НАПРЯЖЕНИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦИЙ

Аннотация. Представлены результаты исследования напряженно-деформированного состояния стержней с выточками, выполненных из разных материалов (13Х11Н2В2МФ, ЖС6К, ХН77ТЮ, ВТ6) при растягивающей нагрузке.

Ключевые слова: концентрация напряжений; пластические деформации; стержень с выточкой; метод конечных элементов.

Большой практический и научный интерес представляет изучение напряженно-деформированного состояния элементов конструкций с концентратором напряжений [1] (стержней с выточками).

С целью получения сравнительных данных проведен расчет распределения напряжений в стержнях с выточками (рис. 1), выполненных из разных материалов при возникновении упругопластических деформаций.

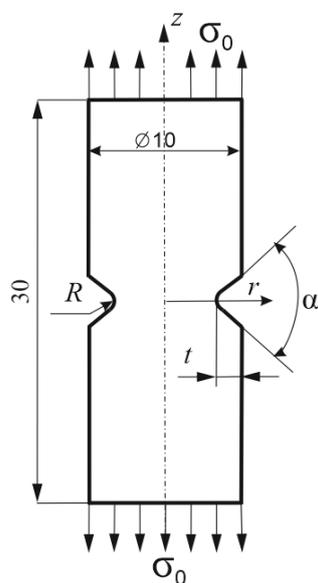


Рис. 1. Геометрическая модель стержня с полукруглым концентратором

Были рассмотрены образцы с глубиной выточки $t = 0,915$ мм, радиусом впадины $R = (0,1...0,5)$ мм и углом раствора $\alpha = 60^\circ$ (рис. 1), выполненные из

материалов 13X11H2B2MФ, ЖС6К, ХН77ТЮР и ВТ6. Механические свойства выбранных материалов при комнатной температуре приведены в таблице 1.

Таблица 1

Механические характеристики материалов

Материал	$E \cdot 10^{-5}$, МПа	ν	σ_T , МПа	$\sigma_{нч}$, МПа
13X11H2B2MФ	2,15	0,32	850	950
ЖС6К	1,75	0,32	840	1020
ХН77ТЮР	2,1	0,32	700	1080
ВТ6	1,15	0,32	850	1150

Материал 13X11H2B2MФ – жаропрочная сталь, способная работать в нагруженном состоянии при высоких температурах в течение длительного времени и обладает при этом достаточной жаростойкостью. Данную сталь используют для производства деталей компрессора (диски, лопатки), сварных деталей и пружин, работающих в топливе и масле.

Материал ЖС6К – литейный сплав, легированный хромом (12%), молибденом (4%), титаном (3%), алюминием, кобальтом, вольфрамом (по 5%), железом (2%). Материал используют при изготовлении сопловых и рабочих лопаток турбин и цельнолитых роторов.

ХН77ТЮР (ЭИ437Б) – жаропрочный деформируемый сплав. Используют для дисков, лопаток и других нагруженных деталей турбин.

Материал ВТ6 – деформируемый титановый сплав. Деформируется в подогретом состоянии. Используют для производства корпусных деталей компрессоров и турбин. Модуль упругости титановых сплавов примерно в 2 раза меньше, чем у стали, что ограничивает возможность их использования для изготовления жестких конструкций [2].

В силу геометрической симметрии стержня в качестве расчетной схемы для одноосного растяжения выбрана 1/4 часть стержня. На рисунке 2, а приведена расчетная схема для одноосного растяжения стержня нагрузкой σ_0 .

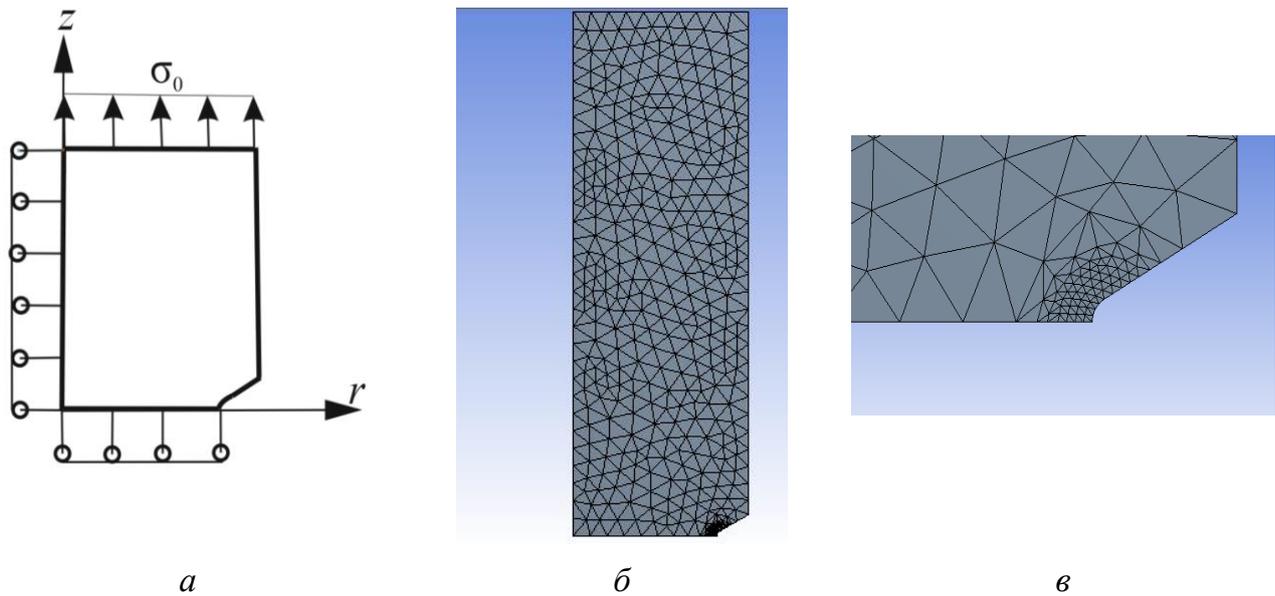


Рис. 2. Расчетная схема для стержня (а) и сеточный аналог для стержня: б – рабочая часть стержня, в – сетка в зоне концентратора

Численное решение выполнено методом конечных элементов при помощи программно-вычислительного комплекса ANSYS в осесимметричной постановке с учетом нелинейного поведения материала [3].

Для получения точных результатов применяем неравномерное разбиение на конечные элементы в зоне концентратора. На рисунке 2, б показан сеточный аналог рабочей части стержня. Видно, что в зоне концентратора напряжений производилось сгущение сетки (рис.2, в).

В качестве примера представлено распределение напряжений в стержне с $R = 0,1$ мм, $t = 0,915$ мм, $\alpha = 60^\circ$ при нагрузке $\sigma_0 = 200$ МПа, выполненного из титанового сплава ВТ6.

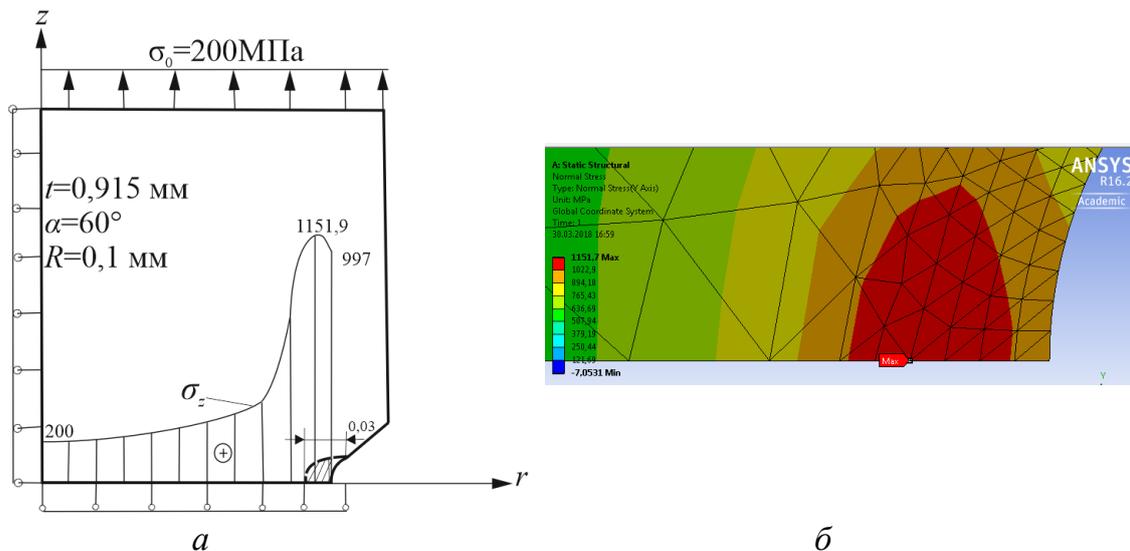


Рис. 3. Эпюра распределения осевых напряжений σ_z в опасном сечении стержня (а) и поля распределения осевых напряжений σ_z в программном комплексе ANSYS

Выявлено, что с развитием деформаций пластичности в области концентрации напряжений происходит некоторое смещение максимума нормальных напряжений σ_z вглубь стержня и выравнивание их по сечению. Максимум осевых напряжений σ_z достигает значения 1151,9 МПа и смещается от впадины выточки к оси стержня на глубину порядка 0,03 мм, во впадине выточки возникают напряжения $\sigma_z = 997$ МПа. Штриховыми линиями показана зона распределения пластических деформаций и сосредоточена в зоне концентрации напряжений. По мере удаления вглубь тела напряжения снижаются и достигают значения 200 МПа [1].

Проанализировав полученные данные, произведен расчет коэффициента концентрации напряжения. Коэффициент концентрации напряжений определяют как отношение максимального растягивающего напряжения σ_z к приложенной нагрузке:

$$\alpha_\sigma = \frac{\sigma_{z \max}}{\sigma_0} = \frac{997}{200} = 4,99 . \quad (1)$$

Произведен расчет распределения напряжений в стержнях из выбранных материалов при нагрузке 250 МПа. Кривые 1-4 на рисунке 4 иллюстрируют изменение коэффициента концентрации напряжений от отношения r/t .

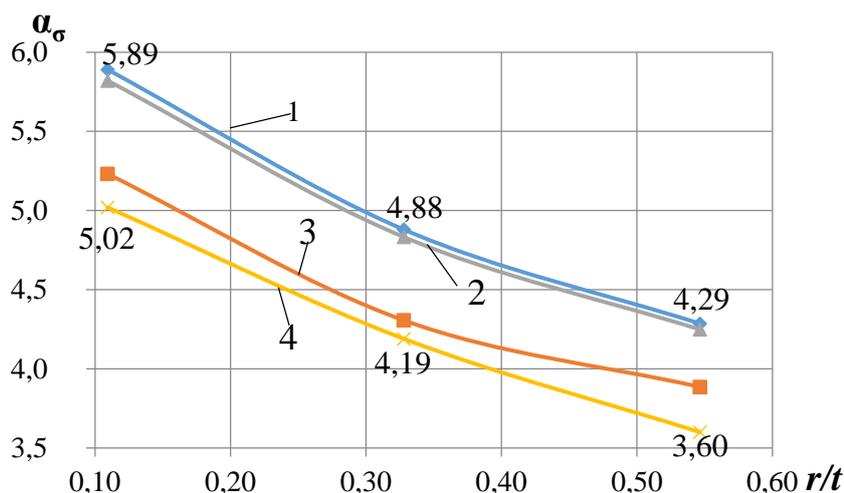


Рис. 4. Изменение коэффициента концентрации напряжений α_σ от r/t при $t = 0,915$ мм, $\alpha = 60^\circ$:
 1 – 13X11H2B2MФ; 2 – ЖС6К; 3 – ХН77ТЮР; 4 – ВТ6

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что материал оказывает существенное влияние на величину коэффициента концентрации напряжения при упругопластических деформациях. Коэффициент α_σ достигает максимального значения 5,89 при $r/t = 0,11$ в стержне, выполненного из материала 13X11H2B2MФ (предел текучести $\sigma_T = 850$ МПа). Наименьшее значение коэффициента α_σ выявлено у стержня, выполненного из материала ВТ6 (предел текучести $\sigma_T = 850$ МПа) 3,6 при $r/t = 0,55$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мавлютов, Р.Р. Концентрация напряжений в элементах конструкций. Москва: Наука, 1996. 240 с.
2. Харитонов В. Ф. Материалы деталей авиационных газотурбинных двигателей. Уфа: УГАТУ, 2004. .38 с.
3. Жернаков, В. С. Сопротивление материалов - механика материалов и конструкций. – Уфа: УГАТУ, 2012. 495 с.

С. А. ПОТАПОВ, Р. У. БАЙМУРАТОВ

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Б. А. БЕЛЯЕВ, ст. преп. Р. И. АХМЕТШИН

Уфимский государственный авиационный технический университет

ОЦЕНКА ДОЛГОВЕЧНОСТИ РАБОЧЕГО КОЛЕСА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАГНЕТАТЕЛЯ ПРИ МАЛОЦИКЛОВОМ НАГРУЖЕНИИ

Аннотация. В статье приводится оценка долговечности рабочего колеса центробежного нагнетателя транспортного средства на воздушной подушке при малоцикловом усталостном нагружении при этом переменная амплитуда напряжений в дисках колеса в местах крепления лопаток может превышать предел пропорциональности. В основу расчета положено уравнение кривой универсальных наклонов Мэнсона. По данным упругого расчета номинальных напряжений и местных напряжений около крепежных отверстий в дисках для лопаток размах полных деформаций определяется по упругопластическим значениям, по Нейберу. Приводится пример расчета числа циклов нагружения ротора.

Ключевые слова: диск; малоцикловая усталость; долговечность; концентрация напряжений.

При эксплуатации большинство деталей машин работает определенными циклами, общее число циклов может меняться от 10–100 для стационарных установок до 10^2 – 10^5 и более для транспортных машин, грузоподъемных устройств и др. Разрушение деталей при сравнительно небольшом числе циклов (10^2 – 10^5) называют разрушением при малоцикловой усталости. При малом числе циклов амплитуда напряжений может превосходить предел пропорциональности, и при повторных разгрузках и нагрузках зависимость между напряжениями и деформациями принимает вид петель гистерезиса (упругопластического деформирования) с размахом – шириной петли –пластической деформации $\Delta\varepsilon_p$ рис. 1.

При умеренных нагрузках петли деформирования прирабатываются после чего стабилизируются. Правильное сочетание прочностных и пластических характеристик материалов обеспечивает повышение малоцикловой прочности, также разработка конструкций с невысокими коэффициентами концентрации напряжений. Малоцикловую прочность оценивают по экспериментальным зависимостям амплитуды напряжений δ_σ или деформацией ε_σ от числа циклов N до разрушения.

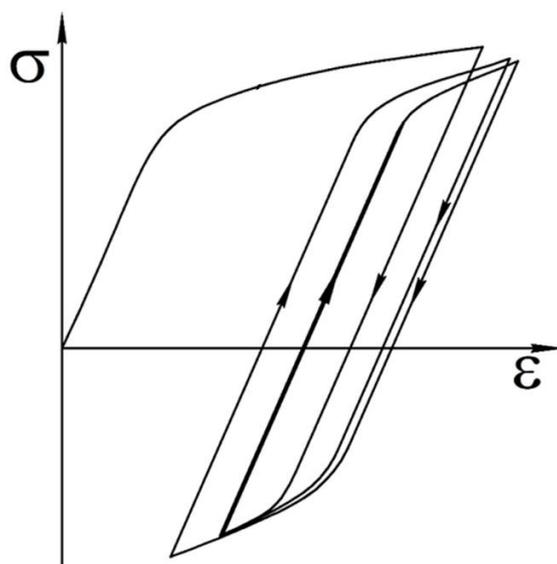


Рис. 1. Петли гистерезиса при повторном упругопластическом деформировании

При проведении прочностного расчета изделия, например, ротора центробежного нагнетателя на стадии проектирования заключительным этапом является определение его долговечности. Окончательный же ресурс назначается с учетом результатов натурных испытаний.

Так как с точки зрения разрушения рабочего колеса нагнетателя наиболее опасным местом в нем является покрывной диск, в местах крепежных отверстий для лопаток, в которых происходят необратимые деформационные изменения пластичности, приводящие к накоплению повреждений и как следствие к разрушению, то расчет, который бы учитывал эти факторы, основывается на соотношениях теории течения и кинетических уравнениях повреждаемости. Однако, такие расчеты весьма трудоемки, сложны и требуют значительного машинного времени.

Опыт эксплуатации нагнетателей указывает на имеющиеся случаи из-за малоциклового усталости, начинающиеся с мест концентрации напряжений – крепежных отверстий в дисках для лопаток [5, 6], то число циклов до разрушения « N » можно найти по имеющимся экспериментальным кривым усталости, или же для этой цели использовать уравнение кривой универсальных наклонов Мэнсона:

$$\Delta\varepsilon_{(n)} = \frac{3,5(\delta_\varepsilon - \delta_{m(n)})}{E} (N^*_{(n)})^{-0,12} + \left(\ln \frac{1}{1+\psi} \right)^{0,6} (N^*_{(n)})^{-0,6}, \quad (1)$$

где $\Delta\varepsilon_{(n)}$ – размах полных деформаций в n -м цикле; σ_ε – предел прочности материала; $\sigma_{m(n)}$ – среднее напряжение n -го цикла; E – модуль упругости материала; ψ – коэффициент поперечного сужения образца.

Для использования уравнения [1] определяется характеристика цикла упругопластического деформирования в расчетной точке конструкции по имеющимся данным упругого расчета номинального и местного н. д. с. дисков рабочих колес. Размах полных деформаций определяется по упругопластическим значениям $\sigma^* = f(\varepsilon^*)$ (рис. 2). Упругопластические значения напряжений σ^* и деформаций ε^* определяются по Нейберу [6], которая связывает коэффициенты концентрации напряжений K_σ и деформаций K_ε с упругим коэффициентом концентрации K_α :

$$K_\sigma \cdot K_\varepsilon = K_\alpha^2 \quad (2)$$

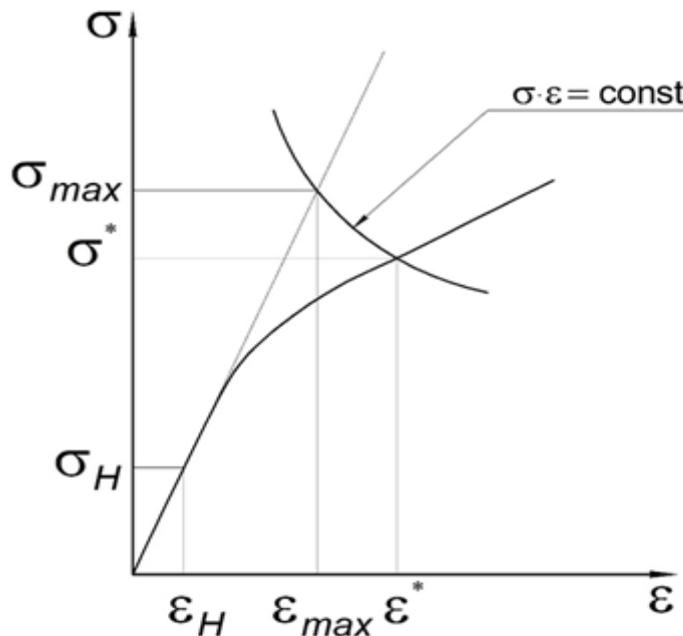


Рис. 2. К определению максимальных напряжений около концентратора (крепёжного отверстия) при упругопластическом напряженном состоянии по кривой деформирования

Теоретический коэффициент концентрации напряжений K_α находится из решения задачи МКЭ рассматриваемой конструкции.

Зависимость (2) можно записать:

$$\sigma^* = K_\alpha^2 \frac{\sigma_H \cdot \varepsilon_H}{\varepsilon^*} = C = const \quad (3)$$

На плоскости координат σ – ε уравнением (3) задается гипербола $\sigma\varepsilon = const$, точка пересечения которой с кривой формирования определяет действительные значения пластических напряжений и деформаций и концентратора при упругопластическом деформировании. Получив σ^* и ε^* , находятся K_σ и K_ε .

Для нахождения σ^* и ε^* можно применить метод переменных параметров упругости при известной величине C .

Уравнение (3) представляется в виде:

$$\sigma^* = \sqrt{C \cdot E^*},$$

где E^* – секущий модуль кривой деформирования. Величина σ^* находится из итерационного процесса

$$\sigma^*(k) = \sqrt{C \cdot E^*(k-1)}$$

$$E^*(k-1) = \frac{\sigma(\varepsilon_{(k-1)})}{\varepsilon_{(k-1)}}; \quad \varepsilon_{(k-1)} = \frac{\sigma_{(k-1)}}{E_{(k-2)}}$$

В качестве примера приводится результат расчета проектной долговечности ротора нагнетателя типа ВЦП-16. Исходными данными являются кривая деформирования материала рабочего колеса, т.е. $\sigma = f(\varepsilon)$ для ДБАТ, характеристики материала: $\sigma_{02} = 280$ Мпа, $\sigma_s = 435$ Мпа, $\psi = 30$ %, $E = 0,65 \cdot 10^5$ Мпа и упругие параметры цикла:

$$\sigma_{\max} = 500 \text{ Мпа}, \quad \sigma_{\min} = 0.$$

При приведенных исходных данных величина долговечности в циклах составляет $N^* = 3,6 \cdot 10^4$, повреждаемость же при этом за один цикл составляет

$$P_{\text{ц}} = \frac{1}{N^*} = 2,761 \cdot 10^{-5}.$$

Запас по долговечности n принимаем равным $n = 3$, тогда рабочее число циклов составит для рабочего колеса вентилятора $N = \frac{N^*}{n} \cong 12000$. Принимаем, что ТСВП за сутки совершает 10 запусков и остановов, т.е. рабочее колесо совершает 10 циклов работы, за год $N_r = 10 \cdot T = 10 \cdot 306 = 3060$ циклов. Отсюда получается, что приблизительно при четырехгодичной эксплуатации рабочее колесо вентилятора выработает свой ресурс.

Учитывая, что повышенная концентрация напряжений существенно сказывается и снижает долговечность нагнетательных рабочих колес вентиляторов, то мероприятия по снижению концентрации напряжений имеют первостепенное значение при проектировании рабочих колес вентиляторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демьянушко И.В., Темис Ю.М. Определение циклической долговечности при проектировании ротора ГТД. Проблемы прочности и динамики в авиадвигателестроении. Выпуск 2, Труды ЦИАМ № 996, 1982.
2. Каримбаев Т.Д., Беляев Б.А., Гариков Л.Р. Экспериментальные исследования напряженного состояния рабочих колес центробежных вентиляторов с лопатками из стеклопластика. В кн. Концентрация напряжений в элементах авиационных двигателей. Межвузовский научный сборник. Вып. 1. Уфа, УАИ, 1979. С. 147.
3. В.П. Кочаев, И.А. Махутов, А.П. Гусенков. Расчеты двигателей машин и конструкций на прочность и долговечность.
4. Р.Р. Мавлютов. Концентрация напряжений в элементах авиационных конструкций. Изд-во «Наука», Москва, 1981.
5. Брук А.Д., Матикашвили Т.Д., Невельсон М.И., Раер Г.А., Соломахова Т.С., Юдин Е.Я. Центробежные вентиляторы. Москва, Машиностроение, 1975.
6. Neuber H. Theory of stress concentration for shear strains of prismatical bodies with arbitrary nonlinear stress law – J. of appl. Mech., 1961, vol. 28, № 4.

СЕКЦИЯ 1.5
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРИКЛАДНОЙ МЕХАНИКИ

УДК 621

Г. А. ВАГАПОВА, И. Ф. АЕТБАЕВА

guzaliya.vagapova.01@mail.ru, iluza_02@mail.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. В. К. ИТБАЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ПРОЧНОСТНОЙ РАСЧЕТ ВАРИАНТОВ
СИЛЬФОНОВ КОМПЕНСАТОРОВ

Аннотация. Приведены результаты прочностного расчета вариантов сильфонных компенсаторов Ду36, Ду56, Ду92. В статье изложены: методика определения параметров сильфонов по срединной поверхности каждого слоя; сведения по расчету циклопрочности сильфонов и алгоритм расчета; алгоритмы расчета жесткостей давлений потери устойчивости и начала пластической деформации гофров.

Ключевые слова: сильфон, сильфонный компенсаторы, гофр, параметр Ларсена-Миллера, критическая скорость потока, давление потери устойчивости.

Сильфонный компенсатор – специальная конструкция [1], которая используется при проектировании и создании трубопроводов любого назначения. Сильфонный компенсатор состоит из сильфона и арматуры. Компенсатор способен поглощать или уравнивать относительные движения определенной величины и частоты колебаний, возникающие в герметично соединяемых конструкциях, и проводить в этих условиях пар, жидкости и газы. Широко применяется в таких сферах, как:

1. строительство отопительной системы в жилых и производственных помещениях;
2. транспортировка нефти и нефтепродуктов, а также газа под высоким давлением.

При возникновении специфического воздействия на трубопровод (изменение температуры транспортируемой жидкости или окружающей среды, изменение погодных условий и т.д.) стальная гофра, которая состоит из множества витков, приходит в движение и изменяет свою положение (растягивается

или сужается), тем самым перераспределяя импульс и смягчая последствия воздействия извне.

Все сильфонные компенсаторы проходят жесткий контроль при изготовлении и соответствуют ГОСТу 32935-2014, который регулирует геометрию и размеры гофров, жесткость, количество витков и качество материала, из которого следует изготавливать деталь.

При проектировании следует учитывать условия эксплуатации, а так же показатели рабочих и критических температур, чтобы установить компенсирующие устройства в наиболее уязвимых местах тепловой сети, тем самым снизить риск возникновения прорывов.

При необходимости компенсатор следует оборудовать специальным защитным кожухом или изолировать от остальных частей конструкции, чтобы предотвратить негативное воздействие окружающей среды и увеличение критериев выбора и рабочего функционала.

Главная миссия сильфонного компенсатора - стать своеобразным амортизатором трубопровода и распределить полученное извне воздействие по всей системе так, чтобы избежать возникновения поломок. При выборе этой незаменимой детали требуется определить следующие моменты: способ соединения (фланцевый, приварной или резьбовой), размер гофры (количество витков), область смещения.

Правильно подобранный компенсатор поможет избежать неприятных ситуаций, и сведет к минимуму проведение ремонтных работ на участках, где сложнее всего отследить частоту возникновения неисправностей.

Рассмотрим расчет сильфонных компенсаторов с Ду 36, 56, 92, где Ду - внутренний диаметр в мм. Для изготовления сильфонов выбраны сталь 12Х18Н10Т и алюминий - магниевый сплав Амгб. Основными критериями предельных состояний компенсаторов являются:

1. Циклопрочность (кол-во циклов до разрушения)
2. Давление общей потери устойчивости (прогиб оси сильфона)
3. Давление местной потери устойчивости (начало пластической деформации гофров)

4. Колебания, вызванные потоком рабочей среды

Определяем параметры наружного слоя сальфона: условный диаметр наружного слоя, радиус наружного закругления гофра, высота гофров, толщина стенок гофра постоянна. Параметры других слоев определяли вычитанием толщин слоев.

Таблица 1

Геометрические параметры профиля гофра сальфонов

Сильфон	Слой сальфона	Параметры отдельных слоев профиля гофра						Толщина слоя s_0 , мм	Материал
		d_y , мм	d , мм	h , мм	t , мм	r , мм	r_1 , мм		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ду 36	Третий	37	48	5,5	5,1	0,8	1,75	0,2	AMr6
	Второй	36,6	47,6	5,5	5,1	1,2	1,35	0,2	AMr6
	Первый	36	47,2	5,6	5,1	1,2	1,35	0,3	AMr6
Ду 56	Четвертый	57,2	75	8,9	6,5	1,0	2,25	0,2 0,2	AMr6 12X18H10T
		57,4	75	8,8	6,5	1,0	2,25	0,2 0,2	AMr6 12X18H10T
	Третий	56,8	74,6	8,9	6,5	1,2	2,05	0,2 0,2	AMr6 12X18H10T
		57	74,6	8,8	6,5	1,2	2,05	0,2 0,2	AMr6 12X18H10T
	Второй	56,4	74,2	8,9	6,5	1,2	2,05	0,2 0,2	AMr6 12X18H10T
		56,6	74,2	8,8	6,5	1,4	1,85	0,2 0,2	AMr6 12X18H10T
	Первый	56	73,8	8,9	6,5	1,6	1,65	0,2 0,2	AMr6 AMr6
		56	73,8	8,9	6,5	1,6	1,65	0,3 0,3	AMr6 AMr6
Ду 92	Четвертый	93,8	120	13,1	12,5	2,55	3,1	0,3 0,3	AMr6 12X18H10T
		94	120	13	12,5	2,55	3,7	0,3 0,3	AMr6 12X18H10T
	Третий	93,2	119,4	13,1	12,5	2,85	3,4	0,3 0,3	AMr6 12X18H10T
		93,4	119,4	13	12,5	2,85	3,4	0,3 0,3	AMr6 12X18H10T
	Второй	92,6	118,8	13,1	12,5	3,15	3,1	0,3 0,3	AMr6 12X18H10T
		92,8	118,8	13	12,5	3,15	3,1	0,3 0,3	AMr6 12X18H10T
	Первый	92	118,8	13,1	2,5	3,45	2,8	0,3 0,3	AMr6 AMr6
		92	118,8	13,1	2,5	3,45	2,8	0,4 0,4	AMr6 AMr6

По все эти параметрам строится полугофр сальфона, снимаются координаты в радиальном и осевом направлениях срединной линии для каждого узла в меридиональном сечении

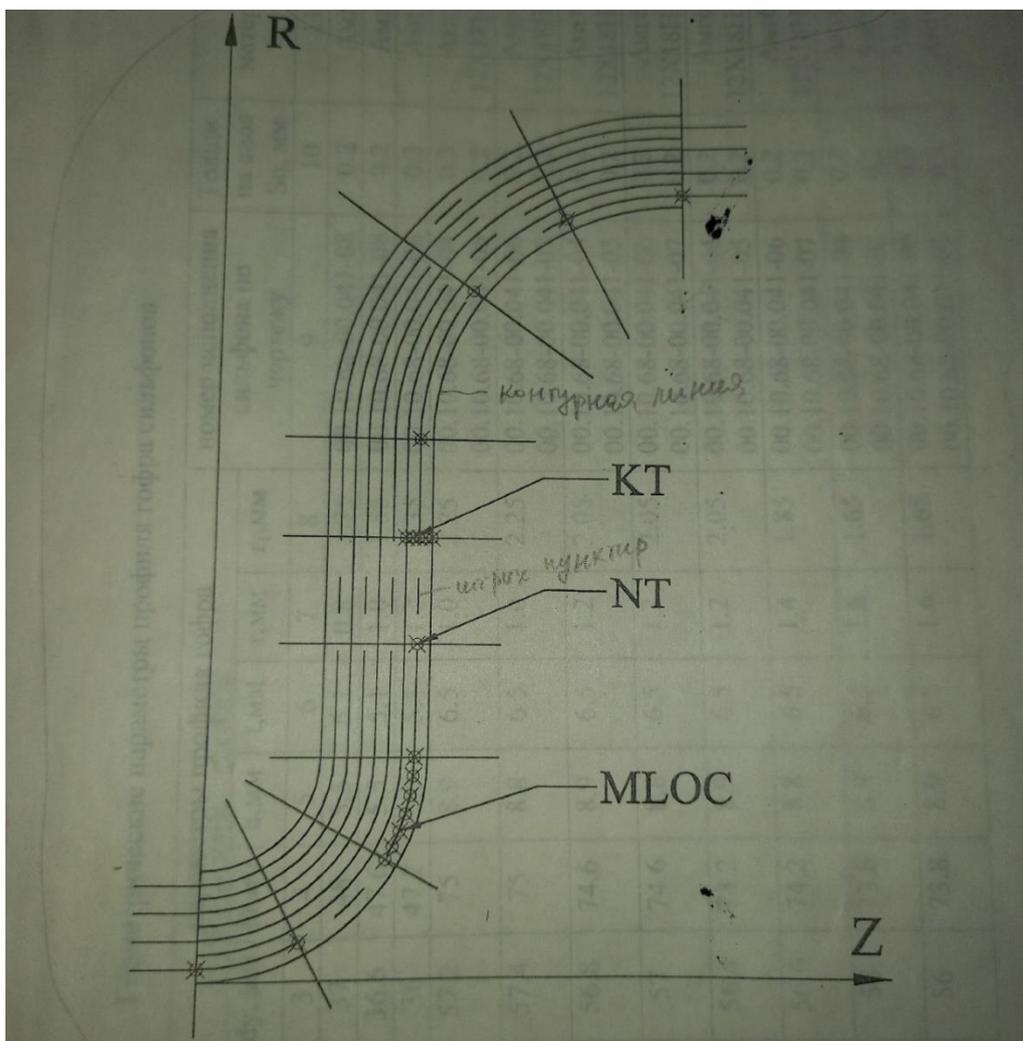


Рис. 1. Профиль полугофра сальфона в меридианальном сечении

КТ – количество точек по толщине;

NT – количество узлов по меридиану;

MLOC – количество разбиений отрезка между узлами.

Для расчета используются уравнения, описывающие напряженно-деформированное состояние (НДС) и прочность сальфона при циклическом упругопластическом нагружении.

Для описания обобщенной циклической диаграммы деформирования использован обобщенный принцип Мазинга. В качестве критерия разрушения используется деформационно-кинетический критерий

$$d_{уст} + d_{ст} = 1 \quad (1)$$

При жестком нагружении одностороннее накопление деформации практически отсутствует, поэтому кривая усталости аппроксимируется выражением типа Лэнджера:

$$N_i(t) = \left(\frac{c(t)}{E^{(k)}_{u\max} \frac{\sigma-1}{3G(t)}} \right)^2, \quad (2)$$

Диаграмма строится на основе испытаний образцов на длительную статическую прочность.

Первая группа разрешающих уравнений- это уравнение равновесия элемента оболочки.

Вторая группа - соотношение связи перемещений и деформаций срединной поверхности оболочки. Для этого используются гипотезы Кирхгофа- Лява

Третья группа- связь между внутренними усилиями и деформацией срединной поверхности

Для соотношения напряжений и деформаций за пределом упругости используется МППУ Биргера. Все три группы образуют систему восьми обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка в полных производных для винтообразной оболочки.

Для кольцевой оболочки используется система шести уравнений.

Долговечность сальфона определяется по долговечности слоя с наименьшим значением числа циклов до разрушения.

Методика расчета на циклопрочность:

Для расчета нужны: механические свойства материалов сальфона, геометрия оболочки, нагрузки - граничные условия, температура нагружения, специальные идентификаторы, величина сходимости для МППУ.

При малом цикловом нагружении телефонов задача определения напряжения и деформации сводится к решению нелинейной краевой задачи но система обыкновенных дифференциальных уравнений. После ввода данных определяется значение параметра Ламме и радиусов кривизны в узлах разноостной сетки. После определяем матрицу коэффициентов разрешающей, вычисляем

деформацию срединной поверхности, деформации и напряжения во всей оболочке и значение интенсивности напряжения и деформации. Теперь превышен предел текучести производится коррекция переменных параметров упругости для всех точек оболочки. Если разница между краевой задачей и диаграммными напряжением превышает величину сходимости, то все расчеты начинаются с определения жесткостных новых коэффициентов, пока МППУ не сойдется. При получении четного полуцикла, повторяем все вычисления до получения нечетного полуцикла.

Устойчивость определяет путем замера искривленной оси при подаче внутреннего давления.

$$\text{Критическое давление: } p_{\text{кр}} = \frac{1}{2} \frac{\pi^2 b^3 P^* t}{L^2} * m$$

$$\text{Осевая жесткость: } C_{\text{осев}} = \frac{\pi * b^3 P}{n_{\Gamma}} * m$$

$$\text{Изгибная жесткость: } (EI)_0 = \frac{\pi * b^3 * P^* t}{2} * m$$

Эксплуатационная надежность зависит от правильного и обоснованного назначения рабочего давления. Критерий достижения предельного состояния гофрированной оболочки: формула. Для сильфонов Ду56, Ду 92 $p_{\text{кр}}$ больше давления гидроудара, т.е. сильфоны не теряют устойчивость под действием внутреннего давления.

При протекании в сильфонах рабочей среды с большой скоростью возникают продольные резонансные колебания гофров. колебания начинается с 1 формы и возникают последовательно по всем остальным гармоникам [2], [3]. Все результаты расчетов сильфона можно увидеть в таблице при сопоставлении критических и фактических скоростей мы видим, что режимы течения с резонансными продольными колебаниями гофров для всех сильфонов отсутствует. Наиболее подвержен резонансному разрушению может быть сильфон Ду92 при увеличении фактической скорости до критической.

По окончании испытаний пришли к следующим выводам: прочностные характеристики Al- Mg сплавов повышаются в результате холодной нагартовки,

при этом понижается пластичность и повышается коррозионная стойкость. Расчет давлений потери устойчивости показал, что у сильфонов значения $R_{кр}$ и $R_{деф}$ превышают величину при гидроударе. Сравнение расчетных значений скоростей потока, при которых возможно возникновение продольных колебаний гофров, со скоростями течения рабочей среды показало, что режимы течения с резонансными продольными колебаниями гофров для всех сильфонов отсутствуют.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусенков А.П., Лукин Б.Ю., Шустов В.С.. Сильфонные компенсаторы // Унифицированные гибкие элементы трубопроводов: Справочное пособие.1998. С. 57-68.
2. Итбаев В.К., Карасев С.В., Мухамадеев В.Р. Исследования влияния основных эксплуатационных факторов и конструктивных параметров на собственные частоты поперечных колебаний сильфонных компенсаторов. // Фундаментальные основы механики, 2021 №8. С.46-52.
3. Итбаев В.К., Карасев С.В., Мухамадеев В.Р. Расчет амплитудно-частотных характеристик сильфонных компенсаторов с помощью экспериментальных зависимостей декрементов колебаний // Фундаментальные основы механики, 2021 №8. С.52-57.

А. М. ГАЛИЦЫНА
arina.galitsina@gmail.com

Уфимский государственный авиационный технический университет

О ВЫБОРЕ ПРИВОДА ДВИЖЕНИЯ ПОВОРОТНОГО СОПЛА И СОПЛА РЕВЕРСА ВОДОМЕТНОГО ДВИЖИТЕЛЯ

Аннотация. В данной работе рассмотрены проблемы осуществления привода движения поворотных сопел и сопла реверса стационарных встроенных в корпус судна водометных движителей.

Ключевые слова: стационарный движитель, поворотные сопла и сопло реверса, привод движения.

В ходе долгой истории судостроения возникло несколько принципиально отличающихся друг от друга типов водоходных движителей, самыми популярными из которых являются гребные винты и водометные движители. Для управления судном изменяют направление создаваемого гребным винтом или водометом потока за счет поворота самого движителя или применения дополнительной геометрии. Наиболее распространенным приводом движения дополнительных поворотных сопел и сопла реверса является механический тросовый привод благодаря простоте эксплуатации и ремонта, а также высокому КПД. Однако, передаточное число современных коробок передач с тросовым приводом не превышает 4, что означает непременный рост необходимого усилия на штурвале при увеличении скорости хода или количества пассажиров судна.

Одним из альтернативных решений проблемы сокращения требуемого усилия – является использование гидравлического привода, передаточное число которого может достигать трехзначных чисел. Гидравлические приводы поворота гребных винтов и поворотных сопел и сопла реверса уже существуют, однако известные схемные решения обладают рядом недостатков. Гидросистемы с открытой циркуляцией подразумевает использование гидравлического бака объемом не менее $3 \cdot Q \cdot t$, где Q – расчетная подача насоса, а t – время = 1 с [2]. Такое условие увеличивает габариты и общий вес судна, что в свою очередь

делает данную схему неприменимой к небольшим скоростным пассажирским судам. Схемы с рассмотрением только одного исполнительного двигателя гидропривода могут быть неприменимы к движителям, встроенным в корпус моторных лодок, так как не могут поворачивать поворотные сопла и сопло реверса, находящиеся на расстоянии друг от друга [3].

Таким образом, для обеспечения маневренности судна со стационарными встроенными в корпус водоходными движителями, например, водометами, необходимо использование одного или нескольких поворотных сопел и сопла реверса. При выборе привода их движения следует учитывать необходимость быстрого действия системы управления судном для обеспечения маневренности на высоких скоростях движения, а также снижение необходимого усилия на штурвале при увеличении скорости хода и загруженности судна. Для обеспечения высокого передаточного числа привода поворотных сопел и сопла реверса в сочетании с быстрым действием и компактностью системы может быть использован гидравлический привод с замкнутой системой циркуляции и несколькими исполнительными двигателями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент RU №2751366, МПК В63Н 11/00, опубл. 2021 г.
2. Патент RU №2216479, МПК В63Н 23/08, опубл. 2003 г.
3. Заявка RU №94008700, МПК В63Н 25/00, опубл. 1996 г.
4. Патент США №10969787, МПК В63Н 21/21, В63Н 25/42, В63Н 25/06 и др., опубл. 2018 г.
5. Патент RU №183033, МПК В63Н 25/30, опубл. 2018 г.
6. Заявка на изобретение № 2021119287, опубл. 2021 г.

А. М. ГАЛИЦЫНА
arina.galitsina@gmail.com

Уфимский государственный авиационный технический университет

ЦЕЛЕПОЛАГАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИИ ДНИЩА НА ХОДОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА

Аннотация. В данной работе определены цели и задачи проведения исследований влияния количества и геометрических параметров дополнительных геометрий днища корпусов судов с точки зрения снижения общего сопротивления ходу судна и повышения энергоэффективности двигателя.

Ключевые слова: сопротивление корпуса, дополнительная геометрия, маломерное судно.

Несмотря на многовековую историю судостроения, не существует универсальной инженерной методики расчета геометрических параметров корпуса для обеспечения требуемых маневренности, остойчивости, всхожести на волну и грузоподъемности в сочетании с энергоэффективностью. Основные потери мощности двигателя судна теряются на преодоление общего сопротивления корпуса, которое складывается из волнового сопротивления, сопротивления трения и сопротивления формы. При доработке геометрических параметров корпуса судна возможно значительно снизить последние две составляющие силы сопротивления, что позволит увеличить скорость малогабаритного судна на воде при том же количестве пассажиров на борту или в значительной степени снизить потребление топлива при неизменной скорости.

Зачастую, после определения общей формы корпуса судна согласно заданным условиям при проектировании, встает вопрос о возможности применения дополнительных геометрий на днище, таких как туннелей, продольных и поперечных реданов, гидролыж и других. Однако помимо исполнения основного их предназначения в каждом конкретном случае, они могут вызвать побочные нежелательные явления увеличения сопротивления формы и сопротивления трения.

Учитывая вышесказанное, целью дальнейших исследований становится определение допустимого количества и формы дополнительных геометрий на днищах корпусов судов для обеспечения гидродинамического совершенства моделей маломерных судов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1 Аналитический обзор существующих конструктивно-компоновочных решений схем и применений дополнительных геометрий для снижения полного сопротивления ходу судна;

2 Анализ существующих методик расчета геометрических параметров корпусов судов;

3 Расчет гидродинамических характеристик течения на границе «корпус-водоем» для определения полного сопротивления ходу судна средствами пакета прикладных программ «FreeShip!»;

4 Разработка методики определения полного сопротивления корпуса ходу судна и выявление зависимости его величины от геометрических параметров корпуса.

На данном этапе авторами проведен обзор существующих геометрических форм корпусов судов и анализ методов снижения сопротивления ходу судна, разработана классификация форм корпусов. Выполнен анализ существующих методик и теоретических исследований на предмет расчета параметров и снижения общего сопротивления и предложена методика оптимизации геометрии корпуса с тримаранными обводами с использованием пакета прикладных программ «FreeShip!».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Понятие сопротивления и ходкости судна. [Электронный ресурс] URL: http://tapemark.narod.ru/vodnik/1_07.html (дата обращения: 28.09.2021)
2. Способы снижения сопротивления судна. [Электронный ресурс] URL: https://studme.org/324276/tehnika/sposoby_snizheniya_soprotivleniya_vody_dvizheniyu_sudna (дата обращения: 12.10.2021)
3. Методы снижения сопротивления судна [Электронный ресурс] URL: <https://www.korabel.ru/dictionary/detail/883.html> (дата обращения: 12.10.2021)

УДК 629

Э. С. ИСМАГИЛОВ, Н. А. МАРКОВ

tulyrma@icloud.com, nikita-markov-2003@mail.com

Науч. руковод. – д-р техн. наук В. К. ИТБАЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ КОМПЕНСАТОРОВ СИСТЕМЫ ВЫПУСКА ОТРАБОТАННЫХ ГАЗОВ АВТОМОБИЛЕЙ АО «АВТОВАЗ»

Аннотация. Излагаются результаты экспериментального исследования по определению демпфирующих свойств и циклопрочности сильфонных компенсаторов систем выпуска отработанных газов легковых автомобилей. Испытаниям подверглись сильфонные компенсаторы двух конструкций по 8 штук каждого исполнения. У первой конструкции в качестве демпфирующего элемента использовались кольцевые вкладыши из металлорезины, у второй конструкции демпфирующие свойства обеспечивались двухслойной, коаксиально расположенной сетчатой проволочной оплеткой. Получены значения декрементов продольных и поперечных колебаний компенсаторов при различных уровнях виброускорений стола вибростенда.

Ключевые слова: компенсатор, выпуск газов, сильфон, гофр, частота, декремент, резонанс, металлорезина.

Динамические (вибрационные) испытания компенсаторов систем выпуска отработанных газов автомобилей ВАЗ, являются логическим продолжением работ по созданию надежных гибких соединений (компенсаторов) выпускного коллектора двигателя с системой выпуска отработанных газов автомобиля. Установка гибкого соединения, с одной стороны воспринимающего на себя динамические нагрузки и перемещения от работающего двигателя к системе выпуска, а с другой стороны от системы выпуска к двигателю при движении автомобиля, позволяет снизить динамические нагрузки на детали системы выпуска и уровень акустического излучения, что снижает шум в салоне и на местности.

В научном плане фирма «Гибкие трубопроводы» имеет творческие и договорные связи с научно-исследовательской лабораторией Уфимского государственного авиационного технического университета и институтом Машиноведения РАН им. академика Благонравова.

Отличительным признаком испытываемых компенсаторов является то, что оба исполнения имеют демпфирующие устройства, т. е. они являются не только гибкими соединениями, но и виброизолирующими устройствами [1].

Целью испытаний является определение демпфирующих свойств и вибропрочности сильфонных компенсаторов двух исполнений: ГТ9.504.000 и ГТ9.602.000 для систем выпуска отработанных газов автомобилей АО «АвтоВАЗ».

Объектом испытаний являются компенсаторы разработки фирмы «Гибкие трубопроводы» двух исполнений ГТ9.504.000 и ГТ9.602.000 со встроенными демпфирующими элементами.

Компенсаторы одного исполнения ГТ9.602.000 изготовлены с демпфирующими элементами в виде двух колец из металлорезины. Компенсатор включает гибкую герметичную гофрированную оболочку — сильфон, собранную с арматурой. С одним концом компенсатора соединена цилиндрическая оболочка, на которой размещены два цилиндрических демпфера из металлорезины. (Металлорезина (материал МР, «сойферит») представляет собой спрессованную из бесконечной спирали диаметром 1,8 ... 2,0 мм проволочную (диаметр проволоки 0,15 ... 0,2 мм) путанку. При прессовании специальным образом ориентированной путанки, за счет определенного усилия прессования достигаются необходимые свойства демпфирующего элемента [2]. Цилиндрические демпферы с обеих сторон упираются в концевые выступы, образованные оболочкой и арматурой. К другому концу компенсатора приварена наружная цилиндрическая оболочка с ребром, располагающимся между цилиндрическими демпферами.)

Компенсаторы другого исполнения ГТ9.504.000 имеют демпфирующее устройство в виде двух коаксиально расположенных оболочек из сетчатой проволочной оплетки. Компенсатор также включает в себя сильфон из нержавеющей стали, собранный по концам с арматурой. (Две сетчатые оплетки через чередующиеся по окружности гибкие листовые полосы, связаны одним концом с арматурой, а другим с арматурой другого конца компенсатора. Обе оплетки

воспринимают перемещения концов компенсатора друг относительно друга при вибрациях двигателя и системы выпуска отработанных газов. Демпфирование колебаний происходит за счет конструкционного трения между прядями и между проволоками оплетки [3]. Оплетки играют также роль ограничителя деформаций, защищая тем самым, сильфон компенсатора от чрезмерных деформаций. Изнутри сильфон защищен жестким экраном.)

На испытания поставляются по 10 штук компенсаторов каждого исполнения, из них испытаниям подвергаются по 8 штук: на определение демпфирующих свойств – по 4 шт., на вибропрочность – по 4 шт. По 2 штуки оставляются в запас.

Лабораторные динамические испытания компенсаторов проведены на экспериментальной установке, созданной на базе электродинамического вибростенда ВЭДС-400А. Установка включает блок управления вибростендом, усилитель мощности звуковой катушки и катушки подмагничивания, испытательный орган вибростенда – вибратор.

На перемещающуюся часть вибратора (стол вибростенда) крепится текстолитовая плита толщиной 30 мм. К текстолитовой плите крепится угольник. Компенсатор крепится одним концом к угольнику, к другому концу компенсатора крепится груз.

Определение демпфирующих свойств компенсаторов производится методом введения компенсатора в продольный и поперечный резонансы и обработки, снятой в области резонанса амплитудно-частотной характеристики (АЧХ).

Управление стендом ВЭДС-400А по частоте производится с помощью встроенного звукового генератора, а уровень вибронагрузки (виброускорения) задается с помощью управляющего блока вибростенда. Более точный контроль задаваемой частоты производится по электронному частотомеру марки ЧЭ-33. Контроль виброускорения стола вибростенда производится по сигналу от пьезодатчика по трехканальному виброметру марки SM211 фирмы RFT (Германия), по нему же анализируется форма колебательного процесса. Контроль виб-

роускорения свободного конца компенсатора с массой производится с помощью пьезодатчика по показаниям того же трехканального виброметра.

Свойство конструкции демпфировать колебания, то есть рассеивать энергию колебаний в окружающую среду, на преодоление сил трения в соединениях, специальных устройствах – демпферах, сил внутреннего трения в материале, способствует ограничению напряжений в материале и сохранению работоспособности конструкции в целом. Это особенно важно для деталей и узлов испытывающих постоянное воздействие вибрационных нагрузок.

Определение величин виброускорений свободного конца компенсатора с массой и виброускорения стола вибростенда производилось при продольных и поперечных резонансных колебаниях компенсатора с массой.

Мы стремились к тому, чтобы испытать компенсаторы на частотах близких к частотам соответствующим рабочим оборотам двигателя. Этого удалось достичь при поперечных резонансах компенсатора с массой и, к сожалению, не удалось обеспечить при продольных колебаниях, из-за сильной «раскачки» массы в поперечном направлении.

Введение компенсатора с массой в продольный резонанс производилось при плавном изменении частоты колебаний стола вибростенда. Момент пика резонансных колебаний устанавливался по показанию пьезодатчика соответствующего максимуму виброускорения и резонансной частоты. В окрестности резонансной частоты при постоянной величине виброускорения стола вибратора, контролируемого по пьезодатчику, снимались значения виброускорений массы по показаниям датчика. По полученным значениям строились аналогии АЧХ, т. е. зависимости ускорений массы на свободном конце компенсатора от частоты колебаний.

Методика проведения испытаний такая же как и при продольных колебаниях.

Испытания на вибропрочность проводились на частотах поперечных колебаний, соответствующих примерно 70% максимальных оборотов двигателя.

Обеспечение резонансных колебаний на указанных частотах, производилось за счет изменения величины массы на свободном конце компенсатора.

При испытаниях всех компенсаторов на вибропрочность, виброускорение $y''_{ст}$ перемещающегося конца компенсатора поддерживалось постоянным.

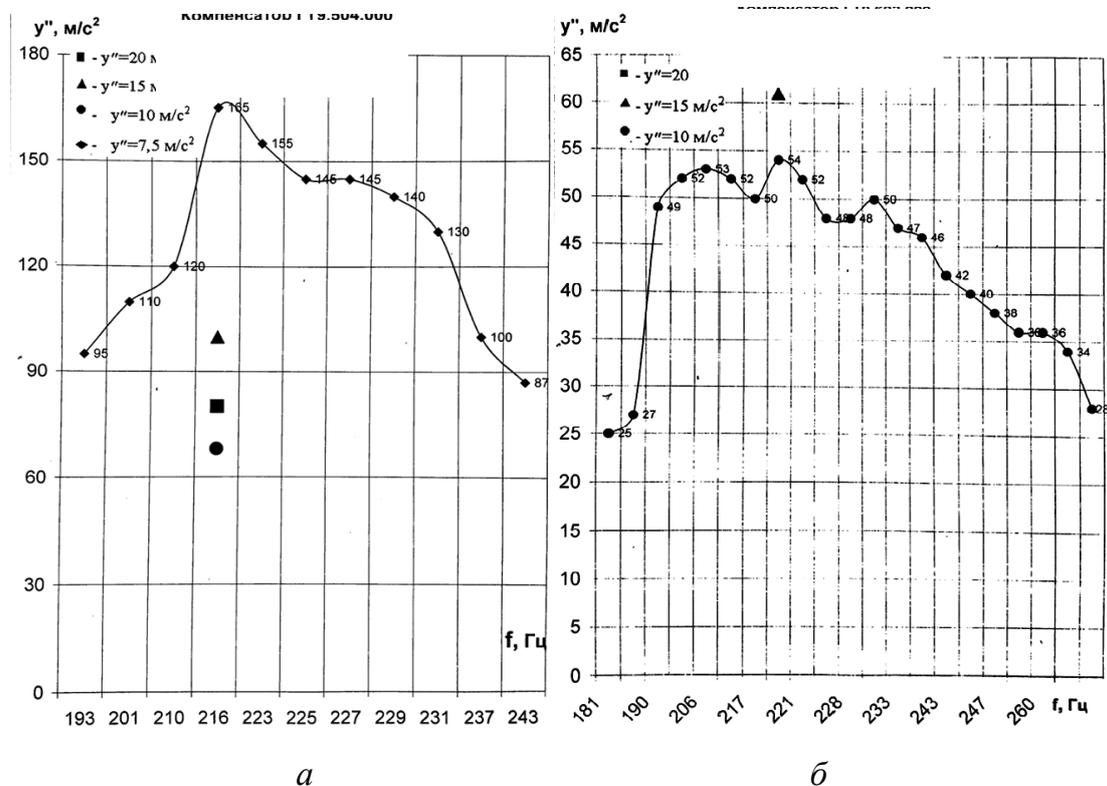


Рис. 1. Динамическая характеристика компенсаторов при продольных колебаниях: а – ГТ9.504.000, образец №2; б – ГТ9.602.000, образец №6

На рисунках 1 а, б представлены кривые, отражающие зависимость виброускорения y'' от частоты на свободном конце компенсатора с массой m при продольных колебаниях. Указанные кривые снимались при постоянном значении виброускорения стола вибростенда на разных частотах вблизи от резонанса. На резонансе снимались дополнительно не менее двух значений виброускорения y'' свободного конца компенсатора, при двух разных величинах виброускорения стола вибростенда.

Зависимости виброускорений y'' , от частоты свободного конца компенсатора с массой m , при поперечных колебаниях приведены на рисунках 2 а, б.

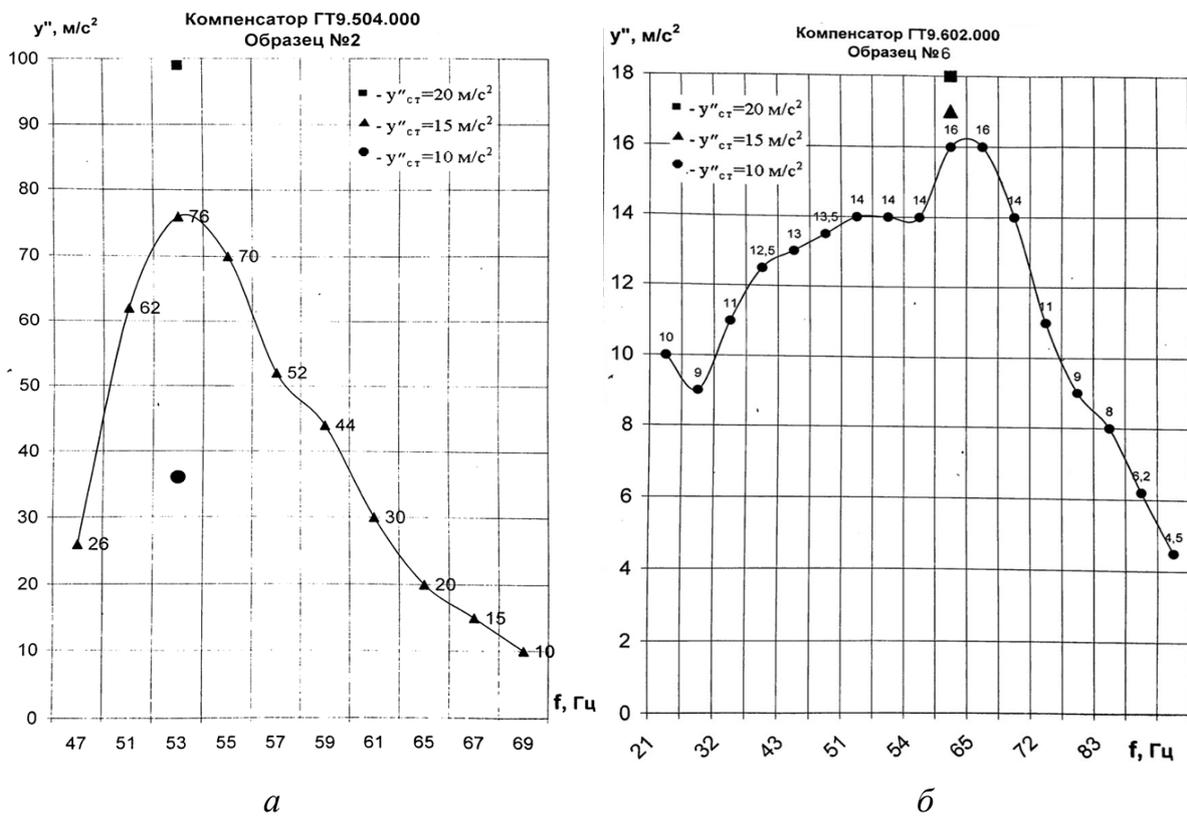


Рис. 2. Динамическая характеристика компенсаторов при поперечных колебаниях: а – ГТ9.504.000, образец №2; б – ГТ9.602.000, образец №6

По окончании испытаний пришли к следующим выводам:

1) Испытания сильфонных компенсаторов обоих конструктивных исполнений (ГТ9.504.000 и ГТ9.602.000) показали достаточно стабильные значения резонансных частот продольных и поперечных колебаний, при одних и тех же величинах масс на свободном конце компенсатора. Это говорит о высокой стабильности жесткостных характеристик и хорошей стабильности технологического процесса производства обоих типов компенсаторов.

2) У обоих типов компенсаторов величины декрементов поперечных колебаний более чем в два раза выше, чем декременты продольных колебаний. Это является положительным свойством, т. к. компенсаторы в системе выпуска более подвержены поперечным колебаниям, чем продольным.

3) У компенсаторов ГТ9.602,000 наблюдаются более высокие, чем у компенсаторов ГТ9.504.000 значения декрементов продольных (в 2,1 раза) и особенно декрементов поперечных колебаний (в 3,5 раза).

4) Оба типа компенсатора (по 4 штуки каждого исполнения) успешно прошли испытания на вибропрочность отработав по 6 млн циклов. Повреждения, нарушения герметичности и изменения механических и демпфирующих характеристик после испытаний на вибропрочность не обнаружены

Проведенные виброиспытания компенсаторов по определению их демпфирующих свойств и вибропрочности показали, что компенсаторы ГТ9.602.000 предпочтительны, так как имеют более высокие значения декрементов продольных и поперечных колебаний, и следовательно, обладают более высокими виброизолирующими свойствами.

Окончательное заключение можно дать только после испытаний компенсаторов в составе системы выпуска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Вибропоглощающие свойства конструкционных материалов: Справочник. — Киев: Наукова думка, 1971 375с.
2. Вялышев А.И., Тартаковский БД. О колебаниях систем с большими потерями.// Колебания, излучение и демпфирование упругих структур. — М.: Наука, 1973. - с. 27-43.
3. Вибрации в технике. Справочник в 6 т. — М.: Машиностроение, 1978 — Т. 1. Колебания линейных систем. Шод ред. В.В. Болотина. — 352 с.

Д. Ю. ОУЭН

deniel.ouen@gmail.com

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. В. П. ПАВЛОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В СТЕРЖНЕ ПРИ ОДНОСТОРОННЕМ НАГРЕВЕ

Аннотация. В материале представляется вариант расчета напряжений в стержне при одностороннем нагреве. В статье излагаются основные факторы, требующие внимания при расчете.

Ключевые слова: стержневая система, влияние нагрева, вектор перемещений, расчет напряжений, прикладная механика.

Условие задачи

Рассмотрим прямой стержень длиной l с прямоугольным поперечным сечением размера $h \times b$ (рис. 1), находящийся при начальной температуре T_0 , и отсутствии внешних активных сил.

Существует четыре способа закрепления стержня по концам (рис. 2.1):

- 1) «защемление» – «защемление»,
- 2) «защемление» – «свободный конец»,
- 3) «неподвижный цилиндрический шарнир» – «подвижный цилиндрический шарнир»,
- 4) «защемление» – «подвижный цилиндрический шарнир».

Наиболее подробно разберем 3 способ закрепления.

Стержень подвергается одностороннему нагреву, при котором в установившемся режиме на нижней «холодной» поверхности стержня устанавливается температура T_x , а на верхней «горячей» поверхности стержня устанавливается температура T_c .

При нагреве в стержне возникают температурные напряжения.

Необходимо:

- определить температурные напряжения при всех четырех способах закрепления стержня по его концам,
- найти коэффициенты запаса прочности при всех вариантах закрепления,

– дать заключение о возможности эксплуатации стержня при рассматриваемых тепловых воздействиях.

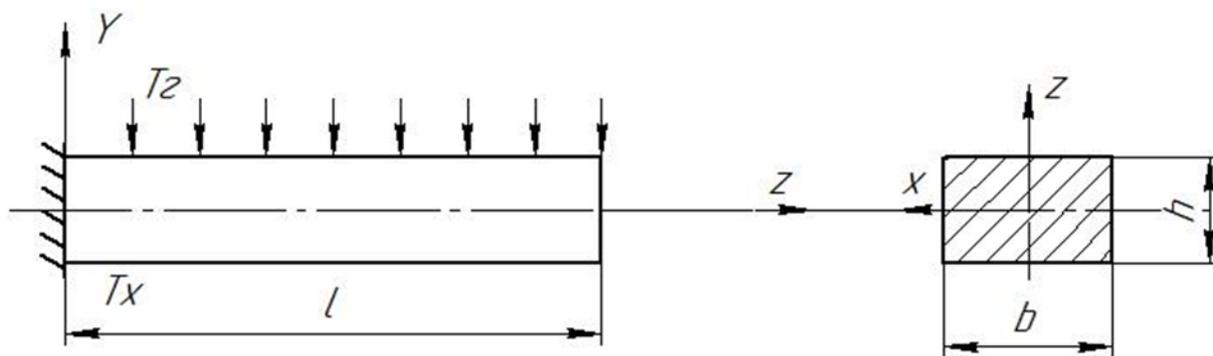


Рис. 1. Стержень, подвергающийся одностороннему нагреву

Исходные данные

Геометрическая форма стержня:

- стержень прямой (ось стержня прямая линия),
- поперечное сечение имеет форму прямоугольника шириной b и высотой h .

Способы закрепления стержня по концам:

- Способ 1. Стержень жестко защемлен по концам.
- Способ 2. Стержень защемлен на левом конце и свободен на правом.
- Способ 3. Стержень шарнирно закреплен по концам.
- Способ 4. Стержень защемлен на левом конце и шарнирно закреплен на правом.

Размеры стержня:

- $l = 2$ м, $b = 100$ мм, $h = 4$ мм.

Материал стержня: Сталь 40Х:

- модуль упругости (модуль Юнга) $E = 200$ ГПа = $2 \cdot 10^{11}$ Па,
- предел текучести $\sigma_T = 400$ МПа = $4 \cdot 10^8$ Па,
- коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$,
- коэффициент температурного расширения стали $\alpha = 1,25 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{град}}$.

Силовое воздействие на стержень:

Внешние активные силы, действующие на стержень, отсутствуют

Тепловое воздействие на стержень:

В исходном начальном состоянии температура одинакова во всех точка стержня $T_0 = 10$ °С,

В конечном состоянии:

- нижняя «холодная» поверхность стержня имеет температуру $T_x = 20 \text{ }^\circ\text{C}$,
- верхняя «горячая» поверхность стержня имеет температуру $T_2 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$.

Определение закона изменения температуры по толщине стержня

Нам задана толщина стержня

$$h = 4 \text{ мм} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м} \quad (1)$$

и температуры его нижней и верхней поверхностей

$$T_x = 20 \text{ }^\circ\text{C}, \quad T_2 = 100 \text{ }^\circ\text{C}. \quad (2)$$

Примем, что по толщине стержня температура меняется по линейному закону

$$T = k + cy. \quad (3)$$

Определим коэффициенты k и c для выражения (3) при заданных на границах температурах.

Для этого запишем уравнения граничных условий (рис. 4):

$$\begin{cases} T = T_x & \text{при } y = -\frac{h}{2}, \\ T = T_2 & \text{при } y = \frac{h}{2}. \end{cases} \quad (4)$$

Подставим (4) в (3) и получим систему из двух линейных алгебраических уравнений

$$\begin{cases} T_x = k - c\frac{h}{2}, \\ T_2 = k + c\frac{h}{2}. \end{cases} \quad (5)$$

Сложим уравнения системы (5) и определим коэффициент b :

$$k = \frac{T_x + T_2}{2} = \frac{20 + 100}{2} = 60 \text{ }^\circ\text{C}. \quad (6)$$

Вычтем из второго уравнения системы (5) первое уравнение и определим коэффициент c :

$$c = \frac{T_2 - T_x}{h} = \frac{100 - 20}{4 \cdot 10^{-2}} = 2 \cdot 10^4 \frac{\text{град}}{\text{м}}. \quad (7)$$

В итоге окончательно получим выражение для вычисления закона изменения температуры по толщине стержня.

$$T = 60 + 2 \cdot 10^4 y. \quad (8)$$

Вдоль высоты стержня h направим ось Y (рис. 1) и построим график изменения температуры по толщине стержня (рис. 2).

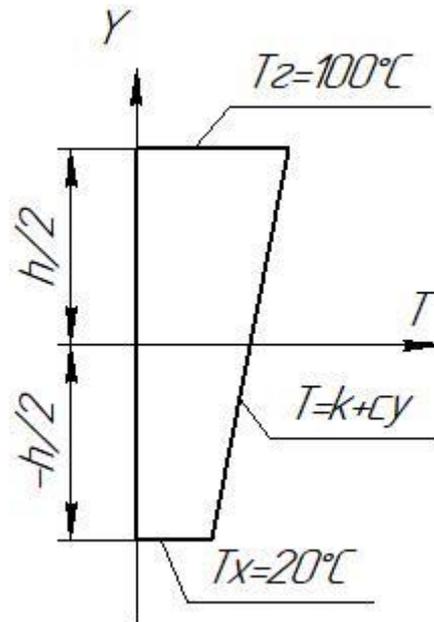


Рис. 2. Изменение температуры по толщине стержня

Определение закона изменения тепловых деформаций по толщине стержня

Определим с учетом (8) закон изменения приращения температуры ΔT вдоль толщины стержня по отношению к начальной температуре тела T_0 :

$$\Delta T = \Delta T(y) = T(y) - T_0 = (60 + 2 \cdot 10^4 y) - 10 = 50 + 2 \cdot 10^4 y. \quad (9)$$

Рассчитаем закон изменения тепловой деформации ε_{zT}

На основе закона изменения прироста температуры $\Delta T(y)$ по толщине стержня (9) определим закон изменения тепловых деформаций ε_z^T вдоль оси Y

$$\varepsilon_{zT} = \alpha \Delta T = 1,25 \cdot 10^{-5} (50 + 2 \cdot 10^4 y) = 6,25 \cdot 10^{-4} + 0,25 y. \quad (10)$$

Определение закона изменения напряжения по толщине стержня при полном ограничении перемещений точек стержня вдоль оси Z

Суммарная деформация вдоль оси Z определится формулой:

$$\varepsilon_z^\Sigma = \varepsilon_z + \varepsilon_{zT} \quad (11)$$

где на основе закона Гука

$$\varepsilon_z = -\frac{\nu}{E}\sigma_x - \frac{\nu}{E}\sigma_y + \frac{1}{E}\sigma_z. \quad (12)$$

Рассмотрим случай, когда вдоль осей X и Y нормальные напряжения равны нулю:

$$\sigma_x = 0, \quad \sigma_y = 0. \quad (13)$$

Подставим (12) в (11) и получим:

$$\varepsilon_z = \frac{1}{E}\sigma_z. \quad (14)$$

Подставим (14) в (11) и получим:

$$\varepsilon_z^\Sigma = \frac{1}{E}\sigma_z + \varepsilon_{zT}. \quad (15)$$

Из (15) получаем

$$\sigma_z = E\varepsilon_z^\Sigma - E\varepsilon_{zT}. \quad (16)$$

Ограничив перемещения торцов стержня, мы имеем нулевую суммарную деформацию

$$\varepsilon_z^\Sigma = 0 \quad (17)$$

Подставим (17) в (16) и получим выражение для вычисления температурных напряжений, возникающих при одностороннем нагреве стержня с заземленными концами:

$$\sigma_z^T = \sigma_z = -E\varepsilon_{zT} \quad (18)$$

Подставим (10) в (18) и получим выражения для расчета напряжений σ_z^T в стержне при зафиксированных его торцах:

$$\sigma_z^T = -2 \cdot 10^{11}(6,25 \cdot 10^{-4} + 0,25y) = -1,25 \cdot 10^8 - 0,5 \cdot 10^{11}y. \quad (19)$$

Рассчитаем на основе (19) напряжения на нижней «холодной» и верхней «горячей» поверхностях стержня:

$$\begin{cases} \sigma_z^{T,x} = -0,25 \cdot 10^8 \text{ Па} = -25 \text{ МПа} & \text{при } y = -\frac{h}{2} = -2 \cdot 10^{-3} \text{ м}, \\ \sigma_z^{T,\Gamma} = -2,25 \cdot 10^8 \text{ Па} = -225 \text{ МПа} & \text{при } y = \frac{h}{2} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}. \end{cases} \quad (20)$$

На основе (19) построим график изменения температурных напряжений σ_z^T по толщине стержня (рис. 6).

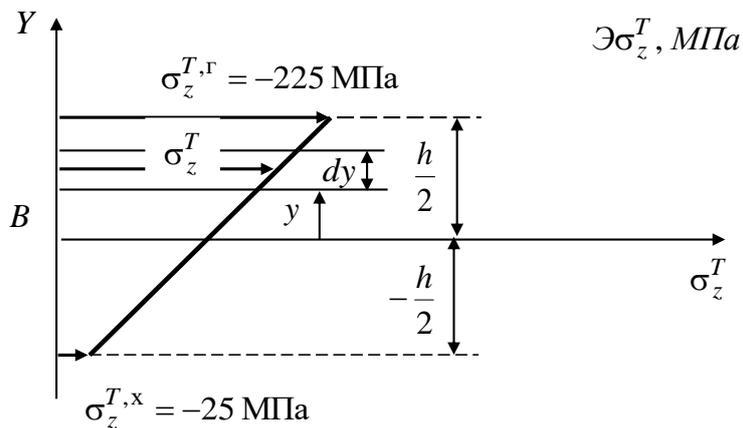


Рис. 3. Изменение температурных напряжений по толщине стержня, защемленного по концам

Балка, шарнирно закрепленная по концам и возникающие в ней напряжения, и перемещения точек балки

Балка, шарнирно закрепленная по концам, и действующие на нее внешние нагрузки, компенсирующие реакции удаляемых в сечениях B и C заделок

Ранее была рассмотрена балка, защемленная на обоих концах (B и C) (рис. 4). При одностороннем нагреве со стороны защемлений на нее действовали

При одностороннем нагреве со стороны левой защемляющей связи действуют две отличные от нуля реакции связей (рис. 4):

– продольная сила $Z_B^{\text{защ}} = 5 \cdot 10^4 \text{ Н}$,

– пара сил с моментом $M_B^{\text{защ}} = 26,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$, а со стороны правой защемляющей связи действуют равные им по величине реакции связей:

– продольная сила $Z_C^{\text{защ}} = 5 \cdot 10^4 \text{ Н}$,

– пара сил с моментом $M_C^{\text{защ}} = 26,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$,

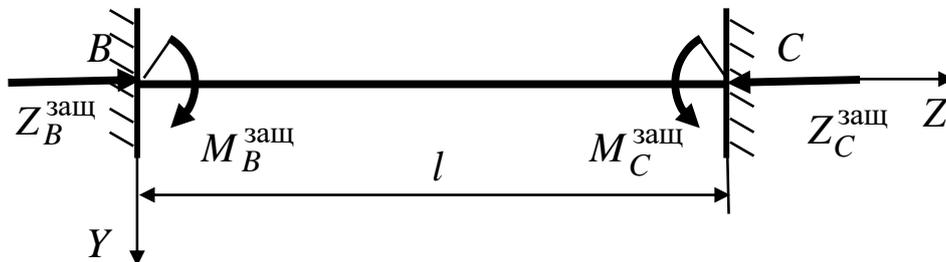


Рис. 4. Балка, защемленная по концам, при тепловом воздействии и действующие на нее реакции связей M_C, Z_C в сечении, проходящем через точку C

Заменим, защемляющие связи (рис. 4) на связи в виде цилиндрических шарниров (рис. 5).

При этом в точке B установим "неподвижный цилиндрический шарнир", а в точке C - "подвижный цилиндрический шарнир" (рис. 5).

При цилиндрических шарнирах мы позволяем балке деформироваться вдоль оси Z , то есть реакции реакция шарнира C вдоль оси Z будет равны нулю.

Кроме того, цилиндрические шарниры не препятствуют повороту поперечных сечений в местах крепления балки, то есть шарниры не создают моментов, действующих на балку в точках B и C .

Если представить себе, что в начале балка была закреплена по концам (рис. 4), то чтобы привести ее к шарнирному закреплению, необходимо прибавить к реакциям защемления такие же силовые факторы, но направленные в противоположном направлении.

В этом случае мы приходим к расчетной схеме, представленной на рис. 5.

При этом имеем:

$$\begin{cases} M_B^{\text{шар}} = M_B^{\text{защ}} = 26,7 \text{ Н} \cdot \text{м}, & (21) \\ Z_C^{\text{шар}} = Z_C^{\text{защ}} = 5 \cdot 10^4 \text{ Н}, & M_C^{\text{шар}} = M_C^{\text{защ}} = 26,7 \text{ Н} \cdot \text{м}. \end{cases}$$

1

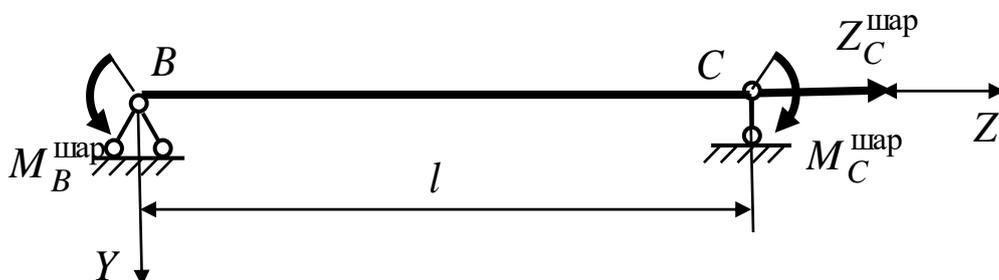
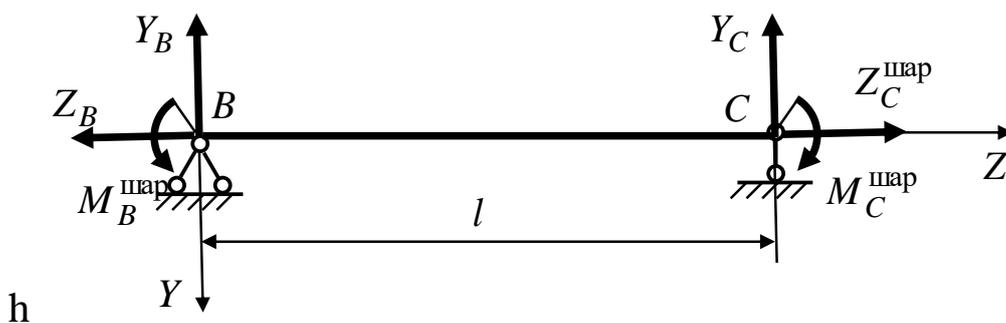


Рис. 5. Балка, шарнирно закрепленная по концам, при действии на нее нагрузок, уравновешивающих действие реакций защемленной на левом и правом концах балки

1. Изобразили реакции связей и записали три уравнения равновесия



h

Рис. 6.

$$\begin{cases} \sum Z_i = -Z_B + Z_C^{\text{шар}} = 0, \\ \sum Y_i = -Y_B - Y_C = 0, \\ \sum M_{Bi} = M_B^{\text{шар}} + Y_C l - M_C^{\text{шар}} = 0. \end{cases} \quad (22)$$

Подставляем в (2.1) известную информацию

$$\begin{cases} \sum Z_i = -Z_B + 5 \cdot 10^4 = 0, \\ \sum Y_i = -Y_B - Y_C = 0, \\ \sum M_{Bi} = 26,7 + Y_C l - 26,7 = 0. \end{cases} \quad (23)$$

В итоге получили:

$$Z_B = 5 \cdot 10^4 \text{ Н}, \quad Y_B = 0, \quad Y_C = 0. \quad (24)$$

2. Определяем внутренние силовые факторы и строим их эпюры

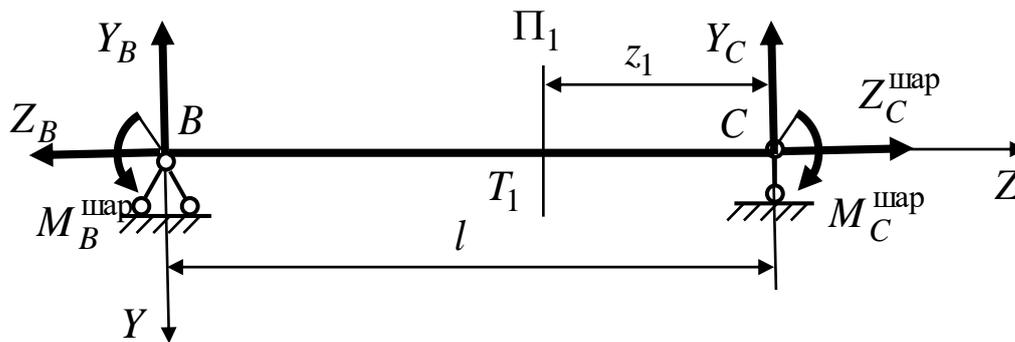


Рис. 7.

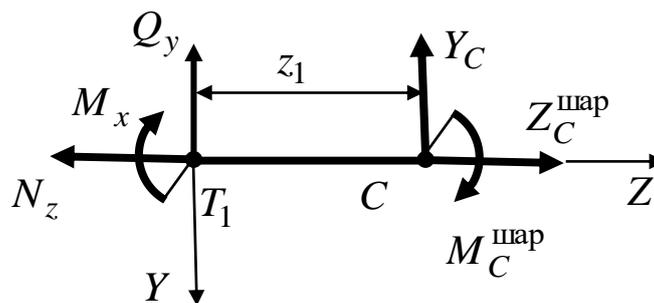


Рис. 8. Отсеченный участок балки

Запишем уравнения равновесия для изображенного на рис. 5 участка балки.

$$\begin{cases} \sum Y_i = -Q_y - Y_C = 0, \\ \sum Z_i = -N_z + Z_C^{\text{шар}} = 0, \\ \sum M_{iT_1} = -M_x - M_C^{\text{шар}} + Y_C z_1 = 0. \end{cases} \quad (25)$$

Из (24) получим:

$$\begin{cases} Q_y = 0, \\ N_z = Z_C^T = 5 \cdot 10^4 \text{ Н}, \\ M_x = M_C^T = -26,7 \text{ Н} \cdot \text{м}. \end{cases} \quad (26)$$

При действии внутренней продольной силы N_z возникают постоянные по площади поперечного сечения напряжения:

$$\sigma_z^{Nz} = \frac{N_z}{A}, \quad (27)$$

где A - площадь поперечного сечения стержня:

$$A = bh = 0,1 \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2. \quad (28)$$

При действии внутренней продольной силы N_z возникают постоянные по площади поперечного сечения напряжения:

$$\sigma_z^{Nz} = \frac{N_z}{A}, \quad (29)$$

где A - площадь поперечного сечения стержня:

$$A = bh = 0,1 \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2. \quad (30)$$

Подставим в и получим:

$$\sigma_z^{Nz} = \frac{N_z}{A} = \frac{5 \cdot 10^4}{4 \cdot 10^{-4}} = 1,25 \cdot 10^8 \text{ Па} = 125 \text{ МПа} \quad (31)$$

При действии внутреннего изгибающего момента M_x возникают изменяющиеся по толщине поперечного сечения напряжения:

$$\sigma_z^{Mx} = \pm \frac{M_x}{I_x} y, \quad (32)$$

где I_x - осевой момент инерции поперечного сечения стержня:

$$I_x = \frac{bh^3}{12} = \frac{0,1 \cdot (4 \cdot 10^{-3})^3}{12} = 5,33 \cdot 10^{-10} \text{ м}^4. \quad (33)$$

Подставим в и получим

$$\sigma_z^{Mx} = \pm \frac{-26,7}{5,33 \cdot 10^{-10}} y = \pm 5 \cdot 10^{10} y. \quad (34)$$

Построим на основе уравнения (31) график изменения напряжения по толщине стержня (рис. 9).

Определим прогибы балки при шарнирном закреплении.

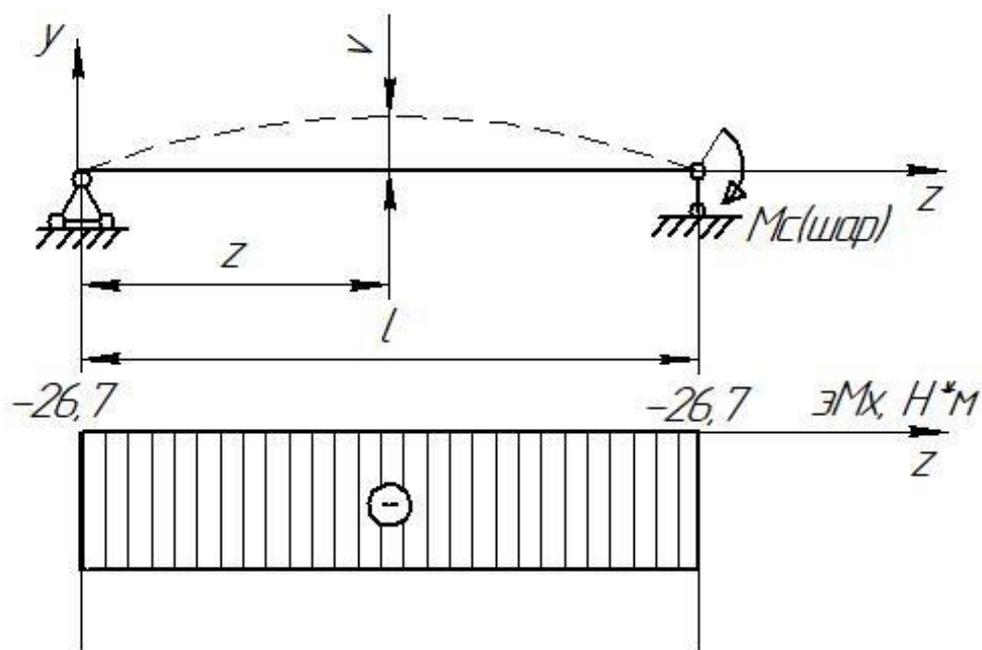


Рис. 9.

Прогиб определим, решая дифференциальное уравнение упругой балки.

$$\frac{d^2v}{dz^2} = \frac{1}{EI_x} M_x \quad (35)$$

$$\frac{dv}{dz} = \theta \quad (36)$$

Подставим (36) в (35)

$$\frac{d\theta}{dz} = \frac{1}{EI_x} M_x \quad (37)$$

$$I_x = \frac{bh^3}{12} = \frac{0.1 \cdot (4 \cdot 10^{-3})^3}{12} = 5.33 \cdot 10^{-10} \quad (38)$$

$$\frac{d\theta}{dz} = -\frac{1}{2 \cdot 10^4 \cdot 5.33 \cdot 10^{-10}} \cdot 26.7 = -2.5 \cdot 10^{-1} \quad (39)$$

$$d\theta = -2.5 \cdot 10^{-1} dz \quad (40)$$

$$\theta = -2.5 \cdot 10^{-1} \cdot z + C_1 \quad (41)$$

Постоянную интегрирования определим из пограничных условий.

Подставим (36) в (41):

$$\frac{dv}{dz} = -2,5 \cdot 10^{-1} \cdot z + C_1 \quad (42)$$

$$\int dv = \int -2,5 \cdot 10^{-1} \cdot dz + \int C_1 dz \quad (43)$$

$$v = -2,5 \cdot 10^{-1} \cdot \frac{z^2}{2} + C_1 \cdot dz + C_2 \quad (44)$$

Имеем два граничных условия

$$\begin{cases} v = 0 \text{ при } z = 0 \\ v = 0 \text{ при } z = l \end{cases} \quad (45)$$

Подставим (45) в (44)

$$\begin{cases} 0 = 0 + 0 + C_2 \\ 0 = -2,5 \cdot 10^{-1} \cdot \frac{l^2}{2} + C_1 l + C_2 \end{cases} \quad (45)$$

$$C_2 = 0; C_1 = 2,5 \cdot 10^{-1} \cdot \frac{l}{2} = 2,5 \cdot 10^{-1} \quad (46)$$

$$v = -2,5 \cdot 10^{-1} \cdot \frac{z^2}{2} + 2,5 \cdot 10^{-1} \cdot z \quad (47)$$

$$z = 0 \rightarrow v = 0 \quad (48)$$

$$z = \frac{l}{2} = 1 \text{ м} \rightarrow v = 1,25 \cdot 10^{-1} \text{ м}$$

$$z = l = 2 \text{ м} \rightarrow v = 0$$

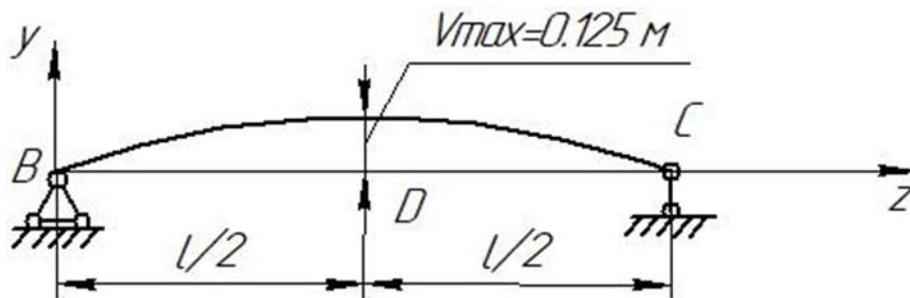


Рис. 10.

Проверим по средней точке воспользовавшись интегралом Мора, который рассчитываем способом Верещагина.

Единичную силу прикладываем там, где мы хотим найти перемещение. Силу направим туда, куда перемещается точка.

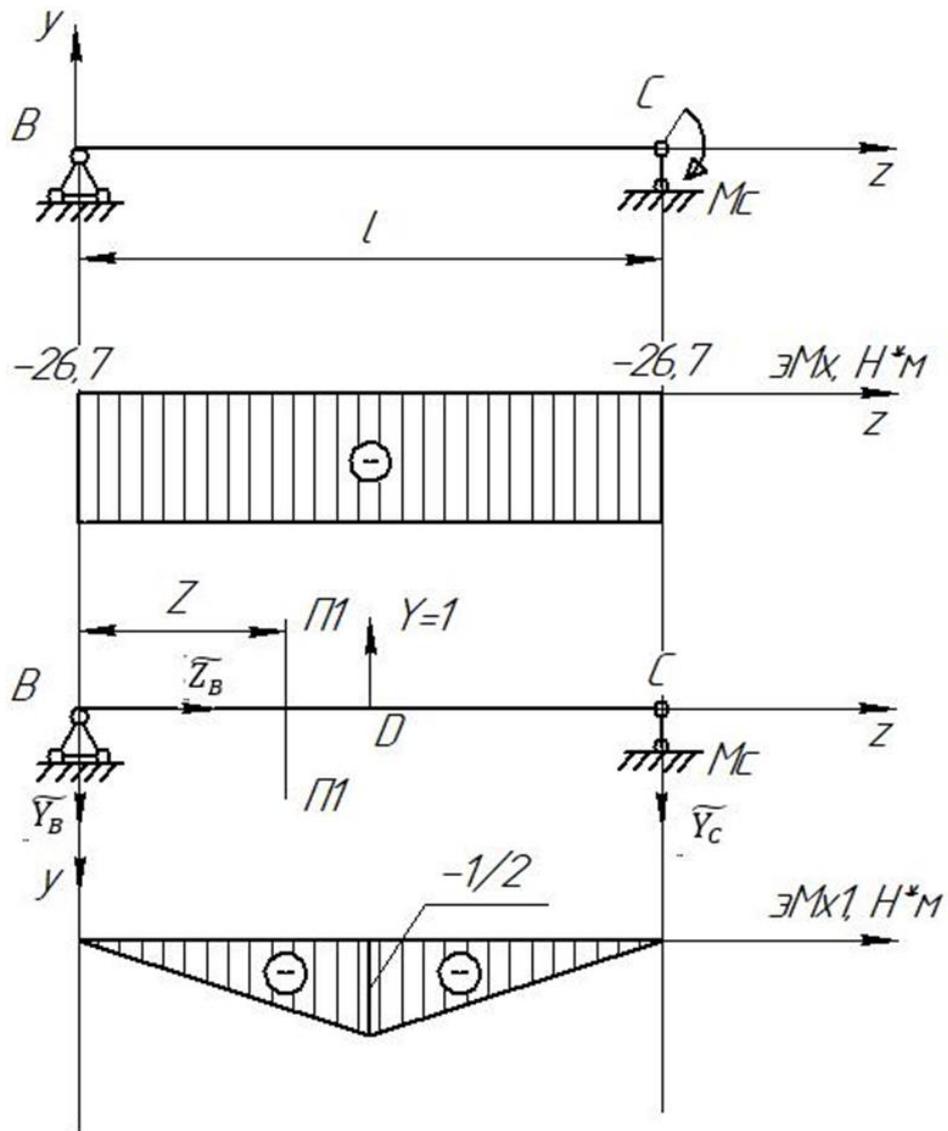


Рис. 11.

При действии единичной силы определим реакции опор.

$$\begin{cases} Z_i = Z_B = 0 \\ \sum Y_i = \bar{Y}_B - \bar{Y}_1 - \bar{Y}_C \\ \sum M_{Bi} = \frac{\bar{Y}l}{2} - \frac{\bar{Y}_C}{l} = 0 \\ \bar{Y}_C = \frac{1}{2}, \bar{Y}_B = \frac{1}{2}, Z_B = 0 \end{cases} \quad (49)$$

Строим эпюры от единичной силы:

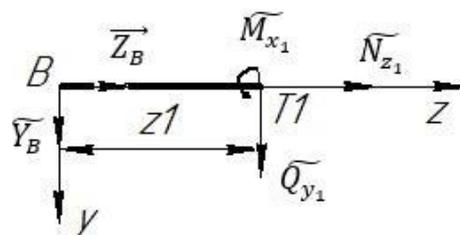


Рис. 12.

$$\sum M_{T_1} = \bar{Y}_B + \bar{M}_{x_1} = 0 \quad (50)$$

$$\bar{M}_{x_1} = -\frac{1}{2} z_1$$

$$z_1 = 0 \rightarrow M_{x_1} = 0$$

$$z_1 = \frac{l}{2} = 1 \rightarrow M_{x_1} = -\frac{1}{2}$$

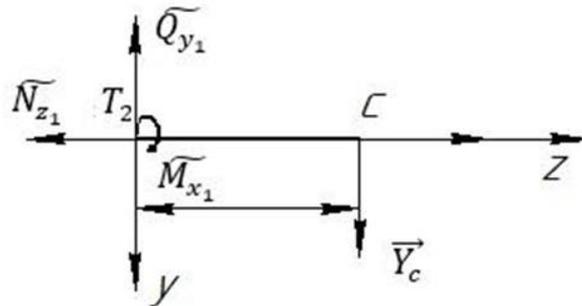


Рис. 13.

$$\sum M_{T_2} = -\bar{M}_{x_1} - \bar{Y}_C \cdot z_2 = 0 \quad (51)$$

$$\bar{M}_{x_1} = -\frac{1}{2} \cdot z_2$$

$$z_2 = 0 \rightarrow \bar{M}_{x_1} = 0$$

$$z_2 = \frac{l}{2} \rightarrow \bar{M}_{x_1} = -\frac{1}{2}$$

Перемещения ищем с помощью интеграла Мора:

$$\Delta_B = \int_l \frac{M_x \bar{M}_{x_1}}{EI_x} dz \quad (52)$$

$$\Delta_B = \frac{1}{EI_x} (\omega_1 \bar{M}_{c_1} + \omega_2 \bar{M}_{c_2} + \dots) \quad (53)$$

$$\omega_1 = -\frac{1}{2} l \cdot \frac{1}{2} = -\frac{1}{2}$$

$$M_{c_1} = -26,7$$

$$\Delta_B = \frac{1}{2 \cdot 10^{11}} \cdot \frac{1}{5,33 \cdot 10^{-10}} \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot 26,7 \right) = \frac{26,7}{21,3} \cdot 10^{-1} = 0,125 \quad (54)$$

Таким образом был произведен расчет односторонне нагретого стержня. Перемещения составили $\Delta_B = 0,125$. Данный алгоритм может быть использован в качестве типового при различных начальных параметрах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дарков А.В. Сопроотивление Материалов - М.: Высшая школа, 1975. – 655с.
2. Вольмир А.С. Устойчивость деформируемых систем. – М.: Наука, 1967. – 984 с;
3. Феодосьев В.И. Сопроотивление материалов : [учебник для втузов] / В. И. Феодосьев ; ред. И. К. Снитко .— Изд. 6-е, стереотип. — М. : Наука, 1972 .— 544 с. : ил. ; 21 см .

УДК 534.1.539.3.

И. М. УТЯШЕВ ¹, М. М. ШАКИРЬЯНОВ ¹, О. Б. ТРУШКИН ²
utyashevim@mail.ru

¹*Институт механики им. Р. Р. Мавлютова УФИЦ РАН, г. Уфа*

²*Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа*

ИЗГИБНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ТРУБОПРОВОДА НА ПОДВИЖНОМ ОСНОВАНИИ

Аннотация. Представлены результаты исследования пространственных колебаний участка двухопорного трубопровода с заключенной в нем жидкостью при поступательных вибрационных движениях опор. Колебания обеих опор происходят с равными амплитудами, частотами и фазами. Рассматриваемая модель учитывает взаимодействия внутреннего постоянного давления и изменений кривизны осевой линии, продольной и окружной деформаций трубы. Ее изгибно-вращательные колебания описываются системой двух нелинейных дифференциальных уравнений. Применением метода Бубнова-Галеркина эта система сводится к задаче Коши, которая далее решается численно методом Рунге-Кутты. В случае малых изгибных и угловых движений трубы дается сравнение аналитического и численного решений. Дан анализ периодических и непериодических колебаний стальной и титановой труб, для чего построены, в частности, спектры частот и отображения Пуанкаре.

Ключевые слова: трубопровод, пространственные колебания, подвижное основание, амплитуды, частоты перемещения основания.

Введение

Трубопроводные системы широко применяются в нефтегазовой промышленности и энергетике для транспортировки жидких и газообразных продуктов. Транспортировка осуществляется работой насосных станций, которые создают внутреннее давление в трубопроводе. Колебательные движения при этом может совершать также основание, с которым связаны опоры трубопровода. В результате этих воздействий трубопровод может совершать пространственные колебания. При достижении амплитуд колебаний предельных значений трубопровод может потерять работоспособность.

Постановка задачи

Рассматриваются пространственные колебания трубопровода, заполненного несжимаемой жидкостью. Трубопровод имеет две опоры. Крепления с ними – шарнирные. Одна из опор неподвижна относительно поступательно движущегося основания, а другая, связанная с ним линейно-упругими элементами,

может скользить параллельно оси x , проходящей через опоры (Рис. 1). Труба, изогнутая под собственным весом и весом заключенной в ней жидкости при постоянном давлении, находится в покое. В момент времени t основание начинает совершать горизонтальные, направленные перпендикулярно оси x , поступательные движения $s = s(t)$. Деформации трубопровода, связанные с выходом его оси из плоскости изгиба, предполагаются малыми. Поэтому исследование проводится по модели изгибно-вращательных движений трубопровода [1,2]. Следовательно, пространственные движения трубы можно рассматривать как совокупность относительных изгибных колебаний в одной плоскости, переносных вращений этой плоскости вокруг оси x и переносных поступательных перемещений подвижного основания. Трубопровод имеет длину L , радиус проходного сечения R и толщину стенки h . Плотности материала трубы и жидкости: ρ и ρ_0 .

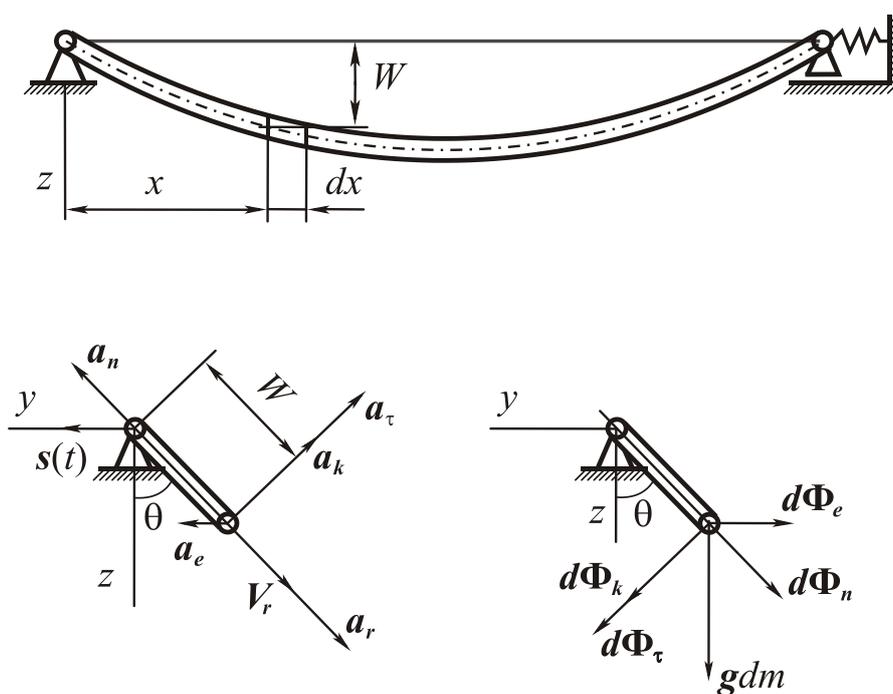


Рис. 1. Расчетная схема участка трубопровода

На рис. 1 изображены прогиб W элемента трубы длиной dx и массой $dm = \pi \{ \rho_0 R^2 + \rho [(R+h)^2 - R^2] \} dx$, ускорения и силы, действующие на него. Здесь g , a_e , a_k , a_r , a_τ и a_n – гравитационное, переносное поступательное, кориолисово, относительное, переносные касательное и нормальное ускорения; gdm – сила тяжести, $d\Phi_e$, $d\Phi_r$, $d\Phi_\tau$, $d\Phi_n$ и $d\Phi_k$ – переносная поступательная, относительная, касательная, нормальная и кориолисово силы инерции.

Выражения для ускорений выделенного элемента, а также сил, приложенных к нему, при неподвижном основании следующие [2]:

$$a_r = \frac{\partial^2 W}{\partial t^2}, \quad a_\tau = W \frac{d^2 \theta}{dt^2}, \quad a_n = W \left(\frac{d\theta}{dt} \right)^2, \quad a_k = 2 \frac{d\theta}{dt} \frac{\partial W}{\partial t}$$

$$d\Phi_r = a_r dm, \quad d\Phi_\tau = a_\tau dm, \quad d\Phi_n = a_n dm, \quad d\Phi_k = a_k dm \quad (1)$$

Дифференциальное уравнение вращательного движения трубопровода относительно оси x имеет вид

$$-\int_{(m)} W \sin \theta g dm - M_u - \int_{(m)} W d\Phi_\tau - \int_{(m)} W d\Phi_c + \int_{(m)} W \sin \theta d\Phi_v = 0$$

$$M_u = J_p \ddot{\theta}, \quad J_p = 2\rho L J, \quad 4J = \pi \left[(R+h)^4 - R^4 \right] \quad (2)$$

Здесь $a_e = d^2 s / dt^2$ – переносное поступательное ускорение.

Дифференциальное уравнение изгибных колебаний, учитывающее взаимодействия внутреннего давления и изменения кривизны осевой линии, продольной и окружной деформаций трубы, следующее [2]

$$\ddot{W} dm = -EJ \frac{\partial^4 W}{\partial x^4} dx - \left[F p_0 (1 - \chi) - \alpha \int_0^L \left(\frac{\partial W}{\partial x} \right)^2 dx \right] \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} dx + g \cos \theta dm +$$

$$+ d\Phi_n + d\Phi_v \cos \theta, \quad F = \pi R^2, \quad \chi = \frac{2\nu}{1 + \lambda}, \quad \lambda = \frac{Eh}{CL}, \quad \alpha = \frac{\pi EhR}{(1 + \lambda)L} \quad (3)$$

где E – модуль Юнга материала трубы.

Вектор $s(t)$ горизонтального перемещения основания задаются в виде

$$s = s_0 \sin \Omega_1 t, \quad \Omega_1 = 2\pi f_1, \quad (4)$$

где s_0 и f_1 – амплитуда колебаний основания, частота колебаний перемещения основания соответственно.

Функция прогиба, удовлетворяющая условиям шарнирного крепления трубопровода к опорам, принимается по первой основной форме

$$W = [W_0 + w(t)] \sin \beta x, \quad \beta = \pi / L. \quad (5)$$

Здесь $W_0 \rightarrow$ и $w(t)$ – амплитуды статической и динамической составляющих прогиба средней точки пролета.

Метод решения

Подставляя (4), (5) в (2), (3) и применяя в последнем вариационный принцип Бубнова-Галеркина, получаем

$$\begin{aligned} \ddot{\theta} \left[(W_0 + w)^2 + \frac{4\rho J}{m_1} \right] + 2 \left[\frac{2}{\pi} (g \sin \theta + s_0 \Omega^2 \sin \Omega t \cos \theta) + \dot{\theta} \dot{w} \right] (W_0 + w) = 0, \\ \ddot{w} + \frac{\beta^4 EJ}{m_1} (W_0 + w) = \frac{4}{\pi} (g \cos \theta - s_0 \Omega^2 \sin \Omega t \sin \theta) + (W_0 + w) \dot{\theta}^2 + \\ + \frac{\beta^2}{m_1} \left[F(1-\chi) p_0 - \frac{\alpha \beta^2 L}{2} (W_0 + w)^2 \right] (W_0 + w) \end{aligned} \quad (6)$$

Здесь и далее точки над буквами обозначают производные по времени t .

Начальные условия для системы дифференциальных уравнений (6) нулевые

$$t=0, \theta = \theta_0, \dot{\theta} = 0, w = 0, \dot{w} = 0 \quad (7)$$

Уравнение для определения статической составляющей W_0 прогиба средней точки пролета трубы получим из системы (6). Полагая во втором уравнении (6) $\theta = 0, \dot{\theta} = 0, w = 0, \dot{w} \equiv 0, p_a \equiv 0, s_0 \equiv 0$, имеем

$$W_0^3 + \frac{2F(1-\chi)(p'_0 - p_0)}{\alpha \beta^2 L} W_0 - \frac{8m_1 g}{\pi \alpha \beta^4 L} = 0 \quad (8)$$

При относительно небольших величинах W_0 кубическим членом в (8) можно пренебречь. Тогда статический прогиб W_0 будет вычисляться по формуле

$$W_0 = \frac{4mgL}{\pi^3 F(1-\chi)(p'_0 - p_0)} \quad (9)$$

В настоящей работе решение (8) определяется численно с использованием математического пакета Maple.

Рассматривается первая форма колебаний. Методом Бубнова-Галеркина решение задачи сводится к интегрированию системы двух нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений изгибных и вращательных движений трубы. Для решения задачи Коши с заданными начальными условиями приме-

няется численный метод Рунге-Кутты. Далее это решение подвергается дискретному преобразованию Фурье и отображению Пуанкаре. Приведена оценка влияния значений перемещения подвижного основания на пространственные колебания стального и титанового трубопроводов.

Заключение

Вынужденные колебания трубопровода возникают вследствие движения опор. Эти колебания существенно зависят от частот движения опор и собственной частоты. В данной работе рассматривается только первая пространственная мода и предполагается, что среднее давление меньше критического. Для случая малых угловых и изгибных колебаний трубопровода получено приближенное аналитическое решение системы линеаризованных уравнений. Сравнительный анализ результатов вычислений по формулам приближенного аналитического решения и численного моделирования позволил установить, что малые изгибно-вращательные движения стального и титанового трубопроводов складываются из колебаний с определенными частотами. Показано, что вращательные перемещения состоят из колебательных движений с двумя частотами, а изгибные – с пятью разными частотами. Установлено, что при относительно небольшой амплитуде перемещения опор с увеличением внутреннего давления в трубах их собственные частоты изгибных колебаний сначала уменьшаются, достигают минимума, а затем увеличиваются.

Постановка задачи, численное и аналитическое решение выполнена на средства государственного бюджета по госзаданию на 2019-2022 годы (№ 0246-2019-0088), анализ результатов выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России в сфере научной деятельности, номер для публикаций FEUR - 2020 - 0004 «Решение актуальных задач и исследование процессов в нефтехимических производствах, сопровождающихся течениями многофазных сред»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильгамов М.А. Колебания упругих оболочек, содержащих жидкость и газ. М.: Наука. 1969. 180 с.
2. Ганиев Р.Ф., Ильгамов М.А., Хакимов А.Г., Шакирьянов М.М. Пространственные непериодические колебания трубопровода под действием переменного внутреннего давления // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2017, № 2. С. 3 - 12.
3. Ильгамов М.А. Динамика трубопровода при действии внутреннего ударного давления // Изв. РАН МТТ. 2017. № 6. С. 83–96.

Ю. А. ШАБЕЛЬНИК
yushabelnik@gmail.com

Уфимский государственный авиационный технический университет

К ВОПРОСУ О КАВИТАЦИОННОМ ШУМЕ ГРЕБНЫХ ВИНТОВ

Аннотация. Акустический шум, возникающий при кавитации гребных винтов, является одной из наименее освещаемых проблем гребных винтов. Данная работа связана с обзором особенностей возникновения кавитационного шума и существующих методов расчета акустических характеристик гребных винтов.

Ключевые слова: гребные винты; кавитация; характеристики гребных винтов; шум гребных винтов;

Введение нормирования шумности судов, борьба с шумовым загрязнением акваторий, акустические ограничения, связанные с вредным влиянием шума на флору, приводит к актуализации вопроса акустических характеристик как судна в целом, так и его движителей. Основным типом движителя судов остается гребной винт, для которого уровень подводного шума зависит от скорости хода судна и от глубины погружения (в случае подводных лодок). При работе гребной винт создает переменные волны давления и, следовательно, вызывает акустические волны, приводящие к возникновению шума. Возникающий шум условно подразделяют на: шум от перемещения самой воды, шум от разницы давлений на засасывающей и нагнетающей поверхности лопасти винта; шум от периодических колебаний давлений из-за неравномерного поля потока за судном и шум, связанный с особенностями протекания кавитационных явлений различного рода. При этом, главным источником возникновения акустических колебаний является образующаяся кавитация, представляющая собой широкополосное акустическое излучение до 1000 Гц.

На малых скоростях хода судна гребной винт развивает малые усилия, и шум, обусловленный нестационарным полем давлений сравнительно невелик. С возрастанием скорости, развивающаяся кавитация сопровождается сильным шумом, который обусловлен схлопыванием кавитационных пузырьков и коле-

банием каверны при перемещении лопасти в поле переменных давлений. Вид кавитационной каверны также оказывает влияние на интенсивность кавитационного шума.

Вращаясь, гребной винт создает области низкого, или отрицательного, давления на концах и поверхностях лопастей, что, при определенных значениях давления, приводит к образованию полостей в виде небольших пузырьков (рис. 1). Кавитационные пузырьки схлопываются либо в турбулентном потоке, либо на поверхностях лопастей винта, создавая сильные звуковые импульсы. Традиционно, кавитация подразделяется на вихревую кавитацию и кавитацию на поверхностях лопастей. При вихревой кавитации каверны образуются на краях лопастей гребного винта и тесно связаны с вихревым потоком, остающимся позади вращающегося винта. При кавитации на поверхностях лопастей участки, образующие кавитацию, расположены непосредственно на передней и задней кромках лопастей винта. Исследования показывают, что основным источником кавитационного шума гребных винтов обычной конструкции является вихревая кавитация [2,3,6].



Рис. 1. Кавитационные каверны

Поскольку кавитационный шум состоит из большого числа хаотических слабых звуковых импульсов, возникающих при схлопывании пузырьков, он имеет непрерывный спектр. На высоких частотах спектральный уровень кавитационного шума уменьшается с частотой со скоростью 6 дБ на октаву или около 20 дБ на декаду. На низких частотах этот уровень возрастает с изменени-

ем частоты [4]. В результате в спектре кавитационного шума образуется максимум, который для кораблей и подводных лодок обычно имеет место в полосе частот от 100 до 1000 Гц. Положение максимума в спектре сдвигается в сторону низких частот по мере увеличения скорости движения и при уменьшении глубины (в случае подводных лодок).

Существуют разные методы прогнозирования уровня шума, зарубежные исследования показывают, что наиболее достоверными являются методики, основанные на использовании опытных данных кавитационных испытаний гребных винтов в кавитационных трубах и бассейнах, поскольку при определении спектральных уровней шума необходимо знание мгновенных, а не осредненных по времени параметров кавитационного течения, получаемых по методикам расчета кавитации. Стоит отметить, что акустические испытания более чувствительны к погрешностям, чем замеры пульсаций давлений, а акустические и гидродинамические волны с расстоянием развиваются по разным законам.

Исследования [5, 6] показывают, что шумоизлучение зависит от диаметра концевой вихря, являющегося функцией нагрузки и числа кавитации, а акустическое давление пропорционально объемному ускорению кавитирующего концевой вихря каждой лопасти. Результаты измерений спектральных уровней шума представляют в виде функции отношения критического числа кавитации σ_i к ее текущему значению σ_i/σ , где $\sigma = 2(p_0 - p_v)/\rho v_a^2$ – число кавитации, характеризующее величину разряжения на лопасти, образованное по скорости набегающего потока v_a ; p_0 – статическое давление в потоке перед гребным винтом; p_v – давление насыщенных паров воды; ρ – плотность воды. Учитывая разнообразие методик расчета акустического шума, особое внимание также стоит уделить численному моделированию акустики, однако при моделировании следует также учитывать и вносить поправки в соответствии с экспериментальными данными [1].

Таким образом, на сегодняшний день не существует единой универсальной методики расчета акустических характеристик, необходимо учитывать экс-

периментальные данные для внесения поправочных коэффициентов. Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод, что при проектировании современных гребных винтов стоит уделять особое внимание вопросам акустических характеристик и использовать имеющийся опыт [1, 6] при расчете данных характеристик.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fujiyama K., Nakashima Yo. Numerical prediction of acoustic noise level induced by cavitation on ship propeller at behind-hull condition // Fifth International symposium on marine propulsion, Espoo, June 2017.
2. Choi J., Hsiao C., Chanine G., Ceccio S. Growth, oscillation and collapse of vortex cavitation bubbles // Journal of fluid mechanics. – 2009. V. 624, pp. 255-279.
3. Konno A., Wakabayashi K., Yamaguchi H., Maeda M., Ishii N., Soejima S., Kimura K. On the mechanism of the bursting phenomena of propeller tip vortex cavitation // Journal of marine science and technology, 2002. V. 6, pp. 181-192
4. Бавин В.Ф., Завадовский Н.Ю., Левковский Ю.Л., Мишкевич В.Г. Гребные винты. Современные методы расчета. – Л.: Судостроение, 1983, 296 с.
5. Ильин В.П., Яковлева Ю.С. Метод пересчета на натурные условия уровней кавитационного шума моделей гребных винтов при измерении в однородном потоке // Труды Крыловского государственного научного центра, 2019. Т. 3, №389. С. 49-56.
6. Пустошный А.В., Коваль А.А. О методиках прогнозирования шума гребных винтов транспортных судов // Труды Крыловского государственного научного центра, 2021. Т. 2, №396. С. 13-36.

СЕКЦИЯ 1.6 ПРИКЛАДНАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА И ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

УДК 665.72

Е. Э. БИКМУХАМЕТОВА
elizavetabikmuh@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Н. С. СЕНЮШКИН

Уфимский государственный авиационный технический университет

ПРИМЕНЕНИЕ СПГ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ И ТРАНСПОРТЕ

Аннотация. Описание получения СПГ, а также использование СПГ в энергетике и преимуществ.

Ключевые слова: СПГ, агрегаты, газ, турбодетандер, топливо.

СПГ – сжиженный природный газ. Природный газ после очистки от примесей охлаждают до температуры конденсации ($-161,5\text{ }^{\circ}\text{C}$), при этом газ превращается в жидкость, а его объем уменьшается в 600 раз. СПГ является нетоксичную жидкость с относительно высокой массовой теплотой сгорания.

Малотоннажное производство СПГ осуществляется на комплексах по сжижению природного газа (КСПГ), предназначенных для приема из газотранспортной системы, коммерческого учета, предварительной подготовки и осушки природного газа, сжижения природного газа и дальнейшего отпуска СПГ потребителю. Типовая производительность малотоннажных КСПГ в среднем составляет менее 10 т/ч СПГ.

Существуют различные технологии производства СПГ, на территории РФ функционируют КСПГ, которые работают по циклу высокого давления с применением компрессора и холодильной машины, циклу среднего давления с применением турбодетандерных агрегатов, а также полного сжижения с внешним закрытым азотным циклом.

Учитывая особенности газотранспортной системы России, в частности наличием газораспределительных станций с большим перепадом входного и выходного давлений, перспективным является устройство КСПГ на ГРС по циклу среднего давления с применением турбодетандеров.

Природный газ поступает на КСПГ по отводу от газопровода высокого давления, расположенному до объекта редуцирования газа. Производится коммерческий учет расхода газа через КСПГ, его фильтруют от механических примесей и отделяют от капельной жидкости. Далее газ поступает в блок комплексной очистки, где происходит удаление воды, диоксида углерода и других примесей перед подачей газа в технологическое оборудование.

Очищенный газ последовательно охлаждается в теплообменных аппаратах криогенного блока, дросселируется и направляется в сепаратор, где происходит разделение полученной парожидкостной смеси. Часть природного газа пропускается через детандерные агрегаты, где газ совершает работу на лопатках турбины, которая может быть использована для генерации электроэнергии на собственные нужды; при расширении газ охлаждается, и его холод рекуперирован в блоке сжижения. Произведенный СПГ отводится на хранение либо отгрузку потребителю, а неочищенная часть потока газа возвращается в газопровод низкого давления.

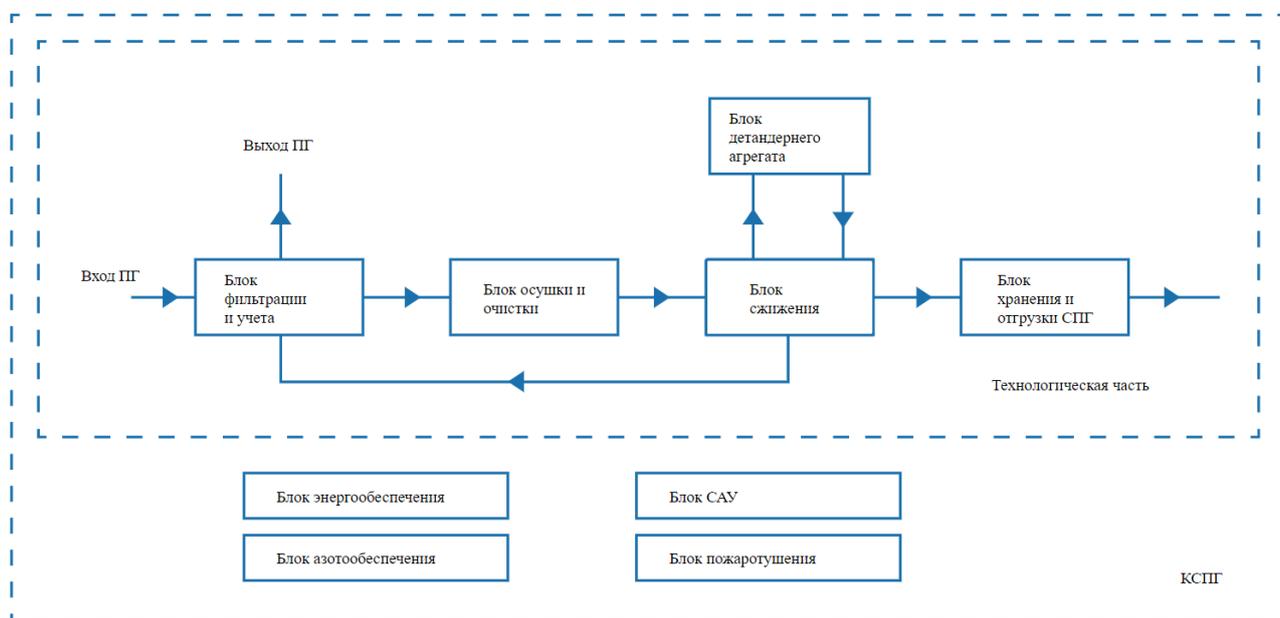


Рис. 1. Принципиальная блок-схема работы КСПГ по циклу с применением турбодетандеров[1]

Особенностью выбранной технологии является необходимость наличия потребителя газа низкого давления для осуществления сброса неочищенной в

технологическом процессе части газа. К преимуществам данной технологии относятся низкие эксплуатационные расходы КСПГ, минимальное энергопотребление основного технологического блока и энергетическая автономность за счет генерации энергии на собственные нужды.

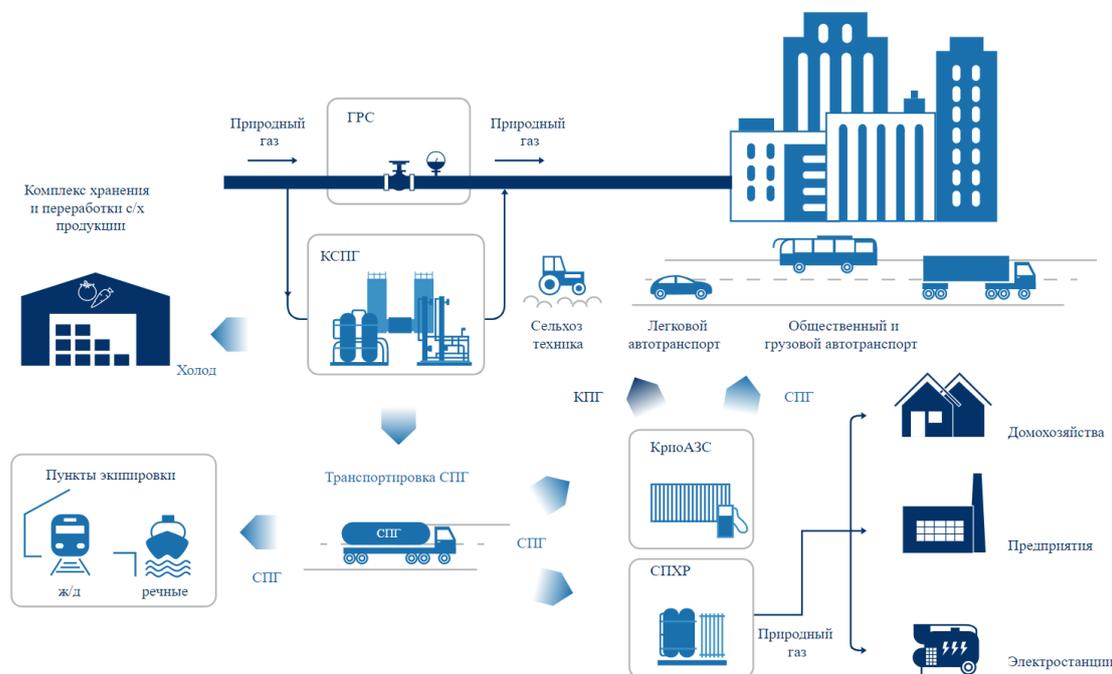


Рис. 2. Использование СПГ [1]

Существуют различные направления использования СПГ:

В качестве газомоторного топлива на крио-АЗС и экипировочных пунктах. Компримированный природный газ, получаемый путем регазификации СПГ, является наиболее востребованным ресурсом для легкового автотранспорта и сельскохозяйственной техники, а СПГ – для пассажирского и грузового автотранспорта, ж/д- и водного транспорта.

В качестве топлива энергоустановок предприятий и отдельных объектов энергетики, топлива хозяйственно-бытовых нужд населения. Для автономной газификации потребителей СПГ доставляется до СПХР (систем приема, хранения и регазификации), где проходит через процесс регазификации перед дальнейшей подачей по трубопроводам.

Отдельно необходимо отметить потенциал СПГ в качестве источника:

- Тепловой энергии при сжигании топлива;
- Холода, который может быть рекуперирован для хозяйственных нужд;

– Электрической энергии, которая может быть получена при производстве СПГ на перепаде давления газа и при его регазификации.

Сжиженный природный газ как альтернативное топливо имеет целый ряд преимуществ:

Сжижение природного газа увеличивает его плотность в 600 раз, что повышает эффективность и удобство хранения, а также транспортировки и потребления энергоносителя (в том числе и как моторного топлива для транспортных средств).

СПГ - криогенная жидкость, которая хранится под небольшим избыточным давлением при температуре около 112 К (-161 °С) в емкости с теплоизоляцией, и нетоксична.

Так же СПГ дает возможность газификации объектов, удаленных от магистральных трубопроводов на значительные расстояния, что, помимо всего прочего, например, позволяет также вовлекать в сельскохозяйственный оборот глубинные (удаленные) территории.

Более высокие показатели массовой низшей теплоты сгорания топлива и коэффициент полезного действия энергетического оборудования

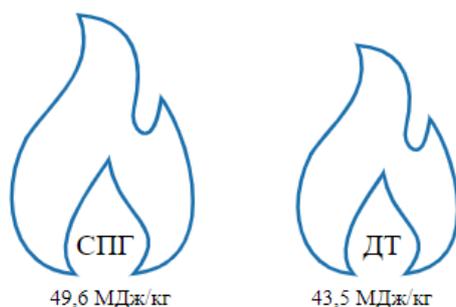


Рис. 3. Показатели массовой низшей теплоты сгорания топлива[1]

Снижение количества вредных выбросов в атмосферу

Меньшая стоимость топлива и экономия на топливных затратах

Увеличение срока службы оборудования вследствие чистоты топлива

Преимущества СПГ по сравнению с КПГ: низкое давление хранения СПГ (максимум до 10–20 кгс/см² абс. по сравнению с давлением в 250 кгс/см² абс. в автомобильных баллонах КПГ); меньшие габариты, масса и стоимость резер-

вуаров хранения и транспортировки топлива (топливных баков) одного и того же энергосодержания; увеличенная длина пробега транспортных средств (примерно в два раза) при одинаковых размерах топливных баков СПГ и баллонов КПП; возможность выбора расположения заправочных станций (в отличие от автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС)) независимо от наличия газопроводов; меньшие земельные площади для заправочных станций по сравнению с АГНКС; возможность выдачи регазифицированного СПГ при высоких давлениях и возможность заправки автомобилей на КПП, т.е. совмещение функции АГНКС на заправочной станции.

В ПАО "Газпром" разработана программа работ по решению актуальных задач газификации населенных пунктов, отдаленных от газопроводов. По оценкам специалистов ВНИИпромгаза, около 50% населенных пунктов, нуждающихся в газификации, экономически целесообразно обеспечивать газовым топливом в виде привозного СПГ.

Другой причиной необходимости ускорения работ по использованию СПГ является то, что все крупнейшие месторождения природного газа в России находятся в удаленных районах, неблагоприятных для строительства транспортных газопроводов, и наиболее целесообразным здесь представляется транспортировка газа в жидком состоянии.

Основные российские газовые месторождения будут располагаться именно в таких районах (Баренцево море, шельф Карского моря, остров Сахалин и т. д.). Это обуславливает необходимость строительства крупных заводов по производству СПГ в местах перспективных месторождений.

Согласно анализу Bloomberg, спрос на СПГ может вырасти на 5% в 2022 году примерно до 399 миллионов тонн после прогнозируемого роста на 6% в 2021 году. Суровые погодные условия и масштабы роста в 4 квартале являются ключевыми факторами, но они более оптимистичны, чем Clarksons и WoodMackenzie, которые прогнозируют рост на 4% в 2022 году. Ожидается рост в Азии почти на 14 млн тонн в год, чему способствуют такие страны, как Китай, Индия и Бангладеш. Необходимость пополнения запасов природного газа в Европе может стимулировать скромный рост, в то время как Кувейт выиг-

рывает среди остальных стран, поскольку он заключает контракт с Qatargas на 3 миллиона тонн в год.

Так, снизился спрос на газ именно трубопроводный, спрос на сжиженный газ, напротив, увеличился на 5%. Кроме того, ведущие аналитики в нефтегазовой сфере прогнозируют рост спроса на сжиженный газ вдвое до 2035 года.

Возникает вопрос – в чем же преимущества сжиженного газа по сравнению с трубопроводным газом?

Главным преимуществом сжиженного газа считается легкость в транспортировке – СПГ-танкерами и контейнерами его можно доставить в самые труднодоступные регионы мира. В отличие от трубопроводного газа, который доставляется на рынки только построенными газопроводами и только по определенному маршруту, сжиженный газ достигает потребителя вне зависимости от расстояния между поставщиком и покупателем.

Кроме того, производитель СПГ может своевременно реагировать на настроение газового сектора и перенаправить товар на другой рынок сбыта, даже если тот находится на другом континенте, в зависимости от изменения динамики и спроса на топливо. Так рынок сжиженного газа становится более гибким и конкурентоспособным.

Другой немаловажный момент: в транспортировке сжиженного газа, в отличие от трубопроводного, отсутствует риск аварий на газопроводах, что обеспечивает своевременную поставку топлива заказчику.

Сжиженный газ больше всего полюбился странам, которые ввиду своего географического расположения не могли выйти на мировые рынки в виде экспортера: такие страны как Австралия, Малайзия и Индонезия благодаря удобству транспортировки СПГ могут создать конкурентоспособную среду на мировом газовоспроизводственном рынке.

Еще одним плюсом сжиженного газа является то, что его можно очистить от выбросов и получить углеродно-нейтральный газ. На фоне роста тенденций к использованию энерготоплива с минимальными выбросами, и перехода к "зеленой энергетике", нейтрально-углеродный сжиженный газ как нельзя лучше соответствует мировым стандартам.

Наряду с плюсами СПГ-топливо имеет и минусы. Сжижение газа на специальных заводах - довольно затратное. Так, согласно отчету министерства энергетики США, в среднем сжижение тысячи кубических футов газа обходится в 2,2 доллара, если добавить к этой цифре еще стоимость транспортировки газа до конечного пункта назначения, можно получить большую стоимость, чем за тот же объем трубопроводного газа.

Другая сложность состоит в том, что странам, которые закупают сжиженный газ, нужно иметь терминалы по приему СПГ, так называемые терминалы регазификации. Они успешно функционируют в 42 странах, но самые мощные из них собраны в Японии и Европе.

Тем не менее, несмотря на имеющиеся минусы, сжиженный природный газ остается лидером на рынке, на что указывает и решение многих стран отказаться от контрактов на закупку трубопроводного газа в пользу СПГ. Также можно наблюдать заметно возросшие инвестиции в строительство и модернизацию СПГ-терминалов в странах-импортерах топлива, и параллельное увеличение инвестиций в строительство заводов по сжижению газа в странах-экспортерах.

СПГ как моторное топливо для автомобильного транспорта применяют в Соединенных Штатах Америки, Франции, Нидерландах, Норвегии, Германии и других странах. Помимо автотранспорта, сжиженный газ в качестве моторного топлива применяется и на других видах транспорта (водный – газовозы, железнодорожный – газотепловозы). На сегодняшний день уже насчитывается более двух сотен морских судов-метановозов, которые используются для транспортировки СПГ и применяют его в качестве моторного топлива. Во многих развитых странах ведутся работы по использованию сжиженного газа на морском, речном и ж/д транспорте.

На сегодняшний день довольно интенсивно развивается направление по использованию СПГ в качестве моторного топлива, это направление в дальнейшем должно стать самостоятельной отраслью экономики развитых стран.

Из вышеизложенного следует: автономное энергоснабжение небольших промышленных, социальных предприятий и населенных пунктов на базе мини-

энергетики с использованием СПГ является привлекательной сферой для инвестиций объектов энергетики со сравнительно коротким сроком окупаемости капитальных вложений.

Автономные объекты мини-энергетики с применением сжиженного природного газа не только помогут ликвидировать проблему энергообеспечения отдаленных регионов, но и являются альтернативой для прекращения зависимости потребителей от крупных поставщиков электрической и тепловой энергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1.Что такое СПГ- Газпром СПГ технологии. [Электронный ресурс]– <https://www.gspgt.ru/articles/chto-takoe-spg/>
- 2.Сжиженный природный газ как основа теплоснабжения отдаленных регионов. [Электронный ресурс] – <https://neftegaz.ru/science/Energetika/332443-szhizhennyu-prirodnyy-gaz-kak-osnova-teplosnabzheniya-otdalennykh-regionov/?ysclid=17lgbv6p94295692712>
- 3.Применение СПГ. Где используют сжиженный природный газ. [Электронный ресурс] - <https://lngas.ru/uselng#:~:text=%D0%A1%D0%9F%D0%93%20%E2%80%94%D1%8D%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9%20%D0%B2%D0%B8%D0%B4%20%D1%82%D0%BE%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%B0.,%D1%82%D0%BE%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%BE%20%D0%BD%D0%B0%20%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BB%D0%B8%D1%87%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D0%B0%D1%85%20%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82%D0%B0>
- 4.Что такое СПГ. — Секрет фирмы (secretmag.ru) –<https://secretmag.ru/enciklopediya/chto-takoe-spg-obyasnyаем-prostymi-slovami.htm?ysclid=180ccbyr022635789>
- 5.Прогноз на 2022 год: глобальная информация о сжиженном природном газе | Bloomberg Professional Services (turbopages.org)– https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.50b57feb-6320439d-6b0d515e-74722d776562/https/www.bloomberg.com/professional/blog/2022-outlook-global-liquefied-natural-gas/
6. Сжиженный газ против трубопроводного: каковы тенденции на газовом рынке - Sputnik Азербайджан, 05.04.2021 (sputniknews.ru) – <https://az.sputniknews.ru/20210405/Szhizhennyu-gaz-protiv-truboprovodnogo-kakovy-tendentsii-rynke-426563366.html>
- 7.ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА В КАЧЕСТВЕ МОТОРНОГО ТОПЛИВА НА АВТОТРАНСПОРТЕ - Международный студенческий научный вестник (сетевое издание) (eduherald.ru) – [https://eduherald.ru/ru/article/view?id=18761#:~:text=%D0%9F%D1%80%D0%B5%D0%B8%D0%BC%D1%83%D1%89%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0%20%D0%A1%D0%9F%D0%93%20%D0%BF%D0%BE%20%D1%81%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8E%20%D1%81,%D0%B4%D0%B2%D0%B0%20%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%B0\)%%20%D0%BF%D1%80%D0%B8%20%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D1%85%20%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%85](https://eduherald.ru/ru/article/view?id=18761#:~:text=%D0%9F%D1%80%D0%B5%D0%B8%D0%BC%D1%83%D1%89%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0%20%D0%A1%D0%9F%D0%93%20%D0%BF%D0%BE%20%D1%81%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8E%20%D1%81,%D0%B4%D0%B2%D0%B0%20%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%B0)%%20%D0%BF%D1%80%D0%B8%20%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D1%85%20%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%85)

УДК 621.165.76-146.2

А. А. БУДНИКОВ

arsenybudnikov@gmail.com

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. Ф. Г. БАКИРОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ПГУ НА БАЗЕ ПАРОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ Т-100-130 И ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК ГТЭ-45

Аннотация. В данной работе был выполнен обзор научно-технической литературы по теме парогазовых технологий производства электрической и тепловой энергии, рассмотрены перспективы развития современной энергетики, приведены технические характеристики, а также описание и разработка комбинированной парогазовой установки (КПГУ) на базе паротурбинной установки Т-100-130 и газотурбинных установок ГТЭ-45, проведено исследование влияния температуры атмосферного воздуха на энергетические показатели комбинированной парогазовой установки.

Ключевые слова: комбинированная парогазовая установка; газовая турбина; паровая турбина; энергетические показатели.

Актуальность работы: главными целями создания электростанций является осуществление выработки электрической энергии для обеспечения промышленного потребителя, коммунального хозяйства, воздушного и наземного транспорта, а также снабжение жилых зданий горячим водоснабжением.

В настоящее время для организации работы электростанций существуют паротурбинные (ПТУ) и газотурбинные установки (ГТУ).

Паротурбинная установка – это установка, рабочим телом которой является вода или водяной пар. Такая установка работает по термодинамическому циклу, называемым циклом Ренкина. Для генерации и перегрева пара затрачивается топливо в парогенераторе (паровом котле), а образовавшийся пар впоследствии совершает полезную работу в турбине.

В качестве паротурбинных установок могут применяться различные турбины, такие как паровые турбины с производственным отбором пара, турбины с теплофикационным отбором пара, а также турбины с противодавлением. Их особенностью, по сравнению с турбинами конденсационного типа (в турбинах этого типа часть энергии потока преобразуется в электрическую энергию, тогда как оставшаяся часть теряется), является то, что отработавший пар после про-

точной части турбины полностью (для турбин с противодавлением) или частично применяется для обеспечения промышленного предприятия или жилых домов, что уменьшает количество электрической энергии, вырабатываемой электрогенератором.

Электростанции, обеспечивающие и промышленного, и теплового потребителя, называются теплоэлектроцентралями. Обычно они расположены непосредственно возле потребителя.

В газотурбинной установке рабочим телом является газозвдушная смесь, образовавшаяся в процессе сжигания топлива в камере сгорания, куда из компрессора подводится сжатый воздух, причем для работы привода компрессора затрачивается часть мощности, вырабатываемой турбиной. Работает такая установка по циклу Брайтона.

Для каждой из этих установок существуют определенные способы повышения экономичности, такие как различные тепловые схемы, термодинамические циклы, очистные сооружения, но так как остается неизменным применение топлива в существующих установках, а также связанные с этим затраты по стоимости самого топлива и вредных выбросах в атмосферу, ограниченность источников используемых ресурсов (топлива) на сегодняшний день. В связи с этим, возникает вопрос поиска более эффективного способа повышения экономичности энергетических установок, то есть способа снизить количество потребляемого топлива.

Одним из способов повышения эффективности работы является применение комбинированных парогазовых установок (КПГУ). Отличие их работы состоит в том, что теплота уходящих газов газотурбинной установки цикла Брайтона используется для генерации пара цикла Ренкина. Это связано с тем, что уходящие газы газотурбинной установки имеют достаточно высокую температуру для нагрева воды в парогенераторе, которым выступают котел-утилизатор. В таком случае теплота уходящих газов не «сбрасывается» (теряется) в атмосфере, а полезно используется для генерации пара в паротурбинной

части энергоустановки. Термодинамический цикл такой установки носит название цикла Брайтона-Ренкина.

В целях более глубокого охлаждения уходящих газов газотурбинной установки и, как следствие, более эффективного использования количества теплоты топлива, применяются котлы-утилизаторы разных уровней давления. Применение такой схемы позволяет совершенствовать отдельные элементы принципиальной тепловой схемы, корректируя изменение давления контура высокого давления и низкого давления, что позволяет найти их оптимальное соотношение для достижения наибольшего коэффициента полезного действия по производству электроэнергии. В некоторых случаях вместе с применением котла-утилизатора двух уровней давления используют перегрев пара в целях уменьшения влажности в последних ступенях паровой турбины.

Цель работы: сравнение энергетических показателей комбинированной парогазовой установки на базе паротурбинной установки Т-100-130 и газотурбинных установок ГТЭ-45 в зависимости от режима работы, который определяется температурой атмосферного воздуха.

В данной работе была разработана принципиальная тепловая схема парогазовой установки на базе паротурбинной установки Т-100-130 и газотурбинных установок ГТЭ-45 с двухконтурным котлом-утилизатором в целях более эффективного использования теплоты уходящих газов из газовой турбины и дожиганием топлива для обеспечения требуемой температуры острого пара, подаваемого в паровую турбину, был рассчитан контур газотурбинной установки ГТЭ-45 в программном обеспечении DWIGwT7.12 в режиме ISO, который соответствует режиму работы при температуре атмосферного воздуха $t_n = 15$ °С, проведен расчет дроссельных и климатических характеристик газотурбинной установки. Расчет паротурбинной установки проводился на основании полученного расчета контура ГТУ. В ходе расчета были определены параметры рабочего тела в точках термодинамического цикла, энергетические показатели эффективности турбоустановки.

На основании расчета паротурбинного и газотурбинного контуров был проведен расчет двухконтурного котла-утилизатора, а также парогазовой установки в целом. Было установлено, что для обеспечения работы паротурбинной контура на базе паровой турбины Т-100-130 необходимо установить 4 газотурбинных установки ГТЭ-45 вместе с котлом-утилизатором.

Расчет парогазовой установки включает в себя определение работоспособности разработанной принципиальной тепловой схемы, определение основных показателей экономичности работы парогазовой установки, а также расчет отдельных элементов тепловой схемы.

Таким образом, были получены следующие результаты в зависимости от температуры наружного воздуха на трех режимах работы, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Результаты расчета ПрТС разработанной КППУ в зависимости от температуры наружного воздуха

Параметр	Режим работы $t_n, ^\circ\text{C}$		
	-30	-8	20
$N_3^{\text{пгу}}, \text{МВт}$	302,88135	293,04410	270,04975
$\eta_3^{\text{гту}}$	0,29983	0,30071	0,2946
$\eta_3^{\text{пту}}$	0,25752	0,25559	0,24485
$\eta_3^{\text{пгу}}$	0,35706	0,37676	0,39081
$b_3^{\text{пгу}}, \frac{\Gamma}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}$	343,91793	325,93674	314,21914

Из проведенного расчета видно, что комбинированная работа газового и парового контуров значительно повышает коэффициент полезного действия по производству электрической энергии по сравнению с отдельной работой газотурбинной и паротурбинной установок. В результате, при температуре атмосферного воздуха $t_n = -30 ^\circ\text{C}$ эти значения для газотурбинной и паротурбинной частей соответственно составят:

$$\delta_{\text{пгу-гту}} = 19,08\%.$$

$$\delta_{\text{пгу-пту}} = 38,65\%.$$

Таким образом, применение комбинированного цикла Брайтона-Ренкина в составе парогазовых установок повышает тепловую экономичность работы по сравнению с отдельной работой газотурбинной и паротурбинной установок, что особенно заметно по увеличению коэффициента полезного действия, где наиболее заметный рост наблюдается в части паротурбинного контура.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цанев С. В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций / С. В. Цанев, В. Д. Буров, А. Н. Ремезов; под ред. С. В. Цанева. М.: Издательство МЭИ, 2002.
2. Бойко Е.А., Баженов К.В., Грачев П.А. Тепловые электрические станции (паротурбинные установки ТЭС). Справочное пособие - Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006. – 152с.
3. Конвертирование авиационных ГТД для использования в наземных энергетических установках: учебное пособие / Ю.Г. Арьков, З.Г. Шайхутдинов; Уфимск. авиац. ин-т. Уфа, 1986. 82 с.
4. Стерман Л.С., Лавыгин В.М., Тишин С.Г. Тепловые и атомные электрические станции: Учебник для вузов. – 3-е издание, перераб. – М.: Издательство МЭИ, 2004. – 424 с.

УДК 621.311.22

Р. И. ВАЛЕЕВ

valeev1999@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А. Н. ЖИЛИН

Уфимский государственный авиационный технический университет

ТЭЦ МОЩНОСТЬЮ $N_{Э}=400$ МВт, $Q_{Т}=2930$ ГДЖ/Ч (700 ГКАЛ/Ч) НА БАЗЕ ТУРБИН Т-110/120-130

Аннотация. В данной работе выполняется выбор основного и вспомогательного оборудования ТЭЦ в соответствии с «Нормы технологического проектирования тепловых электростанций». Произведен выбор вспомогательного оборудования станции, таких как: деаэраторы повышенного давления и деаэраторы 1,2 ата, питательные насосы, подогреватели сетевой воды, конденсатные насосы для сетевых подогревателей, выбор РОУ, сетевые насосы и т.д. В работе выполнен расчет тепловой схемы турбины Т-110/120-130 при номинальном режиме, а также рассчитаны технико-экономические показатели спроектированной станции при температуре окружающего воздуха -20°C . Произведен тепловой расчет подогревателя сетевой воды ПСГ-2, приведено описание конструктивной схемы подогревателя, его технических характеристик, включения подогревателя в схему станции.

Ключевые слова: теплоэлектроцентраль, турбина, основное оборудование, вспомогательное оборудование, выработка электроэнергии.

Электрические станции являются промышленными предприятиями по выработке электрической и тепловой энергии. Процесс производства электроэнергии происходит в связи преобразованием тепловой энергии в электрическую, вызванная за счет экзотермических реакций между исходными веществами: горючем топливом и окислителем (кислородом), на станциях так называемые ТЭС (тепловые электростанции). Существует другой вид станций АЭС (атомная электростанция), отличаются от ТЭС в виде топлива, где в атомных реакторах в результате распада тяжелых атомов выделяется большое количество теплоты.

ТЭС общий термин тепловых электростанций, объединяющий такие виды станций как ТЭЦ и КЭС. Различие ТЭЦ от КЭС в том, что для первого имеет место быть отпуск тепловой энергии для теплоснабжения тепловых потребителей: жилищных домов, промышленных предприятий. КЭС – конденсационная станция, которая занимается производством только электроэнергии.

ГРЭС - государственная районная электростанция, является конденсационной электростанцией мощностью более 1000 МВт.

Вода преобразуется в пар энергетических котла. Пар под большим давлением поступает на паровую турбину, вращаясь турбина создает крутящий момент у электрического генератора, что делает паровую турбину тепловым двигателем на ТЭС и АЭС.

На электростанциях находится большой комплекс оборудования, как основного, так и вспомогательного. К основному оборудованию относятся: паровые турбины, котел, конденсатор, пиковые водогрейные котлы. К вспомогательному оборудованию относят: регенеративные подогреватели основного конденсата, сетевые подогреватели сетевой воды для теплоснабжения, большое количество насосов, дымососов, вентиляторов, деаэраторов, градирни и т.д.

Для обеспечения работы всей станции требуется правильно выполненный проект с наилучшими технико-экономическими показателями, для этого требуется подбор основного и вспомогательного оборудования, который в совокупности обязан обеспечить безаварийную работу станции, при минимальных капитальных вложениях будущей ТЭЦ. Этим обусловлена актуальность данной работы.

Проектируемая электростанция имеет схему с поперечными связями. Питание деаэраторов повышенного давления и деаэраторов атмосферного давления всей станции предполагается осуществлять турбиной ПТ-60/75-130/13. В схему станции включаются редуционно-охладительные установки.

Основным энергетическим оборудованием ТЭЦ турбины Т-110/120-130 и ПТ-60-130/13, энергетические котлы БКЗ-320-140. Пиковый водогрейный котел ПТВМ-180 и пиковый подогреватель сетевой воды ПСВ-500-14-23 обеспечивают покрытие пиковой теплофикационной нагрузки.

Произведен выбор вспомогательного оборудования станции, таких как: деаэраторы повышенного давления и деаэраторы 1,2 ата, питательные насосы, подогреватели сетевой воды, конденсатные насосы для сетевых

подогревателей, выбор РОУ, сетевые насосы и т.д. Перечень основного и вспомогательное оборудование представлено в таблице 1.

Таблица 1

Основное и вспомогательного оборудовании станции

Оборудование	Количество
Паровой котел БКЗ-320-140	7
Паровая турбина ПТ-60-130-13	3
Паровая турбина Т-110/120-130	2
Водогрейный котел ПТВМ-180	1
Питательный насос ПЭ-580-185-5	6
Деаэратор питательной воды ДП-500/65	5
ДА-200/50 атмосферный деаэратор	3
ДА-100/25 атмосферный деаэратор	2
Подогреватель сетевой воды ПСВ-315-3-23	1
Конденсатный насос сетевой воды Кс 50-150 для ПСВ-315-3-23	2
Редукционно-охладительная установка РОУ	2
Сетевой насос СЭ 2500-180-8	4
Циркуляционный насос Д 6300-27-3	5
Градирня БГ-4000-71	2
Пиковый подогреватель ПСВ-500-14-23	1

Осуществляется выбор сортамента паропровода для котла БКЗ-320-140, для турбин ПТ-60-130 и Т-110-130, трубопровода питательной воды, мазутопровода, газопровода, в таблице 2 представлен сортамент трубопроводов станции.

Таблица 2

Сортамент трубопроводов станции

Трубопровод	Сортамент
Паропровод БКЗ-320-140	351x38, Сталь 12Х1МФ
Паропровод ПТ-60-130-13	377x40, Сталь 12Х1МФ
Паропровод Т-110/120-130	406x45, Сталь 12Х1МФ
Трубопровод питательной воды	325 x21, Сталь 15ГС
Мазутопровод	219x6, Сталь 20
Газопровод	720x8, Сталь 20

Был произведен расчет расчет тепловой схемы турбины Т-110/120-130 при номинальном режиме.

Произведен расчет технико-экономических показателей ТЭЦ при $t_{\text{нв}} = -20^{\circ}\text{C}$, где в таблице 3 указаны основные показатели ТЭЦ.

Таблица 3

Основные технико-экономические показатели ТЭЦ при -20°C

Электрическая нагрузка ТЭЦ	$N_{\text{э}} = 400 \text{ МВт}$
Отпуск пара на производство	$D_{\text{п}} = 300 \text{ т/ч}$
Отпуск теплоты на производство и на теплофикацию	$Q_{\text{тп}}^{\text{ТЭЦ}} = 701,15 \text{ Гкал/ч}$
Отпуск теплоты на производство	$Q_{\text{п}} = 198,98 \text{ Гкал/ч}$
Отпуск теплоты на теплофикацию от турбин	$Q_{\text{от}} = 469 \text{ Гкал/ч}$
Отпуск теплоты на теплофикацию от пикового подогревателя	$Q_{\text{пп}} = 32,98 \text{ Гкал/ч}$
Удельный расход условного топлива на производство электроэнергии	$b_{\text{у}}^{\text{э}} = 210,26 \frac{\text{г}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}$
Удельный расход условного топлива на производство и отпуск тепловой энергии	$b_{\text{у}}^{\text{т}} = 34,11 \frac{\text{кг у.т.}}{\text{ГДж}}$

Расчет подогревателя сетевой воды ПСГ-2300-2-8-1 выполняется на базе теплофикационной турбины Т-110-130. Входе расчета данного подогревателя выяснили, что необходимая площадь теплообмена согласуется заводскими данными подогревателя. Следовательно, данный подогреватель удовлетворяет условиям работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буров В.Д. Тепловые электрические станции: учебник для вузов / В.Д. Буров, Е.В. Дорохов, Д.П. Елизаров и др.: под ред. В.М. Лавыгина, А.С. Седлова, С.В. Цанева. – М.: Издательство МЭИ, 2009. – 454с.
2. Нормы технологического проектирования тепловых электрических станций ВНТП 81, Москва, 1981– 69 с.
3. Типовая нормативная характеристика турбоагрегата ПТ-60-130/13 ЛМЗ – Москва, 1975 – 38 стр.
4. РД 34.26.703 типовая энергетическая характеристика водогрейного котла ПТВМ-180, Москва, 1986 – 42 с.
5. ГОСТ 16860-88 Деаэраторы термические. Типы, основные параметры, приемка, методы контроля, Москва, 1988–44 с.

6. Бойко Е.А. Тепловые электрические станции (паротурбинные энергетические установки ТЭС): Справочное пособие / Бойко Е.А., Баженов К.В., Грачев П.А. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006. – 152 с.
7. Выбор основного и вспомогательного оборудования тепловых электрических станций: Учеб.–метод. пособие / Под ред. А.В. Мошкарина; Иван. гос. энерг. ун-т. – Иваново, 2004. - 56 с.
8. РД 34.40.509-93 Типовая инструкция по эксплуатации систем регенерации высокого давления энергоблоков мощность 100 - 800МВт Москва, 1994-72стр.
9. Григорьева В.А., Зорина В.М. – Тепловые и атомные электростанции: Справочник/ Под общ. ред. – 2-е. изд, перераб – М.: Энергоатомиздат, 1989, - 608 с.: ил – (Теплоэнергетика и теплотехника; КН.3).
10. Калютник А.А., Сергеев В.В. – Трубопроводы тепловых электрических станций: Учеб. пособие / СПб.: Изд.-во СПбГПУ, 2003. 50 с.
11. РД 10-249-98. Нормы расчета на прочность стационарных котлов и трубопроводов пара и горячей воды, Москва, 1999 – 76 с.
12. ГОСТ 8732-78. Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Сортамент (с Изменениями N 1, 2), Москва 1978 – 47 с.
13. ГОСТ 33228-2015 Трубы стальные сварные общего назначения. Технические условия, Москва 2015 – 45 с.
14. Трубопроводы ТЭС. Условия создания. Нормы и требования. СТО 70238424.27.100.077-2009, Москва 2009 – 65 с.
15. СП 42-102-2004 свод правил по проектированию и строительству проектирование и строительство газопроводов из металлических труб, Москва 2004 – 45 с.
16. Подогреватели сетевой воды для тепловых электростанций, отопительно-производственных и отопительных котельных типы. Основные параметры. Конструкция и размеры. Технические, ОСТ 108.271.101—76, Москва 1976 – 35 с.
17. ГОСТ 108.271.17-76 Подогреватели поверхностные низкого и высокого давления для системы регенерации стационарных паровых турбин. Типы и основные параметры. Технические требования (с Изменениями N 7), Москва 1976 – 56 с.

УДК 661.961

В. Я. ГРИГОРЬЕВА, Н. С. СЕНЮШКИН

valeriya941310@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Н. С. СЕНЮШКИН

Уфимский государственный авиационный технический университет

СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА

Аннотация. Одноатомная форма водорода – самое распространенное химическое вещество во Вселенной. Водород – это самое энергоемкое и легкое вещество из всех видов топлива. В будущем он может заменить традиционные виды топлива. Неотъемлемая часть водородной энергетики – первое звено в жизненном цикле употребления водорода. Водород практически не встречается на Земле в чистом виде и должен извлекаться из других соединений с помощью различных химических методов.

Ключевые слова: водород, способы получения водорода, чистый водород, конверсия.

Целью данной работы стоит изучение способов получения водорода и анализ приведенных методов с целью выбора наиболее оптимального и экономически выгодного.

С тех пор как появилась перспектива перехода на водородную энергетику с углеводородной, потребность в дешевом получении водорода в промышленных масштабах стала возрастать каждый год. Это связано с повышением требований к качеству топлива, улучшения свойств стали и смазочных материалов. Его также хорошо применяют для охлаждения генераторов на электростанциях.

Процессы получения водорода подразделяются на несколько способов:

- паровая конверсия метана и природного газа;
- газификация кокса;
- электролиз воды;
- концентрирование водорода при помощи мембранных установок;
- извлечение водорода с помощью адсорбционных установок;
- плазмохимия и др.

«Наиболее дешевый водород получается методом паровой конверсии метана» – рассказывает заведующий отделом гетерогенного катализа Института катализа СО РАН Павел Снытников.

Паровая конверсия – получение чистого водорода из легких углеводородов (например метана, пропан-бутановой фракции) путем парового риформинга (каталитической конверсии углеводородов в присутствии водяного пара). Она является одним из базовых процессов химической промышленности.

Природный газ подвергают обессериванию с помощью ZnO или цеолитов. Основная реакция протекает на никелевом катализаторе при 900- 1000°C и объемных скоростях около 1000 ч⁻¹ вплоть до равновесной конверсии. Основная реакция протекает в реакторе, обогреваемом огневыми горелками. В реакторе находится от 40 до 400 трубок из нержавеющей стали с катализатором. Лишь в нескольких случаях применялись реакторы с теплообменниками.

Преимущества:

1. Реформирование газового пара является самым популярным и самым дешевым способом производства водорода.
2. Себестоимость водорода при паровой конверсии оказывается ниже себестоимости водорода при кислородной конверсии

Основные недостатки паровой конверсии

1. Высокая стоимость перегретого водяного пара;
2. Образование значительных избыточных количеств CO₂;
3. Получаемый синтез-газ состава H₂:CO = 3:1 удобен для синтеза аммиака, но неудобен для синтеза метанола, уксусной кислоты и углеводородов по методу Фишера-Тропша.

Газификация кокса. Технология заключается в пропускании перегретого водяного пара через слой кокса, каменного или бурого углей при температуре свыше 1000° С без доступа кислорода. Полученная смесь водорода и окиси углерода обрабатывается водяным паром. Один из наиболее перспективных способов применения продуктов газификации угля — сжигание на тепловых электростанциях, поскольку современные установки отличаются высокой производительностью, сравнительно низкой себестоимостью конечного продукта и способны работать в непрерывном режиме.

Преимущества:

1. Принцип противотока, т. е. хорошая теплопередача и при этом меньший расход кислорода и благоприятные кинетические условия из-за постоянной концентрации углерода;

2. Газификация протекает под давлением, что в случае получения синтез-газа означает экономию расходов на компрессию.

3. Этот способ эффективен для получения синтез-газа

Недостатки процесса следующие:

1. можно перерабатывать (с учетом сопротивления слоя загрузки газовому потоку) частицы только определенного размера; при значительном количестве более мелких частиц снижается производительность;

2. Наряду с газификацией идет термическое разложение топлива с образованием продуктов полукоксования, которые приходится перерабатывать.

3. При газификации кускового топлива перегретым водяным паром и кислородом под давлением и при удалении золы в твердом состоянии наблюдается относительно низкая степень конверсии поданного водяного пара (30—40%).

4. Требуется очистка образующейся аммиачной воды

Электролиз воды. При помощи электролитических установок водород получают как в промышленности, так и для коммерческого использования. На рынке присутствует оборудование разной производительности, а сырьем служит обычная вода. Установка представляет собой сосуд с раствором щелочи или средней соли, в который погружены два электрода. При пропускании постоянного тока на катоде выделяется водород. Вторичный продукт реакции — кислород — также используется для решения технологических задач. Доочистка позволяет получить на выходе технически и химически чистый водород. Электролизер с вспомогательным оборудованием для водоподготовки и осушения размещается на небольшой площади. Многие производители предлагают мобильные моноблочные и контейнерные установки.

Преимущества метода:

1. Среди всех способов получения водорода в промышленности электролитический считается наиболее экологичным.

2. Сырьем для электролиза является дешевая и доступная вода, а продуктами электролиза - химически чистые кислород, водород и тяжелая вода

Недостатки:

1. Основным недостатком электролиза является большое напряжение разложения воды- 1,23 В

2. Перенапряжение выделения газов на существующих ныне электродных материалах также достаточно велико

3. Зависимость от качества сети питания.

Концентрирование водорода при помощи мембранных установок. Данный метод разделения газообразных смесей позволяет с минимальными потерями выделять водород из газовых потоков. К основным преимуществам мембранных установок, позволяющих концентрировать водород в, можно отнести низкие расходы на техническое обслуживание, простое аппаратное оформление и длительный срок службы мембран. Стоит отдельно отметить, что мембранные установки отличаются высокой гибкостью, которая реализуется при создании модульных систем, позволяющих быстро изменять масштаб производства водорода. Еще одним важным достоинством этого способа получения водорода является доступная стоимость оборудования, обусловленная целым рядом особенностей производства и монтажа мембранных установок

Преимущества мембранной технологии:

1. Непрерывный процесс;
2. Простота, компактность оборудования;
3. Быстрый выход на рабочий режим.

Недостатки процесса :

1. Потеря давления для проникающего компонента;
2. Более высокая энергоемкость;
3. Срок службы составляет 5-10 лет в результате естественного старения и разрушения мембран;
4. Малая ремонтпригодность.

Извлечение водорода с помощью адсорбционных установок. В основе этого метода получения чистого водорода лежит технология короткоциклового

или сверхкороткоциклового адсорбции при переменном давлении. Эта технология использует принцип поглощения примесей водородсодержащего газа на поверхности специально разработанных адсорбирующих материалов. Количество удерживаемых адсорбентом примесей напрямую зависит от давления, поэтому данные установки по производству водорода позволяют проводить процесс адсорбции примесей и регенерации адсорбента изменением давления. Этим способом получают очень чистый водород, с минимальными потерями давления. Единственным минусом этого способа получения водорода можно назвать достаточно высокую стоимость.

Преимущества КЦА:

1. Непрерывный процесс;
2. Дешевые углеродные материалы угли, цеолиты, силикагели;
3. Эффективные простые технологии;
4. Высокая чистота для легкого компонента; давление продуктового газа незначительно ниже исходного.

Недостатки КЦА:

1. Необходимы регенерация, реактивация адсорбента, энергозатраты на регенерацию.

Плазмохимия. Данный метод использует химическую активность ионизованного газа — плазмы, является гораздо более производительным по сравнению с электролизом, удельная производительность установок которого не более 0,5 литра водорода с 1 см³. В специальные установки — плазмотроны подводят газы или пары различных веществ. Интенсивным электромагнитным полем в этих газах или парах создают электрические разряды, образуется плазма. Энергия электрического поля передается ее электронам и от них нейтральным молекулам, которые переходят в возбужденное, химически активное состояние. Особо перспективны неравновесные плазмохимические системы, где электроны, разогреты электромагнитным полем до температур 10–15 тыс. °С, избирательно передают энергию молекулам, а последние, распадаясь, образуют нужные химические продукты. При этом газ в целом остается практически холодным (его температура 300–1000 °С). Важное преимущество этих систем — объ-

емный характер протекающих в них процессов. Большие скорости химических реакций в газовой фазе позволяют добиваться гигантской удельной производительности плазмотронов. Правда, плазмохимическое разложение различных веществ, которое уже в течение десятка лет выполняется в Институте атомной энергии имени И.В. Курчатова, показало, что далеко не все газы и пары можно эффективно разлагать методами плазмохимии. У ряда соединений пока еще не удается свести к минимуму процессы релаксации – быструю потерю энергии молекулами, возбужденными разрядом, и предотвратить обратные реакции – рекомбинацию. К числу таких веществ относятся пары воды, так что их прямое плазмохимическое разложение на кислород и водород в настоящее время малоэффективно. А вот углекислый газ оказался идеальным плазмохимическим объектом. Неравновесное возбуждение его молекулярных колебаний до 4–6 тыс. °С приводит к тому, что богатые энергией молекулы отбирают ее у более бедных. Происходит как бы «монополизация» энергии, в физических терминах – перезаселение высоковозбужденных состояний молекул. Это влечет за собой резкое повышение скорости химических реакций и энергетической эффективности процесса. Коэффициент полезного действия при разложении углекислого газа на окись углерода и кислород превышает 80 %. Практически всю вкладываемую в разряд энергию удастся направить на осуществление полезной химической реакции.

Основные преимущества:

1. Обеспечение целесообразности применения плазмохимических технологий для переработки полимерных отходов с получением водорода
2. Позволяет исключить дорогостоящую операцию очистки
3. Современные плазмохимические процессы достаточно управляемы, их можно моделировать и автоматизировать
4. За счет высоких температур плазма способна полностью разрушить любые органические и биологические материалы, гарантированно уничтожить самые токсичные яды
5. Плазмохимические реакторы, как правило, являются модульными и требуют весьма малого пространства

6. Обеспечивается удобство обслуживания, ремонтпригодность, приспособляемость к определенным требованиям, быстрое наращивание производительности, если потребуется.

7. Выхлопные газы и твердые дисперсные материалы могут присутствовать в более концентрированном виде, чем при традиционном сжигании, т.е. степень переработки составляет более 99,7 %.

Получение водорода из природных органических топлив в настоящее время является наиболее широко освоенным методом

Основные недостатки получения водорода из природных топлив — выбросы в атмосферу больших количеств CO₂, утилизация которого требует значительных капитальных затрат и эксплуатационных расходов, тем самым существенно повышая стоимость конечного продукта.

По этим причинам получение водорода из природных топлив обычно рассматривается как переходная технология от сложившейся инфраструктуры энергорынка к водородной экономике будущего. В далекой перспективе эта технология, видимо, будет вытесняться другими.

Таким образом, сегодня плазменная технология, лишенная недостатков, присущих технологии сжигания, признана как передовая (экологически безопасная и рентабельная) и находится на стадии активного исследования и развития для крупнотоннажной переработки отходов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Выделение водорода путем выделения. Сайт компании HydroSep. [Электронный ресурс] URL: <https://www.h2-gas.ru/poluchenie-vodoroda.php>
2. Учебное пособие Уральского Федерального университета имени первого Президента России Б.Н.Ельцина «Водород в энергетике». Р.В.Радченко, А.С.Мокрушин, В.В.Тюльпа.
3. Плазмохимическая технология - основа производства водорода из полимерных отходов. Латышенко К.П., Гарелина С.А. 2013. 63-69 с.
4. Водород – энергоноситель и реагент. Технологии его получения. Солодова Н.Л., Черкасова Е.И. 2014. 12 с.

В. А. ДУДИН, М. М. ПАРАМОНОВ, А. М. АХМЕТШИНА

vadim-dudin2001@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн.наук, доц. С. СЕНЮШКИН

Уфимский государственный авиационный технический университет

СЛЕДЯЩИЙ ПРИВОД АНТЕННЫ

Аннотация. В статье представлен материал для изучения состава следящего привода антенны, предназначенной для обнаружения цели и для последующего слежения за ней. Ознакомление с областями применения следящих приводов в реальной жизни, описание их работы и непосредственного назначения. А также представление конструкции устройства следящего привода для автоматического наведения, разработанного в нашем студенческом конструкторском бюро прикладной теплотехники.

Ключевые слова: следящий привод антенны, направленная антенна, привод самонаведения, автоматическое слежение, система управления, Arduino, directional antenna; tracking system.

Автоматизация процессов управления различными объектами связана с широким использованием следящих приводов. Следящие приводы нашли применение во многих областях техники: в системах управления станками, в системах управления манипуляторами, в моделирующих стендах, в системах управления объектами вооружения и т.д. Следящим называется привод, который обеспечивает (воспроизводит) с заданной точностью движение исполнительного органа рабочей машины в соответствии с произвольно изменяющимся входным сигналом управления. Этот сигнал может изменяться в широких пределах по случайному временному закону и иметь механическую или электрическую природу. Чаще всего входной сигнал представляет собой скорость или угол поворота оси или вала задающего устройства. Следящий электропривод применяется для антенн радиотелескопов и систем спутниковой связи, в металлообрабатывающих станках, для привода роботов и манипуляторов, в автоматических измерительных устройствах и во многих других случаях.

Основное назначение следящих приводов: слежение за вводимым в систему сигналом управления, изменяющимся по заранее неизвестному закону. Следящие приводы составляют большую группу приводов, используемых в промышленности. В следящих приводах регулируемой величиной обычно является угол поворота, а само регулирование – регулированием по положению.

Следящий привод антенны предназначен для непрерывного наведения антенны на объект приема информации. Это необходимо для получения ста-

бильного сигнала в любой момент времени, независимо от положения этого объекта.

Самый распространенный тип следящего привода основан на возможности изменения угла азимутальной (горизонтальной) и угломестной (вертикальной) плоскостей наведения. Именно этот тип привода мы взяли за основу разработки собственной следящей антенны.

Наше техническое решение

На базе нашего студенческого конструкторского бюро был разработан следящий привод для автоматического наведения антенны на цель.

В конструкцию механической части входит: платформа, основная и поворотная рамка. Управление наведением осуществляется за счет шагового двигателя с редуктором для установки угла азимута и шагового двигателя с редуктором для установки вертикального угла наведения. В качестве контроллера используется плата Arduino Uno, которая с помощью драйверов шаговых двигателей и кнопок управления принимает решения о повороте антенны.

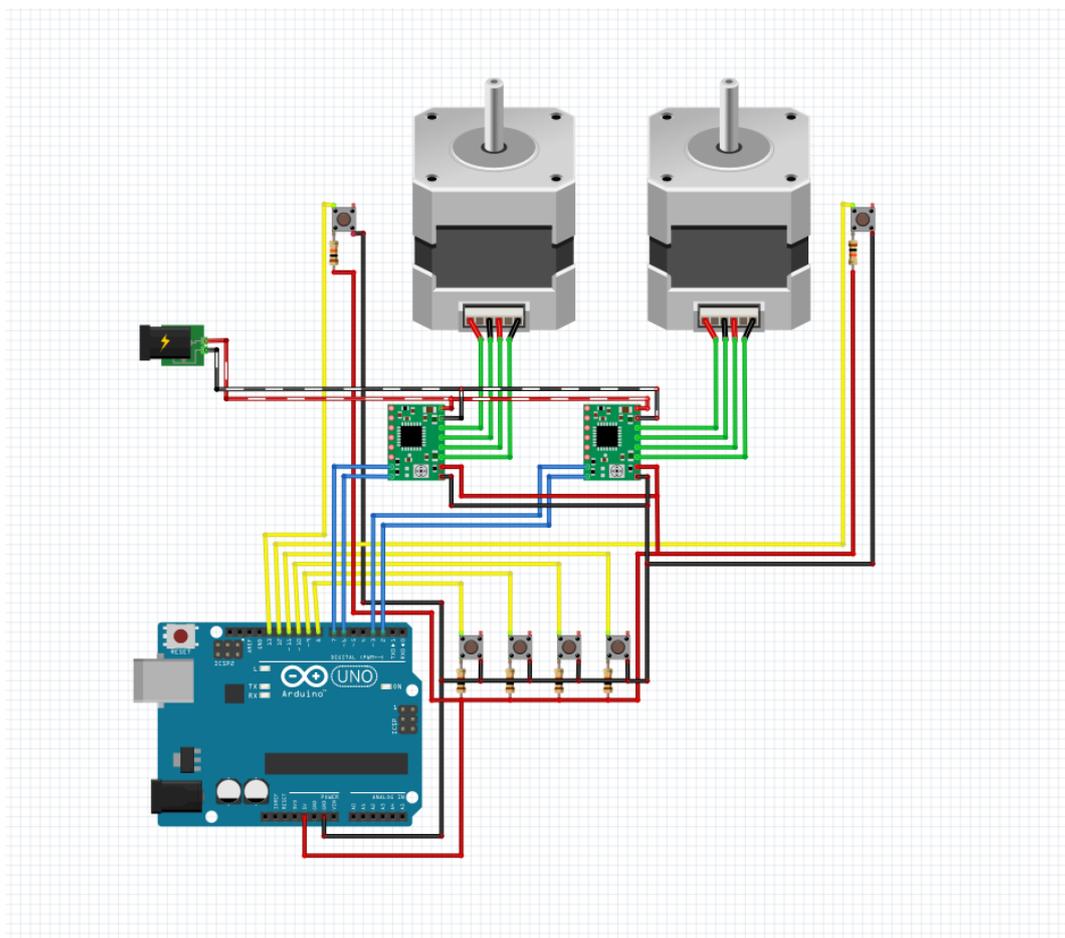


Рис. 1. Принципиальная схема привода слежения

Для того, чтобы система понимала, в каком положении она находится в определенный момент времени, в схему были добавлены два концевых переключателя. При подаче питания каждый электродвигатель поворачивает систему до тех пор, пока рамка механизма не дойдет до своего крайнего положения, и не замкнет концевой переключатель. Тогда контроллер сможет определить угол поворота обеих плоскостей, и произвести дальнейшее наведение на цель.

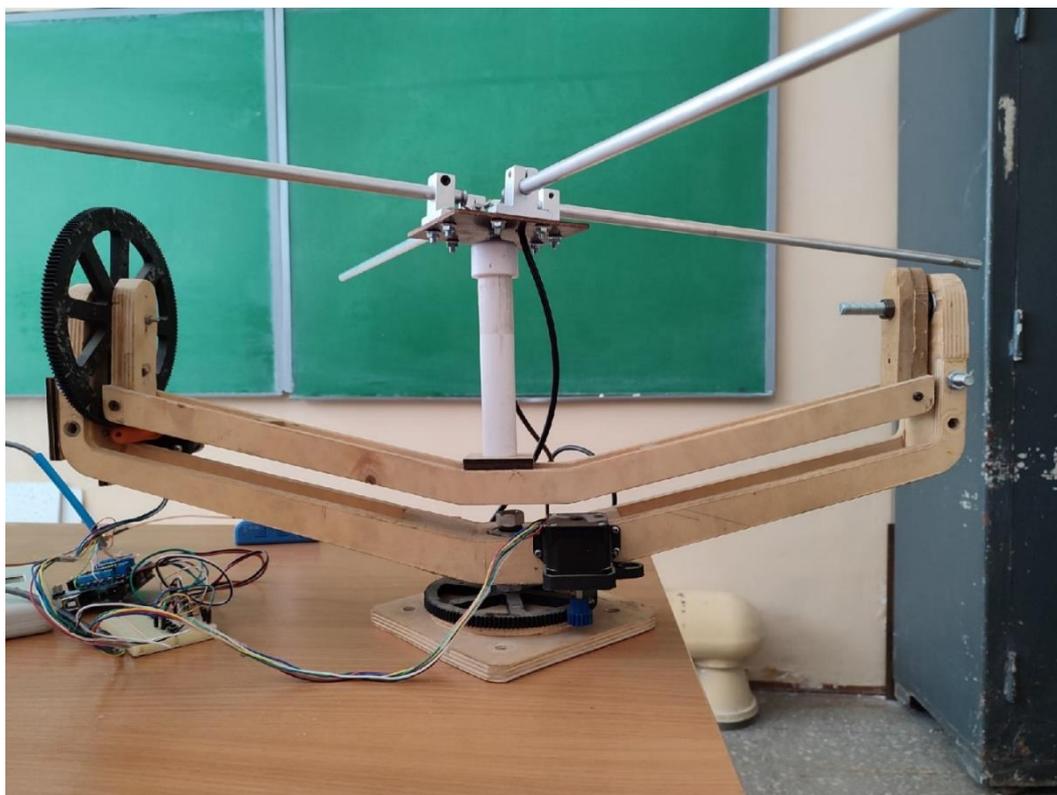


Рис. 2. Общий вид следящего привода

На рисунке 2 мы можем наблюдать механизмы поворота привода в обеих плоскостях. Редуктор механизма горизонтального наведения построен на паре прямозубой шестерни, закрепленной на валу шагового двигателя, и колеса, жестко установленного на основании привода. Редуктор же механизма наведения вертикального угла выполнен в виде червячного механизма. На валу шагового двигателя установлен червяк, который крутит зубчатое колесо, жестко закрепленное на второй половине рамы привода. Такой тип редуктора выбран не случайно – он позволяет ограничить самопроизвольное отклонение антенны в какую-либо сторону за счет изменяющегося центра масс при повороте. Для регулировки угла горизонтальной плоскости в таком типе редуктора нет необходимости, поэтому в нем использована простая пара шестерня – колесо.

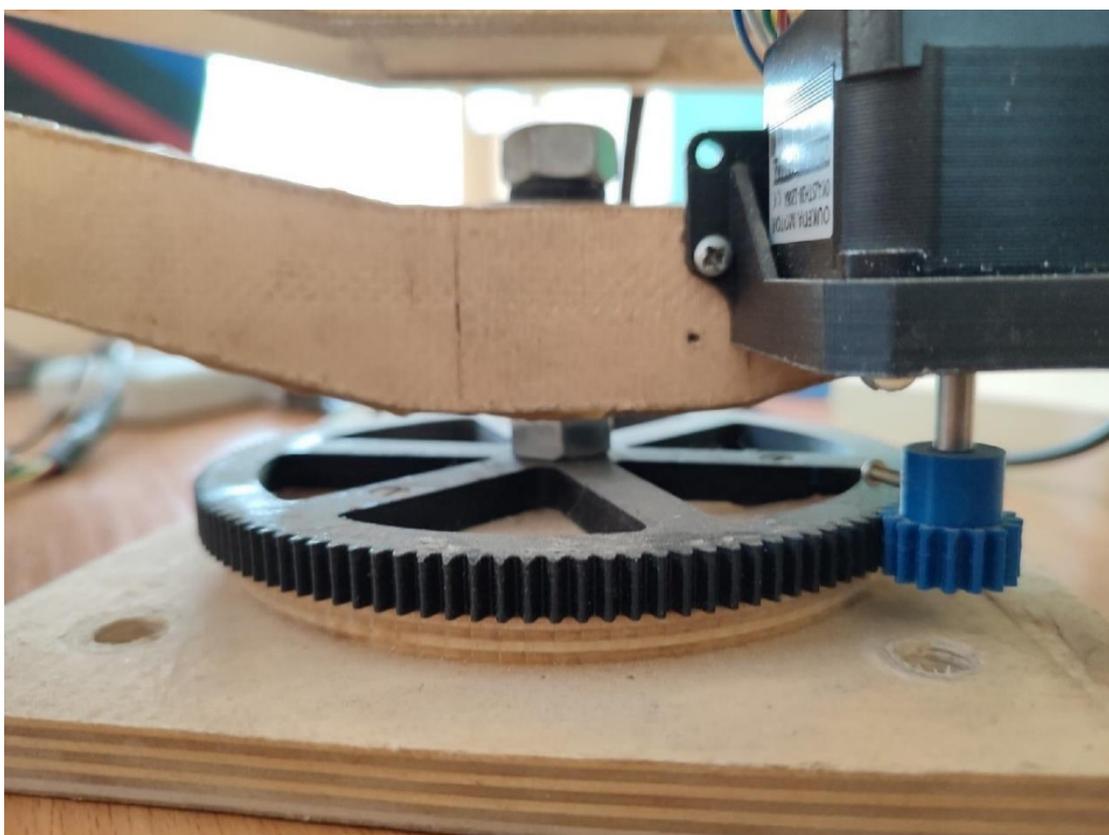


Рис. 3. Привод угла горизонтальной плоскости

На рисунке 3 более подробно показана реализация привода наведения по азимуту.

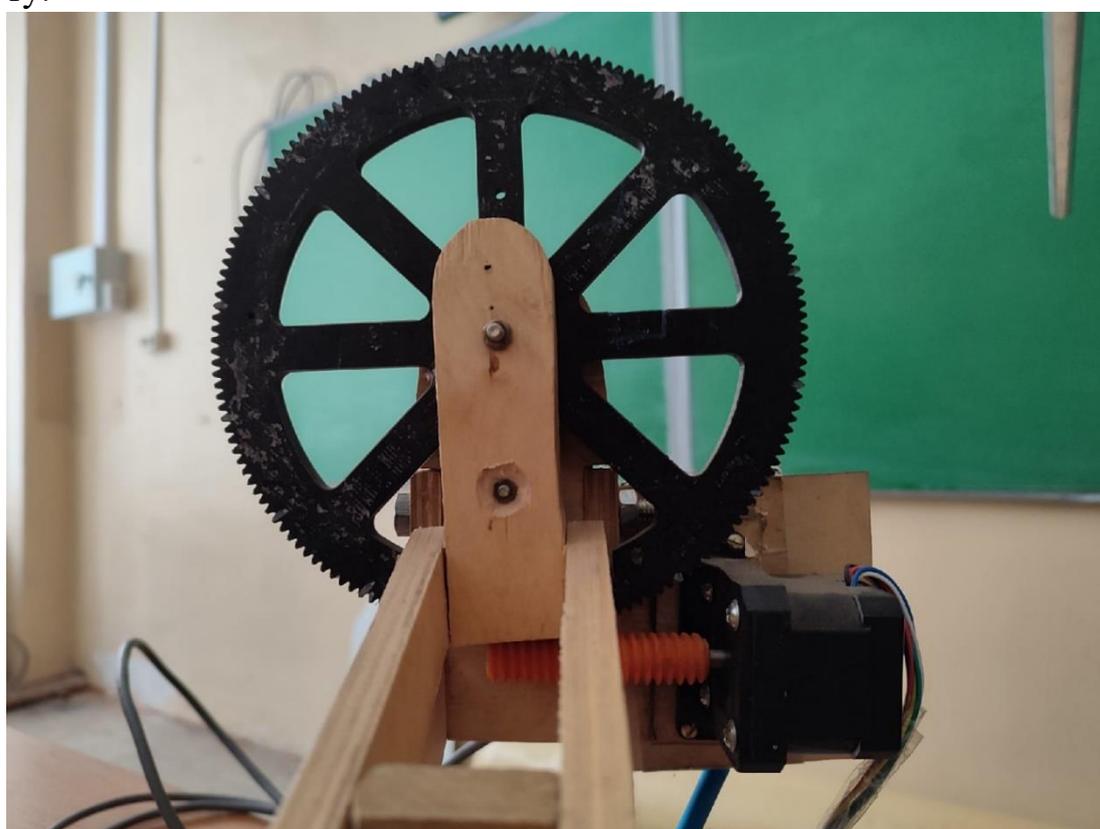


Рис. 4. Привод угла вертикальной плоскости

На рисунке 4 мы можем детально наблюдать реализацию привода вертикального угла наведения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1.В. А. Ганэ, В.Л. Степанов. Расчет следящих систем: Справ. пособие.- Минск, Высш. шк.,1990.
- 2.Выбор двигателя и редуктора следящих систем. Беляев Н, И., Нагорский В. Д., М., «Машиностроение»,1972.
- 3.М.А. Боровиков. Расчет быстродействующих систем автоматизированного электропривода и автоматики.- Саратов, Изд-во Саратовского универ-та, 1980.

А. М. ЕРМАКОВ, Р. М. ХИСМАТУЛЛИН

AMermakov@kai.ru, RMKhismatullin@kai.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Р. Р. САЛАХОВ

**Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А. Н.Туполева-КАИ**

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПОРШНЕВОГО ДВС ПРИ ПОСТОЯННОЙ ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ МОТОРНОГО МАСЛА

Аннотация. В данной работе представлен обзор затрат энергии на элементах системы смазки. Представлены результаты экспериментальных исследований с использованием управляемого термостата системы смазки (УТСС), позволяющий поддерживать постоянную температуру масла.

Ключевые слова: система смазки, моторное масло, ДВС, термоменеджмент, эффективность, грузовой транспорт, электробус, термостат.

Смазочной называется система, обеспечивающая подачу масла к трущимся деталям двигателя внутреннего сгорания (ДВС), схема устройства которой представлена на рисунке 1. Смазочная система (СС) служит для уменьшения трения и изнашивания деталей двигателя, для охлаждения и коррозионной защиты трущихся деталей и удаления с их поверхностей продуктов изнашивания.

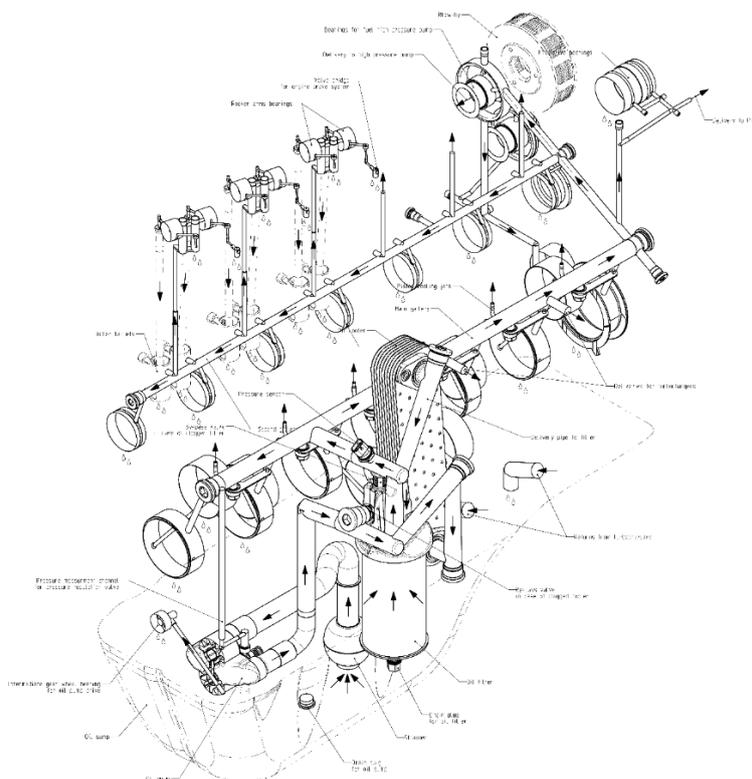


Рис. 1. Устройство системы смазки ДВС Р6

Система смазки является неотъемлемой частью двигателя, и ее на практике нельзя рассматривать как отдельную и независимую систему. Одной из важнейших задач системы смазки двигателя является снижение механических потерь на взаимодействующих поверхностях. Расчетным путем установлено, что критерии работоспособности (минимальная толщина масляной пленки и давление в ГММ) при скорости вращения коленчатого вала более 1400 об/мин достигаются на температурах до 130 °С (таблица 1) [1].

Таблица 1

Результаты исследований минимальной толщины масляной пленки по критерию Зоммерфельда при различных температурах масла

$t_{\text{масла}}, ^\circ\text{C}$	85	88	91	94	97	100	103	106	110	115	120	130
Обороты, об/мин	<i>Число Зоммерфельда</i>											
600	0,021	0,02	0,019	0,017	0,016	0,015	0,014	0,013	0,012	0,011	0,01	0,009
800	0,029	0,027	0,025	0,023	0,022	0,02	0,019	0,018	0,016	0,015	0,013	0,012
1000	0,036	0,034	0,031	0,029	0,027	0,026	0,023	0,02	0,019	0,019	0,017	0,015
1200	0,044	0,041	0,038	0,036	0,033	0,031	0,029	0,027	0,025	0,020	0,019	0,018
1400	0,053	0,049	0,046	0,043	0,04	0,038	0,035	0,033	0,03	0,027	0,025	0,020
1600	0,063	0,059	0,055	0,051	0,048	0,045	0,042	0,039	0,036	0,033	0,029	0,027
1800	0,074	0,069	0,065	0,06	0,056	0,053	0,049	0,046	0,043	0,038	0,035	0,031
1900	0,08	0,075	0,07	0,065	0,061	0,057	0,053	0,05	0,046	0,042	0,037	0,034

В соответствии с результатами, формируется вывод, что на режиме двигателя выше 1400 об/мин допускается повышать температуру масла. Повышение температуры масла позволяет снизить затраты на трение в сопряженных элементах при сохранении смазывающих свойств.

Для поддержания температуры масла на одном значении разработан опытный образец УТСС. Данное устройство представляет собой дополнительный контур, устанавливающийся на масляный модуль двигателя, включающий в себя дополнительный гидравлический канал с управляемым электронным краном (рисунок 2). Данный контур позволяет перепускать масло в обход маслоохладителя, повышая температуру масла для поддержания постоянных более высоких значений, заданных через блок управления.



Рис. 2. Опытный образец управляемого термостата системы смазки, установленный на масляный модуль

Исследования УТСС проведены в ПАО НТЦ Камаз на моторном испытательном стенде в составе рядного шестицилиндрового двигателя КАМАЗ Р6. Проведены испытания в ходе единого транзитного цикла в течение 1800 секунд (Рисунок 3) [2].

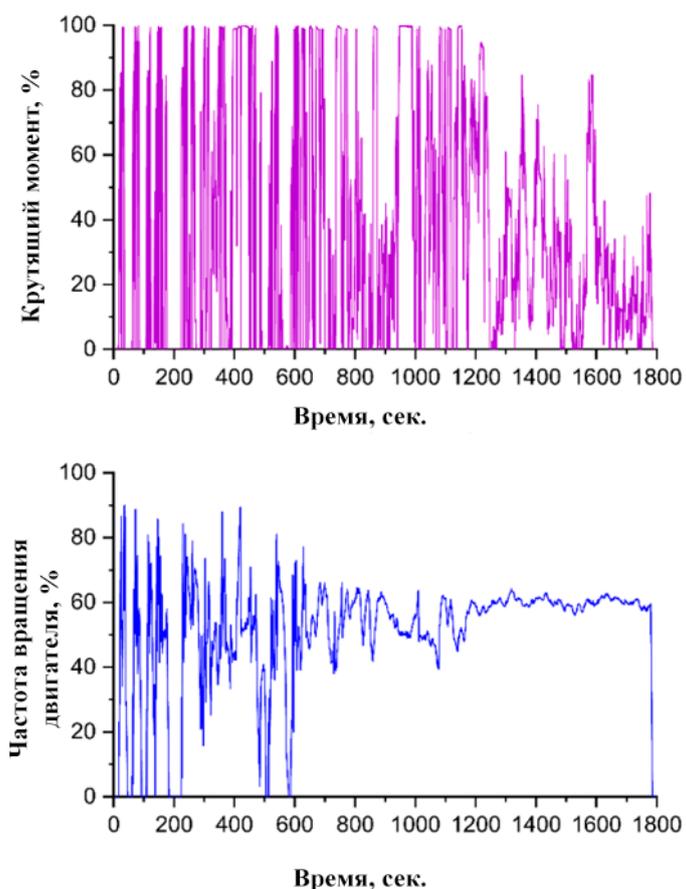


Рис. 3. Параметры проведения экспериментальных исследований ЕТС цикла

На рисунке 4 представлены температуры масла, полученные в ходе проведения экспериментальных исследований.

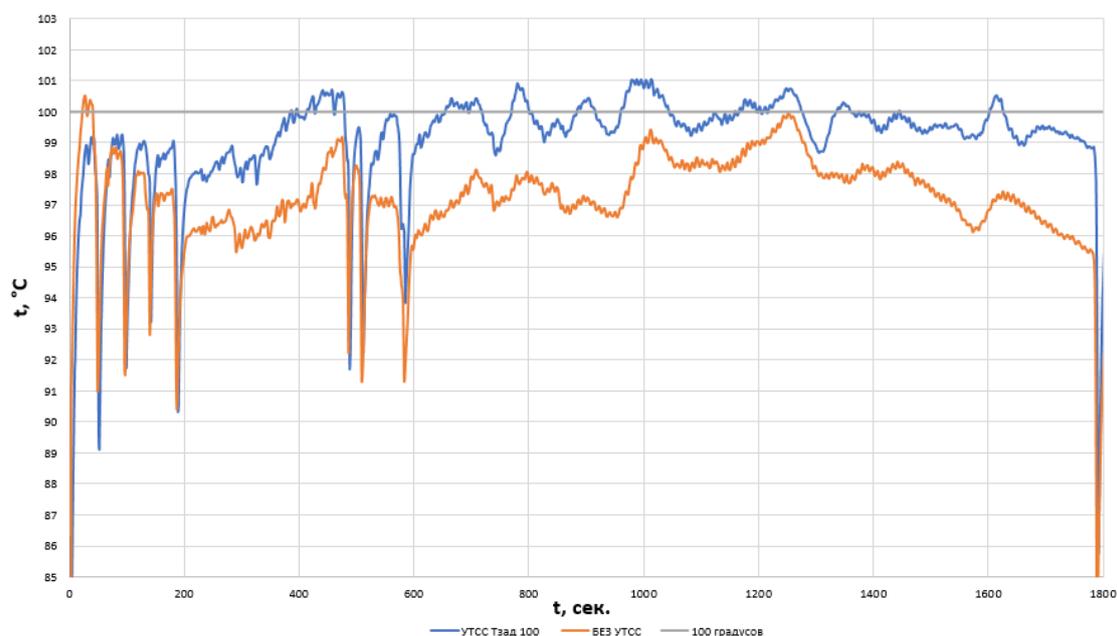


Рис. 4. Температура масла с и без УТСС, работающем на поддержании температуры масла 100 °С

На рисунке 4 отражено, что использование УТСС позволяет поддерживать температуру 100 градусов с отклонением в 1 °С на режиме сельской дороги и шоссе, в городском этапе устройство позволяет поддерживать более высокую температуру. Также на рисунке 4 отображено, что устройство позволяет лишь догревать температуру, но не охлаждать, что ограничивается конструктивными особенностями. Подобная разница температур позволяет повысить эффективность потребления топлива до 1 % на ЕТС циклах.

Благодарности

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-19-00373, <https://rscf.ru/project/22-19-00373/>.

В рамках проведенного исследования разработан опытный образец термостата системы смазки грузового дизельного двигателя. Устройство экспериментально исследовано на стендовом двигателе в ПАО НТЦ КАМАЗ. Результаты исследований показывают повышение эффективности потребления топлива до 1%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гроз Х., Русс Г. Бензиновые и дизельные двигатели. Перевод с нем. ЧМП РИА «GMM-пресс». - М.: ООО «Издательство «За рулем». 2013 - 272 с.: ил.:
2. ЕТС пикл // URL: http://tehnorma.ru/gosttext/gost/gost_3938.htm
3. Мачехин. Н. Ю. Особенности эксплуатации техники при использовании высококачественных моторных масел с увеличенными интервалами замены / Н. Ю.Мачехин. И. И Ширлин. С. В. Папукевич // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. - 2019 - № 4 - С. 446-454.

УДК 62.00

К. В. ИВАНОВ, Н. С. СЕНЮШКИН

Kirill20011.kirill@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Н. С. СЕНЮШКИН

Уфимский государственный авиационный технический университет

КОНСТРУКТИВНЫЕ СХЕМЫ БПЛА ВЕРТИКАЛЬНОГО ВЗЛЕТА И ПОСАДКИ

Аннотация. В данной статье описываются основные конструктивные схемы беспилотных летательных аппаратов, их назначение, достоинства и недостатки.

Ключевые слова: Беспилотный летательный аппарат; беспилотник; БЛА; БПЛА; БВС.

Введение

Сегодня практически каждый человек слышал о беспилотных летательных аппаратах. В виду относительно небольшой стоимости, и легкости в эксплуатации беспилотники становятся все более массовыми как в коммерческих, так и личных целях. Но далеко не каждый понимает как они устроены и почему в большинстве своем встречаются только «любительские» квадрокоптеры, а не большие многометровые крылатые аппараты.

Что же представляет из себя беспилотник?

Беспилотный летательный аппарат (БПЛА или беспилотник) - это летательный аппарат, не имеющий на борту экипажа и способный самостоятельно перемещаться в воздухе в автономном режиме с помощью собственной управляющей программы или посредством дистанционного управления, которое осуществляется человеком-оператором со стационарного или мобильного пульта управления.

БПЛА используются как в военных, так и в гражданских целях. Оценка ущерба и оказание помощи в поисково-спасательных миссиях для людей и домашнего скота после ураганов “Харви” и “Ирма” в 2017 году. Проверка компанией Sky-Futures нефтяных платформ и трубопроводов для крупнейших игроков рынка: BP, Shell, Statoil и ConocoPhillips. Дистанционный осмотр трасс и мостов, проводимый американской железнодорожной компанией BNSF. Быстрое осуществление аэрофотосъемочных работ. Все вышеперечисленное осу-

ществлялось и осуществляется до сих пор благодаря беспилотным летательным аппаратам.

Такую популярность БПЛА обрели не столько за простоту в управлении и конструкции, сколько благодаря своей экономической эффективности. Использование беспилотников - это экономия времени, ресурсов и денег: сокращение времени ведения поисковых работ, уменьшение количества участников; безопасность для человека при работе с потенциально опасными объектами, такими как съемка состояния фасада высотных зданий, предприятий и прочее; эффективная доставка необходимого снаряжения в труднопроходимые места.

Для использования БЛА нет необходимости иметь в штате компании профессионального пилота с летной лицензией а лишь внешним пилотом – оператором, управляющим аппаратом при помощи пульта, что так же существенно упрощает и удешевляет полеты беспилотников. В свою очередь, для осуществления полета необходимо получить разрешение на использование воздушного пространства (ИВП), которое выдает Зональный центр Единой системы организации воздушного движения, и полис страхования гражданской ответственности. При выполнении следующих обязательств полеты можно осуществлять без получения разрешения на ИВП:

1. Макс. взлетная масса БВС до 30 кг.
2. Полет осуществляется в пределах прямой видимости.
3. Полет осуществляется в светлое время суток.
4. Полет осуществляется на высоте менее 150 метров от земной или водной поверхности.
5. Полет осуществляется вне диспетчерских зон аэродромов гражданской авиации, районов аэродромов (вертодромов) государственной и экспериментальной авиации, запретных зон, зон ограничения полетов, специальных зон, воздушного пространства над местами проведения публичных мероприятий, официальных спортивных соревнований, а также охранных мероприятий, проводимых в соответствии с Федеральным законом «О государственной охране».
6. Полет осуществляется на удалении не менее 5 км от контрольных точек неконтролируемых аэродромов и посадочных площадок.

Виды БЛА

По принципу полета беспилотники различают 4 основных типа:

1. Аэростаты – устройства, принцип полета которых основан на законе Архимеда. Данный тип наименее распространен, хотя и имеет ряд крупных преимуществ перед остальными, таких как время полета и масса полезной нагрузки, минимум подвижных элементов (как следствие высокая надежность). Главными недостатками являются крайне медленное перемещение, крупные габариты и сложная подготовка полета – необходимость накачивания баллона газом, а так же его хранение и перевозка.

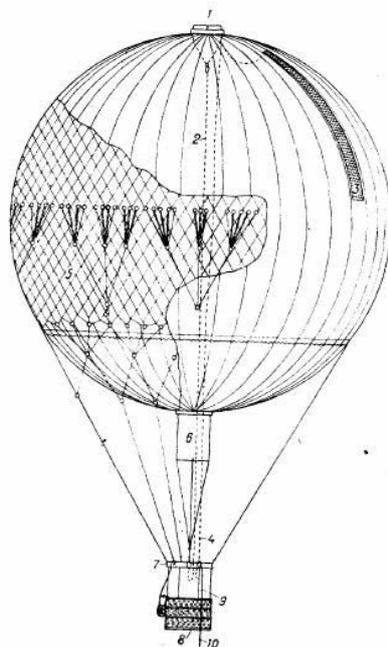


Рис. 1.—Свободный аэростат. 1—выпускной клапан, 2—клапанная веревка, 3—разрывное приспособление, 4—разрывная вожжа, 5—сеть, 6—аппендикс, 7—подвесной обруч, 8—корзина, 9—якорный канат, 10—гайдроп.

Рис. 1. Аэростат

2. БПЛА с неподвижным крылом – воздушные судна, летающие за счет подъемной силы крыла, или же самолеты. Чаще всего используются для задач с большой зоной покрытия, где необходимо пролететь довольно большое расстояние. Плюсами конструкции являются возможность долгого полета и высокая скорость перемещения, а так же переносимая масса полезной нагрузки, для поддержания стабильного полета необходим минимум стабилизирующей электроники. Главным недостатком конструкции является то, что для взлета необходимо набрать некоторую скорость на взлете и поддерживать ее для продолжения полета, для чего необходима взлетно-посадочная полоса, либо же открытая

протяженная местность. В зависимости от конструкции время для подготовки к полету от 5 минут до нескольких часов.



Рис. 2. Беспилотник самолетного типа

3. Коптеры – аппараты построенные по вертолетной схеме. Являются самыми распространенными в мире беспилотниками. Коптеры обрели популярность за компактность, простоту в управлении, возможность «висения» и статичной съемки в воздухе. Подготовка к полету может составлять от минуты, заключающаяся лишь в подключении аппаратуры к борту. Взлет возможно осуществить с земли, даже не с самой ровной поверхности, главное чтобы отсутствовали посторонние объекты в области вращения винта (трава, камни, мусор и пр.) К их недостаткам можно отнести довольно небольшое время нахождения в полете, малую массу полезной нагрузки и невысокую скорость полета.



Рис. 3. Квадрокоптер DJI Mini 2

4. Гибридные дроны (конвертопланы, аэрогибриды и пр.) – беспилотные летательные аппараты, сочетающие в себе ряд преимуществ коптеров и самолетов. Основная проблема таких дронов заключается в сложной работе силовой установки, для корректной работы которой необходимо сложная и высокоточная бортовая электроника.



Рис. 4. Аэрогибрид

Для чего нужны беспилотники гибридной схемы?

Хоть БПЛА и расширяется как летательный аппарат, все же самыми сложными этапами работы являются взлет и посадка вне зависимости от схемы и развитие беспилотников происходит в первую очередь по оптимизации данных режимов, а вследствие того что беспилотники на порядок дешевле своих старших братьев и проще в исполнении, многие коллективы начали смело экспериментировать с различными компоновками, схемами и технологиями. Благодаря чему появились довольно неочевидные и порой даже странные конструктивные решения.

Казалось бы, универсальные инструменты работают одинаково плохо на всех режимах, в сравнении со специализированным инструментом для конкретной задачи. Однако в нашем случае это не совсем так: пожертвовав некоторым временем полета типа самолета, добавив массу в виде дополнительных двигателей либо механизмов, можно получить простоту в запуске летательного аппарата, удобство и точность посадки, если учесть нюансы вертикального и горизонтального способов полета в одном устройстве.

Стоит разделить данный класс на две группы: 1. Аппараты вертикального взлета и посадки; 2. Аппараты укороченного взлета и посадки.

Аппараты укороченного взлета и посадки имеют наибольшую популярность, чаще всего это реализуется с помощью запуска с ускорительного устройства (катапульта, лебедка, стартовый направляющий трамплин), а посадка на парашюте.

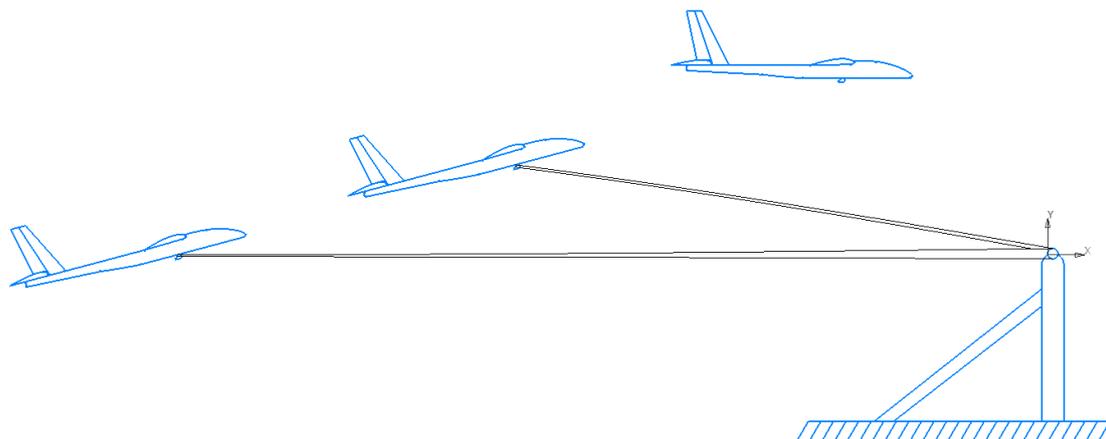


Рис. 5. Запуск при помощи стартового устройства (катапульта)

Данный вариант не требует от аппарата серьезных усложнений конструкции, а лишь установка дополнительного отсека под парашют и крючка через который и будет передаваться ускорение беспилотнику, что незначительно увеличивает массу. У данного варианта присутствует ряд недостатков, таких как необходимость пространства под растяжение устройства и при посадке, так как ветер будет смещать с траектории аппарата при снижении.

Для устройств по типу трамплина необходимое пространство в разы меньше, но все равно недостаточное для запуска с ограниченных площадей.

Следующий вариант данной группы это конвертопланы – летательный аппарат с поворотными двигателями, которые на взлете и при посадке работают как подъемные, а в горизонтальном полете – как тянущие или толкающие; при этом подъемная сила обеспечивается крылом самолетного типа.

Данный тип также можно было бы отнести к группе вертикального взлета и посадки, но в таком случае для обеспечения стабилизации и полета в вертикальном режиме необходимо иметь тяговооруженность выше 2:1, а лучше ближе к 3:1, так как при более низких значениях стабилизация будет работать неотзывчиво и стабильный полет будет невозможен. Такое соотношение тяги к массе в классическом горизонтальном полете попросту ненужно, и чрезмерная масса двигателей будет балластом для аппарата, а это около 90% времени работы аппарата.

В режиме укороченного взлета хватит значения тяговооруженности немного выше единицы. Что конечно увеличивает требования к винтомоторной

группе (ВМГ), но гораздо ниже, чем при наличии полноценного вертикального режима полета. Механизм отклонения в таком случае будет весить ощутимо меньше, а минимальное необходимое количество двигателей сократится до двух. Помимо этого можно уменьшить массу за счет отказа от отклоняемых рулевых поверхностей, управляя лишь изменением вектора тяги и величиной тяги каждого двигателя – разнотягом двигателей. В таком варианте масса будет несущественно выше массы классического аппарата, но необходимое расстояние для взлета гораздо меньше.

Основным минусом конструкции является то, что классические винты для горизонтального полета низкоэффективны на низких скоростях, тем более при таких нагрузках, вследствие чего режим взлета может затрачивать существенное количество топлива или электроэнергии. А также процесс взлета и посадки сложен в обеспечении стабилизации, несмотря на современную электронику.



Рис. 6. Конвертоплан с 8ю двигателями способный производить взлет и посадку вертикально

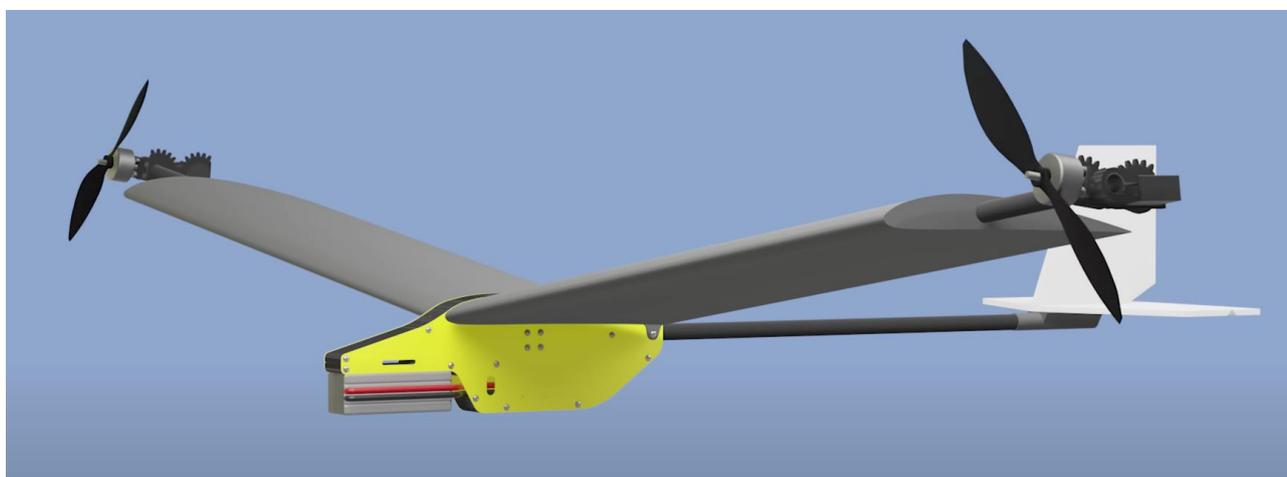


Рис. 7.

Следующим типом данной группы аппараты с ускоряющим шасси. Как бы абсурдно это не звучало, но существует и такое, данное направление никак не распространено и только лишь изредка проводят эксперименты с данной технологией, но существует несколько летающих образцов, которые показывают вполне неплохие результаты.



Рис. 8.

Таким образом, сфера беспилотных летательных аппаратов крайне обширна и многогранна. За счет своей дешевизны беспилотники позволяют ставить эксперименты и решаться на смелые решения, благодаря чему мы видим креативные решения проблем связанных с конструктивными особенностями летательных аппаратов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Развитие рынка беспилотных летательных аппаратов [электронный ресурс]
URL: https://www.ey.com/ru_ru/news/2020/05/ey-uav-survey-18052020.
2. Основные тенденции рынка дронов [электронный ресурс]
3. КОСТИН А. С., БОГАТОВ Н. В. АНАЛИЗ РЫНКА БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В РОССИИ И МИРЕ // ГУАП 2020. 130 с.

УДК 621.165.52-146.2

А. М. МАГАДЕЕВ

pima2000-174@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. В. М. КУДОЯРОВА

Уфимский государственный авиационный технический университет

РАСЧЕТ ЭНЕРГОБЛОКА НА БАЗЕ ПАРОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ Т-110/120-130 ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА

Аннотация. В данной работе был выполнен обзор научно-технической литературы по теме основные тенденции развития и перспективы использования производства электрической и тепловой энергии в РФ и в мире, приведены технические характеристики, а также описание турбоустановки Т-110/120-130, проведено исследование влияния температуры атмосферного воздуха на энергетические показатели турбоустановки.

Ключевые слова: турбоустановка; газовая турбина; паровая турбина; энергетические показатели.

Актуальность работы: в настоящее время основное количество электроэнергии в мире и в России вырабатывается на тепловых электростанциях, где за счет сжигания органического топлива вырабатывается электрическая энергия. Кроме электроэнергии выгодно вырабатывать также и тепловую энергию, отпуская ее потребителям. В этом случае увеличивается полнота использования энергии топлива. К тому же отпустить тепловую энергию потребителю более выгодно, чем генерировать электроэнергию в единую энергосистему.

В основном приводе электрогенератора на ТЭС является та или иная паротурбинная установка. Рабочим телом в паровой турбине является водяной пар. За счет сжигания топлива в энергетическом котле вода нагревается и приобретает высокие параметры давления и температуры, с которыми пар поступает в паровую турбину. После работы в турбине, пар конденсируется в конденсаторе и цикл повторяется. Данный цикл носит название цикла Ренкина.

Другим приводом электрогенератора может служить газотурбинные установки. В них рабочим телом является газ, в большинстве случаев обычный атмосферный воздух. Он забирается из окружающей среды и сжимается в компрессоре. В камере сгорания к нему подводится химическая энергия сгорания топлива. Далее газ расширяется в газовой турбине и вырабатывает полезную

мощность, вращая ротор газовой турбины. Установка работает по циклу Брайтона.

У каждой из этих установок присутствуют свои плюсы и минусы. Паротурбинной установке требуется больше времени для того, чтобы выйти на номинальный режим и синхронизироваться с сетью. Для газотурбинной установки для этого требуется намного меньше времени. Однако у газотурбинной установки выше требования к качеству топлива и они имеют довольно высокую температуру газов за турбиной.

Цель работы: сравнение энергетических показателей блочной ТЭЦ на базе паротурбинной установки Т-110/120-130 в зависимости от теплофикационной нагрузки

В данной работе исследованы энергетическая эффективность и параметры принципиальной тепловой схемы на базе турбины Т-110/120-130 при различных режимах работы, построены графики зависимостей.

Результаты технических расчетов при $t_n = +6, -2, -12, -18$ °С приведены на рисунках 1-5.

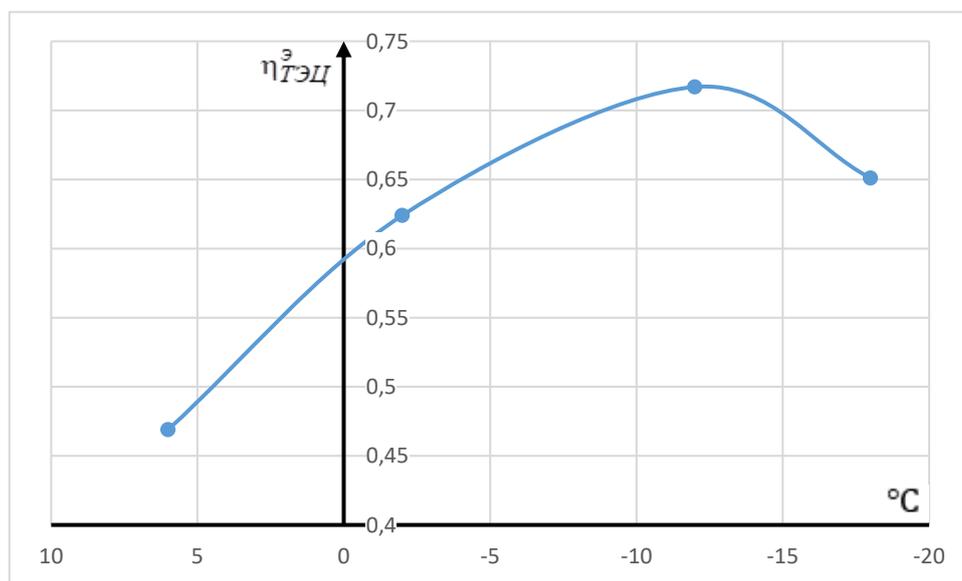


Рис. 1. График зависимости электрического КПД ТЭЦ по производству электроэнергии от температуры наружного воздуха

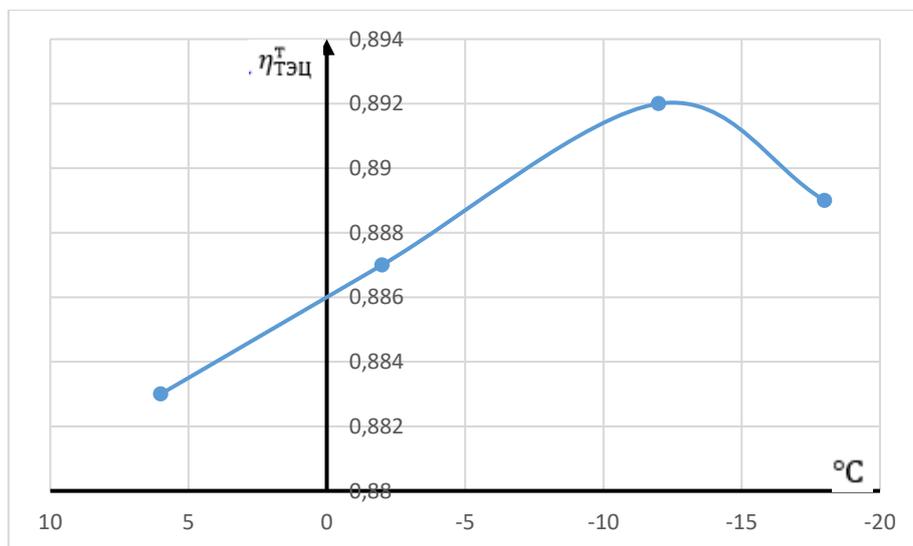


Рис. 2. График зависимости КПД ТЭЦ по производству и отпуску тепловой энергии от температуры наружного воздуха

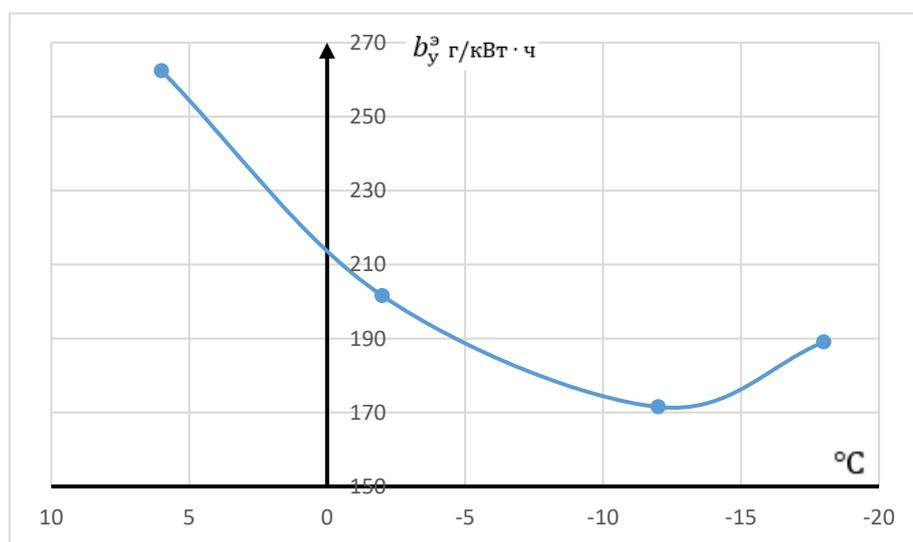


Рис. 3. График зависимости удельного расхода топлива на производство электроэнергии от температуры наружного воздуха

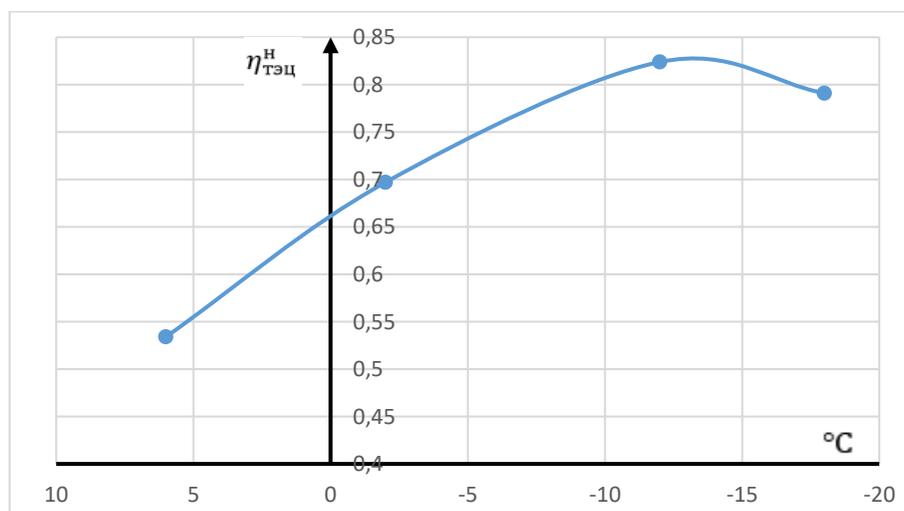


Рис. 4. Зависимость КПД ТЭЦ «нетто» от температуры наружного воздуха

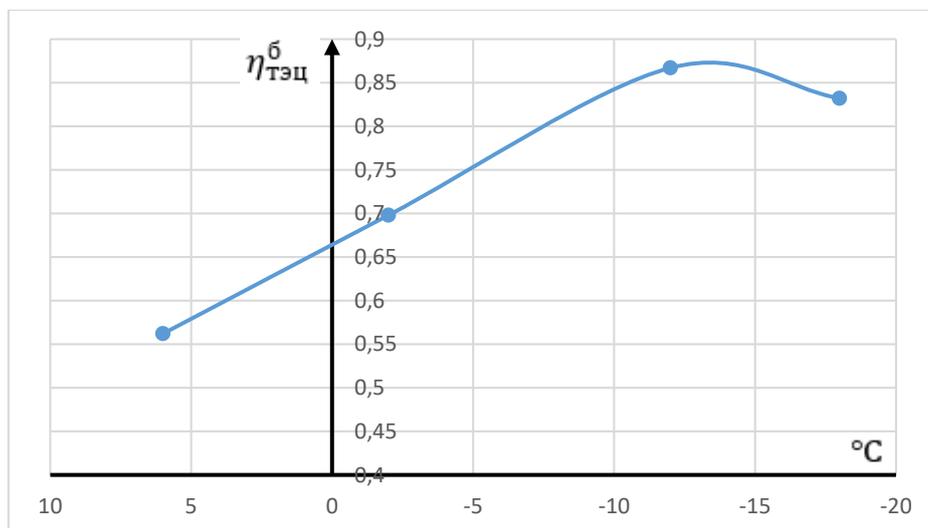


Рис. 5. Зависимость КПД ТЭЦ «брутто» от температуры наружного воздуха

КПД ТЭЦ по производству электроэнергии, а так же КПД ТЭЦ брутто, КПД ТЭЦ нетто имеют максимальные значения при $t_n = +6, -2, -12, -18$ °С, соответственно, на режиме номинальной нагрузки и уменьшаются при смещении, как в область повышенных, так и пониженных нагрузок.

Удельный расход условного топлива на производство электроэнергии уменьшается с уменьшением температуры атмосферного воздуха на номинальном режиме работы, а после него – увеличивается. Такое поведение характеристики можно объяснить тем, что при понижении нагрузки снижается отпуск теплоты потребителю, следовательно, большая часть пара направляется в конденсаторе, где теряется теплота. При повышении нагрузки выше номинальной расход пара из турбины на теплофикационные нужды не изменяется, но в работу включается ПВК, на который затрачивается дополнительное топливо, которое не участвует в выработке тепловой энергии.

При анализе зависимостей, сделаем вывод о том, что КПД блока, удельный расход топлива, КПД по выработке электроэнергии имеют наилучшие значения на режиме номинальной нагрузки при температуре -12 °С.

При повышении нагрузки выше номинальной при температуре -12 °С расход пара из турбины на теплофикационные нужды не изменяется, но в работу включается ПВК, на который затрачивается дополнительное топливо.

Можно сделать вывод о том, что работа турбоустановки наиболее выгодна в области температур, близких к номинальным при температуре $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$, поэтому рекомендуется выбирать значение коэффициента теплофикации в соответствии с распределением температур наружного воздуха в регионе расположения рассчитываемой ТЭЦ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цанев С. В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций / С. В. Цанев, В. Д. Буров, А. Н. Ремезов; под ред. С. В. Цанева. М.: Издательство МЭИ, 2002.
2. Бойко Е.А., Баженов К.В., Грачев П.А. Тепловые электрические станции (паротурбинные установки ТЭС). Справочное пособие - Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006. – 152с.
3. Конвертирование авиационных ГТД для использования в наземных энергетических установках: учебное пособие / Ю.Г. Арьков, З.Г. Шайхутдинов; Уфимск. авиац. ин-т. Уфа, 1986. 82 с.
4. Стерман Л.С., Лавыгин В.М., Тишин С.Г. Тепловые и атомные электрические станции: Учебник для вузов. – 3-е издание, перераб. – М.: Издательство МЭИ, 2004. – 424 с.

УДК 621.165.76-146.2

Д. Р. МИННИАХМЕТОВ

denisnaryto@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А. М. БИКБУЛАТОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ КОМБИНИРОВАННОЙ ПГУ-ТЭС НА БАЗЕ ГТУ – ГТЭ-150 И ПТУ – ПТ-50/60-12,8/0,7

Аннотация. В данной работе был выполнен обзор научно-технической литературы по теме парогазовых технологий производства электрической и тепловой энергии. Рассмотрены перспективы развития энергетики в этой области. Приведено техническое описание установок, на базе которых разрабатывалась принципиальная тепловая схема парогазовой установки. Проведен термогазодинамический расчет ГТУ – ГТЭ-150, тепловой расчет паровой турбины ПТ-50/60-12,8/0,7. На основании полученных результатов был произведен тепловой расчет котла-утилизатора и комбинированной парогазовой установки на базе приведенных выше энергоустановок.

Ключевые слова: парогазовая установка; газотурбинная установка; паротурбинная установка.

Главной целью создания электрических станций является организация выработки электрической энергии для обеспечения этой энергией промышленного производства, коммунального хозяйства, воздушного и наземного транспорта, снабжения жилых зданий близлежащих районов горячим водоснабжением, поддержания работы предприятий путем снабжения их паром.

На электростанциях, основным назначением которых является производство электрической энергии, применяются паровые турбины с достаточно глубоким вакуумом. Это вызвано в первую очередь тем, что при этом большая часть энергии рабочего тела (пара) преобразуется в электрическую энергию. Однако, в таком случае оставшаяся часть потока пара конденсируется и значительная часть энергии, которая в нем содержалась, теряется.

Электростанции, спроектированные для комбинированной выработки электроэнергии и отпуска с них пара для различных потребителей, устанавливаются с паровыми турбинами с регулируемым отбором пара, также могут применяться паровые турбины с противодавлением. Особенностью таких станций является то, что, в отличие от конденсационных установок, теплота сработав-

шего в проточной части турбины пара частично или полностью (в случае применения турбин с противодавлением) используется для обеспечения промышленного или теплового сооружения. Но в таком случае в электрическую энергию преобразуется меньшая часть энергии пара при одних и тех же условиях, по сравнению с конденсационными электростанциями.

Существуют электростанции, отработавший пар которых используется и для выработки электроэнергии, и для теплоснабжения. Они получили название теплоэлектроцентралей (ТЭЦ). Как правило, их постройка происходит при непосредственной близости к потребителю, которым может выступать предприятие или жилые дома. Также, существует и отдельная выработка электроэнергии и теплоты. В таком случае электричество производится на конденсационных электростанциях, тогда как теплота – на отдельно установленных энергетических объектах (котельные).

В настоящее время около 70% всей тепловой и электрической энергии вырабатывается в результате использования химической энергии сжигания органического топлива. Хотя с каждым годом увеличивается доля нетрадиционной энергетики в выработке электроэнергии, этот рост крайне мало влияет на общую картину в целом. В связи с этим можно сказать, что человечество еще долго не сможет отказаться от использования органического топлива.

Однако существует ряд проблем, которые возникают при использовании именно органического топлива. Наиболее важными являются вредные выбросы в окружающую среду и ограниченность природных запасов топлива. Поэтому главной задачей энергетики на данный момент является уменьшение вредных выбросов и экономия топлива. Для снижения выбросов проектируются разного рода очистные сооружения, разрабатываются новые схемы и циклы производства конечного продукта. Для экономии сжигаемого топлива необходимо повышать экономичность цикла, по которому работают энергетические установки.

Наибольшей популярностью в обеспечении повышения экономичности пользуется способ, который предусматривает надстройку существующих паро-

вых турбин газотурбинными установками. Такой способ позволяет качественно увеличить коэффициент полезного действия установки с 30–40 % до 50–60 %.

Суть заключается в том, что для нагрева воды и превращения ее в перегретый пар используется не теплота сжигания топлива в энергетическом котле, а тепло от уходящих из газотурбинной установки газов. Это возможно потому, что после расширения в газовой турбине ГТУ продукты сгорания уже не обладают достаточной энергией чтобы вращать еще одну ступень турбины, но обладают достаточно высокой температурой (около 500–600 °С), которую можно использовать для нагрева питательной воды в специальных теплообменных аппаратах, которые называются котлами-утилизаторами. Таким образом, повышение экономичности так называемой парогазовой установки обеспечивается за счет того, что выбрасываемые, в случае одиночной газотурбинной установки, в окружающую среду уходящие газы используются в котле-утилизаторе и производят при этом полезную работу и только потом направляются в дымовую трубу и далее в атмосферу. Также при этом несколько падает содержание в уходящих газах вредных для экологии веществ, в том числе оксидов азота. Также за счет повышения экономичности работы парогазовой установки количество выбрасываемых продуктов сгорания уменьшается.

Каждая парогазовая установка с котлом-утилизатором состоит из следующих основных составных частей: газотурбинная установка, котел-утилизатор, паротурбинная установка. В случае, когда температура уходящих из газотурбинной установки газов недостаточна для перегрева пара на необходимую величину, между газотурбинной установкой и котлом-утилизатором устанавливается камера дожигания, в которой дополнительно сжигается топливо.

В данной работе была разработана принципиальная тепловая схема парогазовой установки на базе газотурбинной установки ГТЭ-150 и на базе паротурбинной установки ПТ-50/60-12,8/0,7. Термогазодинамический расчет газотурбинной установки ГТЭ-150 был произведен при помощи программы DWIGwT7.12. Так как расчет энергоустановки производится при температуре

окружающей среды, отличной от номинальной температуры ($t_n = -31\text{ }^\circ\text{C}$), были произведены в данной программе также и расчеты дроссельных и климатических характеристик газотурбинной установки. В результате расчетов были получены основные показатели работы энергоустановки, которые являются данными для последующего расчета парогазовой установки: $\eta_{\text{ГТУ}} = 31,3\%$; $N_{\text{ГТУ}} = 157,6\text{ МВт}$; $b_{\text{Т}} = 11,3\frac{\text{кг}}{\text{с}}$.

Расчет паротурбинной установки также производился при температуре окружающей среды $t_n = -31\text{ }^\circ\text{C}$. При данной температуре были определены основные показатели работы установки при выбранном режиме максимального производственного отбора. Были рассчитаны процесс расширения пара в проточной части турбины, параметры рабочего тела в основных узловых точках цикла и показатели работы установки.

Полученные результаты позволили произвести тепловой расчет парогазовой установки. В ходе расчета было определено, что для работы одной паротурбинной установки ПТ-50/60-12,8/0,7 необходима одна газотурбинная установка ГТЭ-150. Для совместной работы этих двух энергоустановок был подобран котел-утилизатор горизонтальной компоновки П-87. Он удовлетворяет условию работоспособности и пропускной способности проточной части.

Таким образом, принципиальная тепловая схема состоит из одной ГТУ, одной ПТУ и одного котла-утилизатора. Тепловой расчет полученной принципиальной тепловой схемы представляет собой определение показателей рабочего тела в основных узловых точках цикла, тепловой расчет отдельных элементов схемы и определение основных показателей экономичности работы парогазовой установки. Получены следующие показатели эффективности работы установки: $N_{\text{э}}^{\text{пгу}} = 259,46\text{ МВт}$, $\eta_{\text{э}}^{\text{пгу}} = 0,3988$, $b_{\text{э}}^{\text{пгу}} = 307,92\frac{\text{г}}{\text{кВт}\cdot\text{ч}}$.

На основании полученных в ходе теплового расчета результатов можно сделать вывод о том, что применение парогазовых установок действительно повышает экономичность энергоустановок. В частности, заметно возрастает коэффициент полезного действия по сравнению с отдельной работой ГТУ и

ПТУ. Особенно заметный рост наблюдается в отношении ГТУ. Также падает удельный расход топлива на производство электроэнергии, что также говорит о повышении экономичности работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арсеньев Л.В. Стационарные газотурбинные установки / Л.В. Арсеньев, В.Г. Тырышкин. - Л.: Машиностроение, 1989.
2. Трухний А. Д. Стационарные паровые турбины./2-е издание., перераб. и доп. М.: Энергоиздат, 1990.
3. Цанев С. В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций / С. В. Цанев, В. Д. Буров, А. Н. Ремезов; под ред. С. В. Цанева. М.: Издательство МЭИ, 2002.
4. Уваров В.В. Газовые турбины и газотурбинные установки. Учеб. пособие для машиностроит. вузов и факультетов. М.: «Высшая школа», 1970. 320 с. с илл.

Д. Ю. ОУЭН

deniel.ouen@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Н. С. СЕНЮШКИН

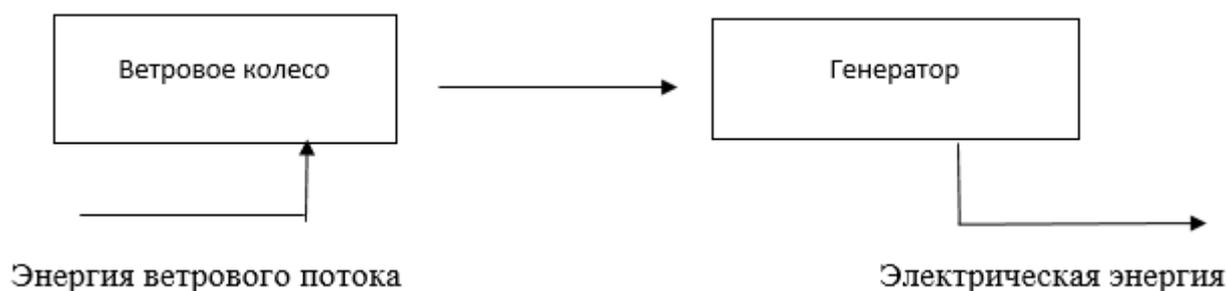
Уфимский государственный авиационный технический университет

РАЗРАБОТКА ВСЕНАПРАВЛЕННОЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ МОЩНОСТЬЮ ДО 5 КВТ

Аннотация. В материале рассматриваются виды ветроэнергетических установок, их преимущества и недостатки перед друг другом. В статье излагаются основные факторы, требующие внимания при проектировании всенаправленной вертикально-осевой ВЭУ. Статья будет интересна специалистам, имеющим интерес к возобновляемой энергетике и планирующим самостоятельно разработать всенаправленную ВЭУ, мощностью до 5 кВт.

Ключевые слова: ветроэнергетическая установка, ВЭУ, возобновляемая энергия, ВИЭ, турбина, ветротурбина, ветрогенератор, ротор, скорость ветра, ветровой поток, ротор Савониуса.

Все более распространенным становится применение ветрогенераторов для производства электроэнергии. При достаточно простой конструкции они не нуждаются в значительном уходе и частом ремонте, позволяют обеспечить электроэнергией частный дом или служат источником дополнительного питания. Ветроэнергетическая установка (ВЭУ) представляет собой систему связанных между собой сооружений и технического оборудования, предназначенная для преобразования кинетической энергии ветрового потока в другие виды энергии: механическую, электрическую и тепловую.



Принцип действия ветроустановок основан на использовании энергии ветра. Поток воздействует на лопасти рабочего колеса, приводя их во вращение. Вследствие этого генератор вырабатывает электрический ток. Генератор

заряжает аккумуляторы, напряжение с которых подается на инвертор, создающий переменный ток, необходимый для потребителя.

Существует два типа ВЭУ:

– ВЭУ с горизонтальной осью вращения;



Рис. 1. Классические ВЭУ с горизонтальной осью вращения

– ВЭУ с вертикальной осью вращения.

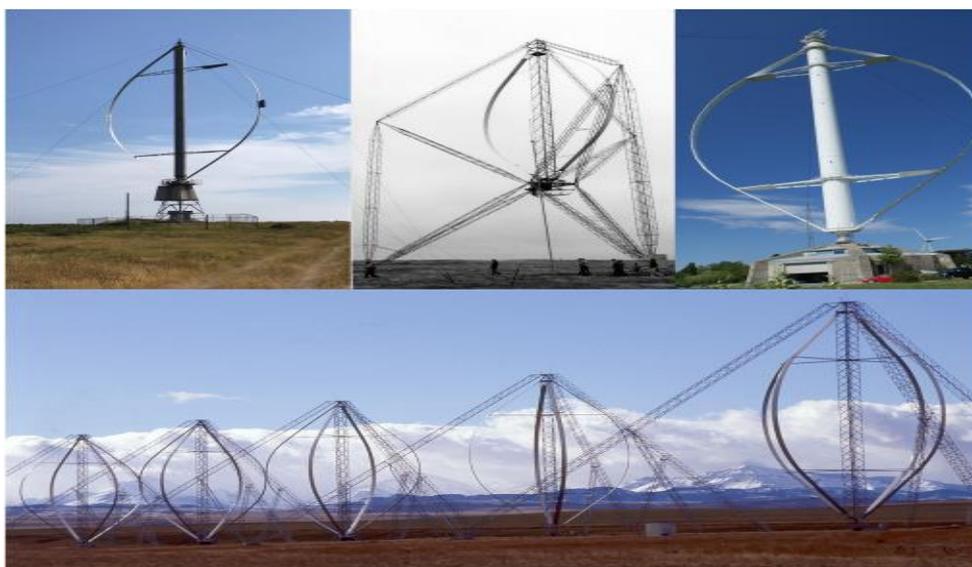


Рис. 2. Вертикально-осевые ветрогенераторы

По уровню эффективности горизонтальные устройства превосходят вертикальные вследствие того, что они получают полную энергию потока, приходящуюся на площадь лопастей. Однако для ВЭУ с горизонтальной осью вращения критическим параметром является необходимость наведения на ветер. Поскольку направление потоков ветра над землей отличается нестабильностью,

ось вращения должна иметь возможность постоянной и быстрой корректировки относительно направления ветра.

Основными преимуществами ветрогенераторов с вертикальной осью принято считать:

- простота конструкции, возможность изготовления практически любого типа своими руками
- стабильность, устойчивость режимов работы, вызванная способностью одинаково реагировать на потоки ветра любого направления
- отсутствует нужда в механизме наведения оси вращения на поток, без чего не могут функционировать генераторы с горизонтальным вращением
- для того, чтобы изготовить вертикальный ветрогенератор своими руками, требуются относительно малые затраты денег, времени и труда. Основная статья расходов – непосредственно генератор с номинальной мощностью 7-10 кВт, в то время как вращающиеся части могут быть изготовлены буквально из подручных средств.

На кафедре АТИТ факультета АДЭТ планируется разработка и создание всенаправленной вертикально-осевой ВЭУ на основе ветрогенератора Савониуса, для дальнейшей установки на территории УГАТУ.

Ветрогенератор или, точнее, ротор Савониуса – имеет вертикально-осевую конструкцию. Лопастей представляют собой изогнутые плоскости, объединенные обычно по 2 шт. Причиной этому являются сильные противодействующие нагрузки, вызванные большой площадью лопастей, когда поток ветра оказывает давление на тыльные стороны. Возникает компенсирующее давление, уравновешивающее воздействие на обе стороны лопаток, что влечет за собой некоторые трудности при запуске. Потоки ветра, приходящиеся на заднюю часть лопатки, за счет закругленной формы, омывают ее и делятся на две части. Одна часть уходит в сторону, а другая соскальзывает на рабочую сторону второй лопасти, что способствует усилению ее вращения.

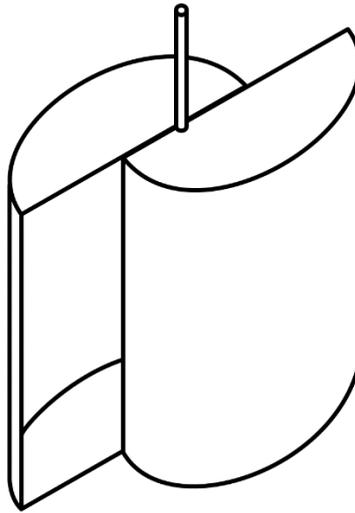


Рис. 3. Схематический чертеж двухконтурной турбины Савониуса

Данный эффект возникает только если 2 лопастях расположены диаметрально. По этой причине для увеличения крутящего момента используются пары лопастей, установленных друг под другом с поворотом относительно вертикальной оси на 90° .

Конструкция не требует наличия лопастей со сложными криволинейными поверхностями или сечением, которое способствует созданию подъемной силы. Для изготовления лопастей подойдут любые криволинейные элементы из пластиковых труб, разрезанных продольно, металлических бочек или самостоятельно загнутых листов из металла.

Для изготовления ротора достаточной величины прежде всего потребуются ось вращения, установленная на подшипники. Наиболее распространенной является конструкция, при которой часть вала, где будут закреплены лопасти, выходит из проходной ступицы с подшипником и остается свободной, чтобы не создавать препятствий для движения лопаток. Нижняя часть вала проходит через второй подшипник и оснащается шкивом для передачи вращения непосредственно на генератор.

Изготовление лопаток требует наличия материала. Как было отмечено ранее, используются изначально загнутые элементы, или применяются стальные листы (например, из оцинкованной стали), профиль которым придается са-

мостоятельно. Выбор того или иного варианта – вопрос доступности или возможностей.

Лопатки устанавливаются на прямой линии, которая проходит через ось вращения. Необходимо также следить за весом конструкции и стремиться всячески снизить его, но не в ущерб прочности. Легкая вращающаяся часть начинает движение при меньших скоростях ветра, поэтому чрезмерно увеличивать массу ротора нецелесообразно.

Наконец, потребуется башня, которая сможет выдержать вес турбины и выдержать динамические нагрузки. На ровной поверхности она должна как минимум в 3 раза превышать длину лопасти турбины над землей.

При проектировании турбины необходимо учитывать такие факторы как:

1. Минимальная скорость вращения ветра.

Это скорость ветра, при которой турбина преодолевает статическое трение и начинает вращаться.

2. Скорость врезки.

Это минимальная скорость ветра, при которой генератор турбины может быть задействован для создания измеримого потока мощности к нагрузке.

3. Номинальная скорость ветра.

Скорость ветра, при которой генератор достигает своей номинальной мощности. В ветроэнергетике не существует стандарта для номинальной скорости ветра, хотя в большинстве случаев этот параметр принимается в пределах от 11 до 12,5 м/с.

4. Пиковая рабочая скорость ветра.

Это максимальная скорость ветра, на которую рассчитана турбина и электрическая система.

5. Номинальная мощность ветрогенератора.

Максимальная мощность системы перед тем, как вступит в действие механизм ограничения скорости вращения. Любой ветрогенератор может достигнуть максимальной мощности более высокой, чем номинальная. Чем быстрее

вращается ветрогенератор, тем больше производимый им ток, и так может продолжаться, пока не сгорит генератор.

Формула для общего количества энергии ветра:

$$\text{Энергия ветра} = 0,5 * \text{Площадь} * \text{Скорость (в кубе)} * 1,25.$$

Например, при скорости 10 метров в секунду и 1 квадратном метре общей площади ветрового потока, общая энергия ветра будет равна:

$$\text{Энергия ветра} = 0,5 * 1 * 10^3 * 1,25 = 625 \text{ Вт.}$$

Однако невозможно использовать 100% этой энергии. Причина в том, что ветер, выходящий из области турбины, должен двигаться, чтобы освободить место для нового потока. Если ветер останавливается, турбина становится подобна твердой стенке, и энергия не может генерироваться. Это известно как предел Беца, который теоретически составляет 59,3% от общей энергии ветра. Реальные ветряные турбины работают на значительно более низких уровнях, примерно от 15% до 40% от общей энергии ветра. Вертикально-осевые ВЭУ имеют в среднем КПД равный 38%.

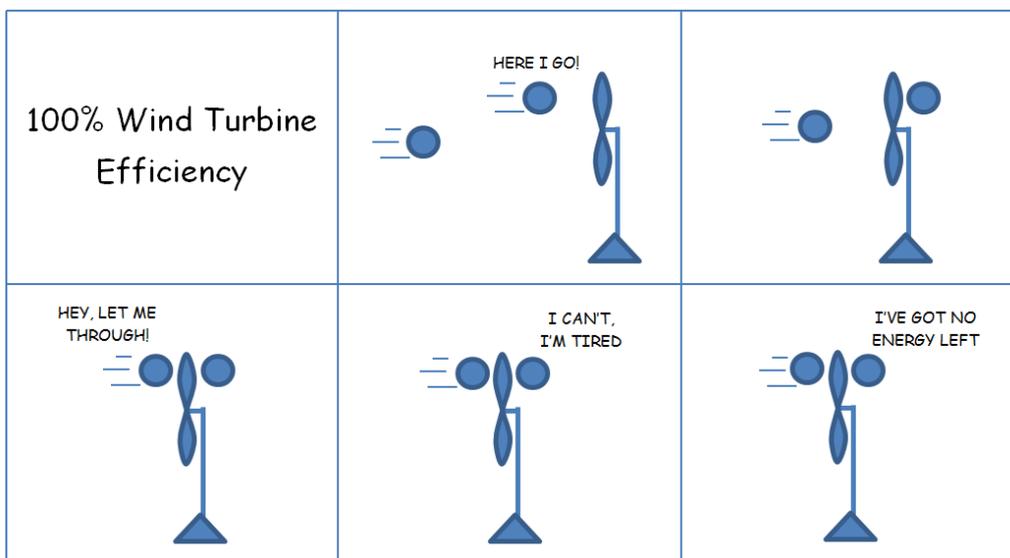


Рис. 4. Эскиз двух молекул воздуха объясняющий, почему ВЭУ не могут работать со 100 % эффективностью

Теперь вернемся к исходному вопросу. Если нам нужна ВЭУ мощностью 5 кВт, мы предполагаем, что номинальная мощность при 12 м / с. Предположим, что у конструкции будет коэффициент мощности 25%.

Это означает, что турбина будет способна вырабатывать 225 Ватт мощности на квадратный метр развернутой площади при номинальной скорости ветра. Общая площадь развертки турбины определяется путем деления номинальной мощности на это значение:

$$\text{Площадь} = 5000 \text{ Вт} / 225 \text{ Вт} = 22,22 \text{ кв.}$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Энергетика и промышленность России» [Электронный ресурс] <https://www.eprussia.ru/epr/23/1573.htm>
2. Energy efficiency & renewable energy [Электронный ресурс] <https://windexchange.energy.gov/small-wind-guidebook>
3. U.S. Energy Information Administration [Электронный ресурс] <https://www.eia.gov/energyexplained/wind/types-of-wind-turbines.php>
4. EnergyLand.info [Электронный ресурс] <http://www.energyland.info/analitic-show-52412>
5. Дж. Твайделл, А. Уэйр. Возобновляемые источники энергии: Пер. с англ. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 392 с.

А. И. ПЕТРОСЯНЦ, А. В. СИДОРЕНКО

petrosyansalexandr@gmail.com, sidorenko-nastua4142@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Н. С. СЕНЮШКИН

Уфимский государственный авиационный технический университет

АНАЛИЗ ТУРБОКОМПРЕССОРОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СОСТАВЕ ДВС

Аннотация. В данной статье описывается конструкция турбокомпрессора, принцип работы и его конструктивные схемы, а также проводится анализ, выявление преимуществ и недостатков его типов.

Ключевые слова: турбокомпрессоры.

В современном мире без двигателя внутреннего сгорания невозможно представить жизнь. Он используется во всех отраслях жизни человека, начиная от автомобилей и заканчивая самолетами. Вследствие чего появляется необходимость в постоянном совершенствовании двигателя, повышение его кпд. Таких систем повышающих эффективность существует огромное количество, но основным из них является использование такого агрегата, как турбокомпрессор, который позволяет повысить мощность двигателя внутреннего сгорания, не внося значительные изменения в конструкцию двигателя.

Турбокомпрессор – агрегат, позволяющий увеличить мощность двигателя внутреннего сгорания, путем нагнетания сжатого воздуха в камеру сгорания двигателя.

Конструкция турбокомпрессора

В общем случае турбокомпрессор состоит из таких основных узлов:

- Турбина;
- Компрессор;
- Центральный корпус.

Турбина – лопаточная машина, которая преобразует кинетическую энергию выхлопных газов в механическую работу на валу. Компрессор -лопаточная машина, предназначенная для сжатия рабочего тела, воздуха. Корпус подшипников связывает оба агрегата в единую конструкцию, а расположенный в нем вал ротора обеспечивает передачу крутящего момента от колеса турбины на колесо компрессора.

Компрессоры по конструктивному исполнению разделяются на центробежные (рисунок 1) и осевые (рисунок 2). В осевых компрессорах сжатие воздуха происходит вдоль оси вала, а в центробежном поток газа во вращающихся решетках лопаток направлен от центра к периферии.

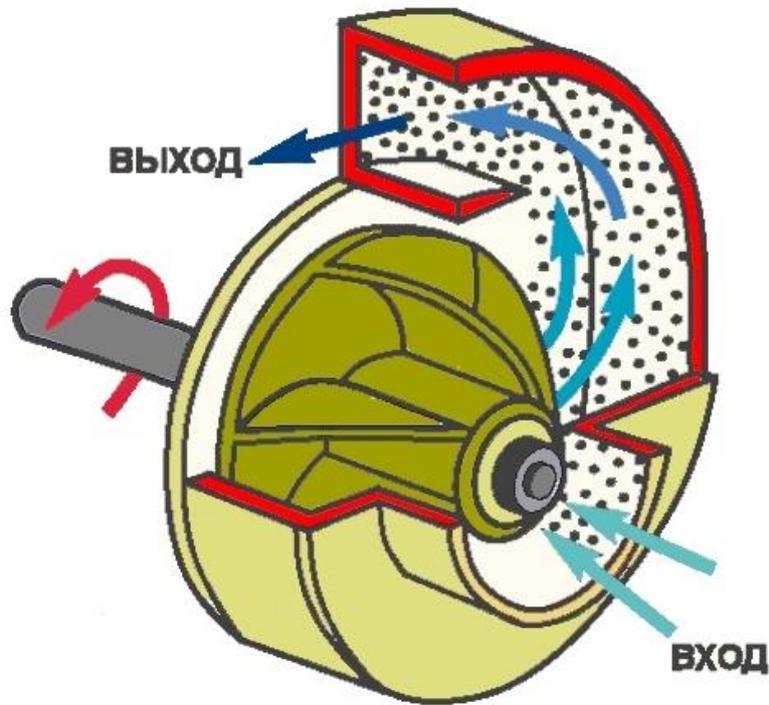


Рис. 1. Ступень центробежного компрессора

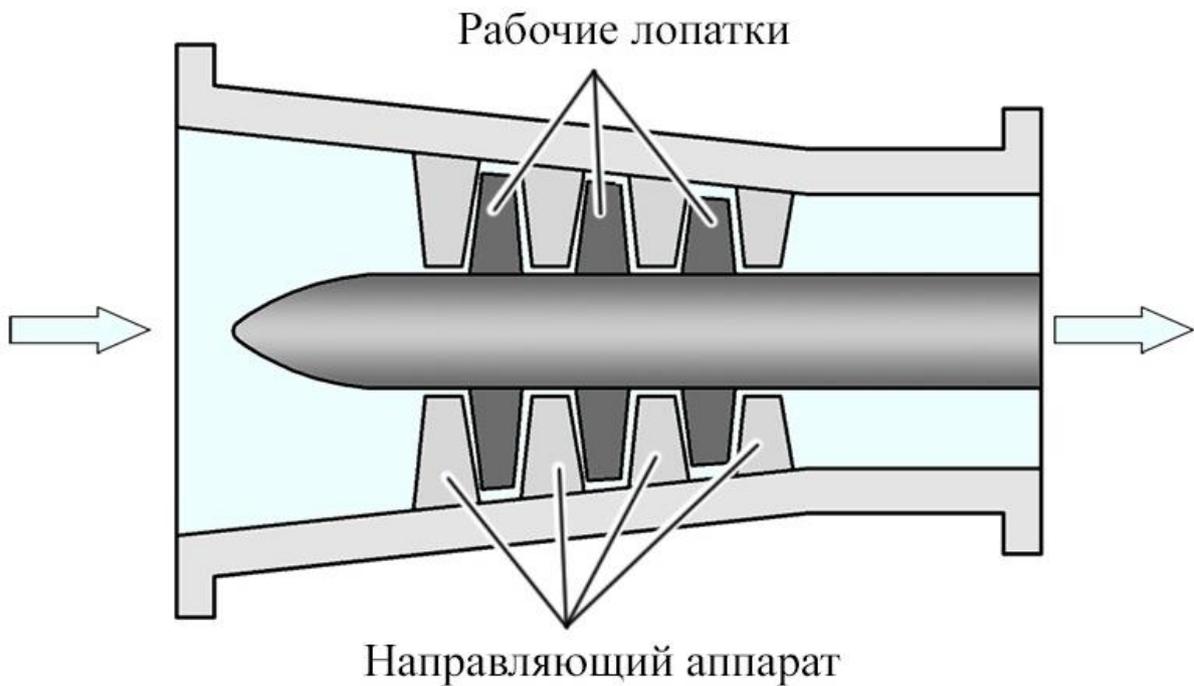


Рис. 2. Осевой компрессор

Достоинством осевых компрессоров по сравнению с центробежными являются более высокий КПД, большая производительность и меньшие диаметральные размеры. Но осевой компрессор имеет и свои недостатки, такие как сложность изготовления, возможности вибраций лопаток и как следствие их поломка.

Центробежный же компрессор обладает большей степенью повышения давления в одной ступени, тем самым отсутствует необходимость в многоступенчатости, что делает его конструкцию более компактной в осевом направлении. Простота конструкции в сравнении с осевым компрессором дает возможность длительного срока эксплуатации на высоком уровне эффективности. К недостаткам можно отнести высокие скорости вращения, как следствие повышенные требования и сложности к выбору подшипников и системы смазки.

Сравнивая плюсы и минусы можно сделать вывод, что более подходящим конструктивным исполнением компрессора для двигателя внутреннего сгорания является центробежный компрессор. Большая степень повышения давления на ступень, а в следствии его производительность, меньшие размеры. Кроме того, из-за простоты конструкции центробежный компрессор дешевле, чем компрессор с осевым потоком.

Турбины по конструктивному исполнению разделяются на осевые и центростремительные (радиальные)

Преимущества осевых турбин является высокий КПД при повышенных расходах газа и размерах самого рабочего колеса, легкость ротора турбины. К недостаткам можно отнести сложность исполнения регулируемого направляющего аппарата. Еще одним недостатком является меньший КПД при малых расходах и размерах рабочего колеса.

К плюсам центростремительных турбин можно отнести больший КПД в сравнении с осевыми турбинами при малых расходах газа и размерах. Также сравнительно простая конструктивная схема дает надежность рабочего колеса, так как его выполняют в виде единой отливки. К недостаткам турбины радиального типа можно отнести повышенные размеры рабочего колеса, что приводит к увеличению окружных скоростей, а как следствие проблемы с надежностью и срока службы подшипников.

Турбокомпрессоров можно разделить на:

- Одиночный турбокомпрессор
- Турбокомпрессор с изменяемой геометрией лопатки
- Система параллельного наддува Twin-Turbo
- Электрический турбокомпрессор

Одиночный турбокомпрессор имеет свои преимущества перед остальными типами турбокомпрессоров, такие как простота конструкции, в следствие этого - надежность агрегата. Также из простоты конструкции вытекает его еще один плюс – это его выигрыш в цене. Но как и плюсы одиночный турбокомпрессор имеет и свои недостатки, такие, как такназываемая турбояма – это задержка мощности, которая происходит на низких оборотах двигателя. А также меньшая мощность в сравнении с другими типами.

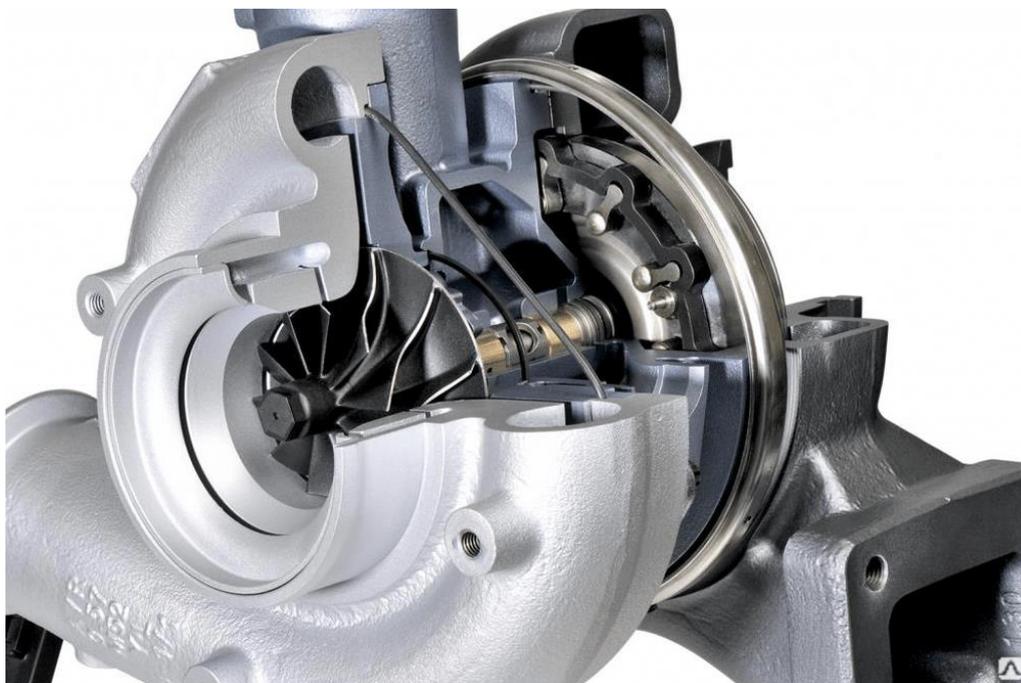


Рис. 3. Одиночный турбокомпрессор

Турбокомпрессор с изменяемой геометрией турбокомпрессоров с возможностью изменения сечение на входе колеса турбины, тем самым имеет существенное преимущество, способность сохранять устойчивую работу в широком диапазоне оборотов двигателя. Но такой тип также имеет и недостатки, такие как меньшая надежность в сравнении с предыдущим типом, а также сложность самой конструкции. Еще одним существенным недостатком является то, что данный тип больше предназначен для двигателей дизельных, так как бензи-

новые двигатели имеют большую температуру выхлопных газов, в следствие чего вытекает необходимость использования дорогих, более стойких к тепловым нагрузкам материалов.

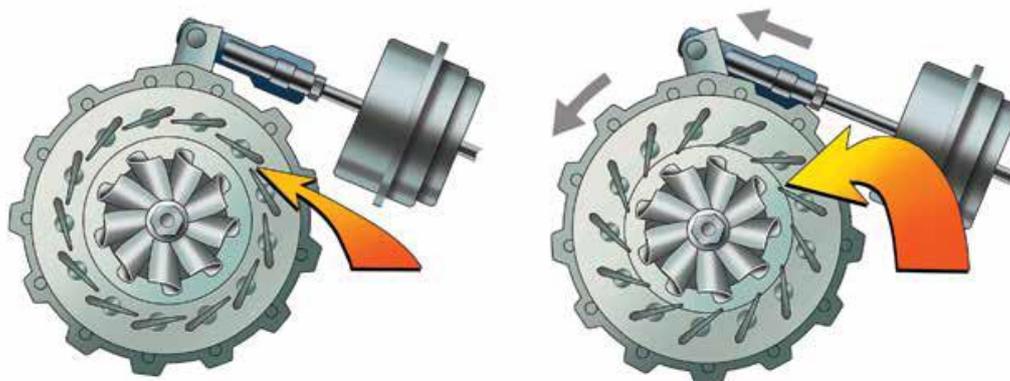


Рис. 4. Турбокомпрессор с изменяемой геометрией

Система параллельного наддува TwinTurbo включает турбокомпрессоры, которые работают одновременно, параллельно друг с другом. Работа совершается путем распределения потока выхлопных газов равномерно на две турбины. В настоящее время TwinTurbo в основном устанавливается на двигателях, к которым выставляются требования высокой мощности. Система TwinTurbo осуществляет высокую производительность на широком диапазоне. Такая система дает увеличение мощности при относительно небольших размерах, габаритах двигателя.

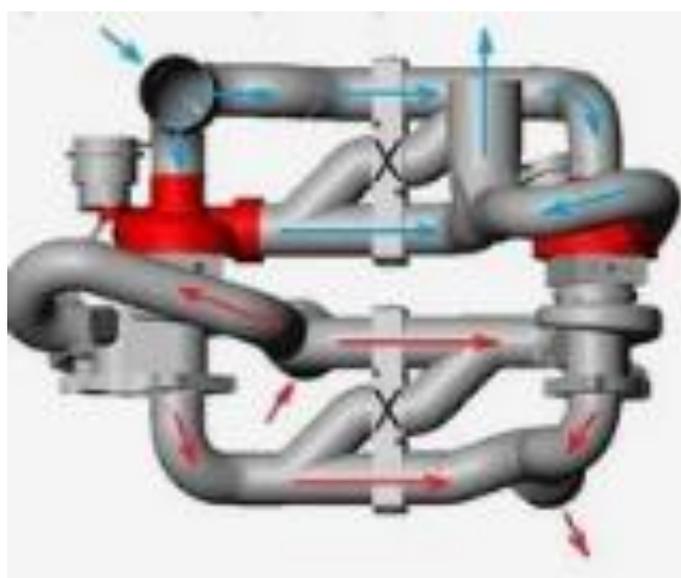


Рис. 5. Система параллельного наддува

Электрический турбокомпрессор работает за счет электродвигателя, в результате этого вытекает ряд преимуществ, такие как полное отсутствие турболога. Также из-за того, что движение компрессора приводится электромотором, а не турбиной, такой тип компрессора не подвержен высокой тепловой нагрузке. К недостаткам же можно отнести высокую цену данного типа агрегата. Также ремонтпригодность электрического турбокомпрессора проигрывает остальным типам.

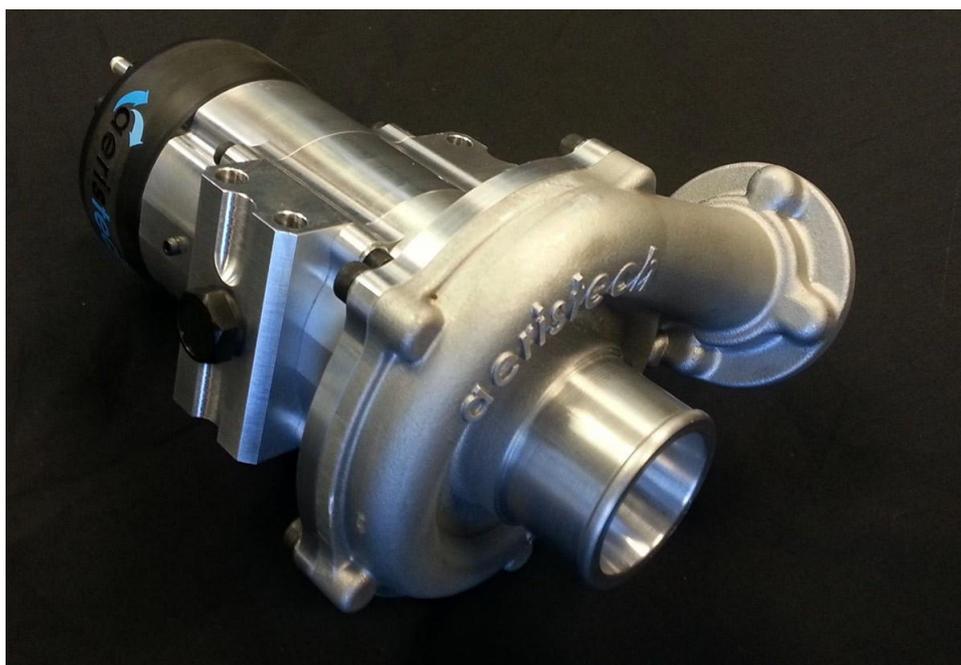


Рис. 6. Электрический турбокомпрессор

Таким образом можно сделать вывод что из всех типов турбокомпрессоров ярко выделяется электрический турбокомпрессор, так как он решает одну из главных проблем, связанную с «турбоямами», инертность в данном случае практически отсутствует. Однако в виду своих конструктивных особенностей в данный момент является дорогостоящим, но с развитием технологий производства данный недостаток будет нивелирован.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов К.Ю., Боковенко Д.В., Максименко К.О. Анализ существующих аналогов турбокомпрессоров. 2021г. [электронный ресурс] URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-suschestvuyuschih-analогоv-turbokompressorov/viewer>
2. Статья турбокомпрессор: сердце системы наддува воздуха [электронный ресурс] URL:<https://www.autoopt.ru/articles/products/28101693>

А. В. СИДОРЕНКО, Н. С. СЕНЮШКИН

sidorenko-nastua4142@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Н. С. СЕНЮШКИН

Уфимский государственный авиационный технический университет

ГАЗОДИНАМИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТУРБОРЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ МАЛОЙ ТЯГИ

Аннотация. В данной статье представлен термогазодинамический расчет малоразмерного газотурбинного двигателя в системе математического моделирования DWIGwT 7.12c.

Ключевые слова: двигатель; ГТД; малоразмерный ГТД, ВСХ, двигатель-прототип.

В настоящее время разработчики скоростных беспилотных летательных аппаратов, одноразовых БПЛА специального назначения и моделей реактивных самолетов легкого класса вынуждены использовать газотурбинные двигатели (ГТД) иностранного производства, так как на территории Российской Федерации производство подходящих двигателей не развито. Однако из-за сегодняшних ограничений, связанных с увеличением стоимости и возможными прекращениями поставок двигателей и их комплектующих, приобретение малоразмерных ГТД вызывает еще большие затруднения. Поэтому целью данной работы является термогазодинамический расчет двигателя в системе математического моделирования DWIGwT 7.12c, на основе которого будет разработан отечественный малоразмерный ГТД, готовый к сборке и испытаниям.

В качестве прототипа выбран двигатель JetCat P200 (рисунок 1) – турбореактивный малоразмерный двигатель, принадлежащий немецкой компании JetCat. Используется на беспилотниках массой до 40 кг. Свою известность приобрел благодаря беспилотному летательному аппарату Boeing X-48 (рисунок 2). [1]



Рис. 1. Двигатель JetCat P200



Рис. 2. Беспилотный аппарат Boeing X-48

Термогазодинамический расчет двигателя-прототипа был проведен в системе математического моделирования DWIGwT 7.12c (рисунок 3).

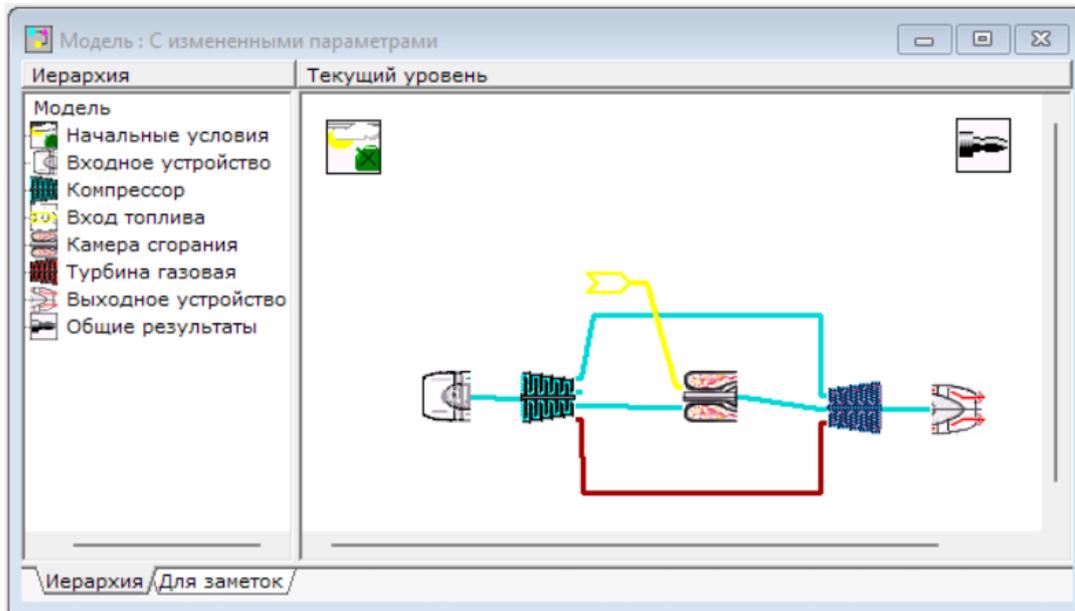


Рис. 3. Модель двигателя-прототипа в DWIGwT 7.12c

При расчете двигателя использованы параметры, приведенные в табл. 1. [2]

Таблица 1

Параметры работы двигателя-прототипа JetCat P200 на расчетном режиме

<i>Параметр рабочего процесса</i>	<i>Значение параметра</i>
Входное устройство	
Приведенный расход воздуха на входе в ВУ, кг/с	0,45
Компрессор	
Адиабатический КПД компрессора	0,69
Степень повышения давления	4
Частота вращения ротора, об/мин	112000
Вход топлива	
Температура топлива, °С	20
Камера сгорания	
Коэффициент полного давления	0,88

<i>Параметр рабочего процесса</i>	<i>Значение параметра</i>
Коэффициент полноты сгорания топлива	0,98
Температура газа на выходе из КС, К	1277
Турбина	
Адиабатический КПД турбины	0,72
Механический КПД ротора	0,982
Дополнительные параметры	
Тип реактивного сопла	Сужающее устройство
Тип установки	ГТД
Тип применяемого топлива	жидкое
Теплотворная способность топлива, кДж/кг	43000

Значения параметров, полученных после термогазодинамического расчета двигателя-прототипа близки к параметрам базового двигателя JetCat P200 (таблица 2).

Таблица 2

Результаты термогазодинамического расчета двигателя

Наименование величины	Единицы измерения	JetCat P200	Рассчитанный двигатель-прототип
Тяга	[кН]	0,23	0,2302
Удельный расход топлива	$\left[\frac{\text{кг}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}\right]$	157	156,84
Расход воздуха	$\left[\frac{\text{кг}}{\text{с}}\right]$	0,45	0,45
Степень повышения давления в компрессоре	-	4	4
Температура газа на выходе из КС	[К]	1277	1277

Далее выберем оптимальные параметры рабочего процесса двигателя-прототипа. Для этого варьируем температуру газов и степень повышения давления (рисунок 4).

В качестве критериев выбора оптимальных параметров двигателя выберем большую тягу при сравнительно малом удельном расходе топлива. При этом температура газов не должна превышать 1400 К, так как иначе потребуются охлаждать турбину, однако в малоразмерных ГТД подобное реализовать достаточно трудно. Так же проектируемый двигатель должен меньше отличаться

от прототипа технологически и не должен требовать дополнительных затрат на разработку, производство и тестирование новых компрессоров. Таким образом, примем тягу 0,24 кН, удельный расход топлива 152,62 кг/(кН·ч), степень повышения давления 4,3821, температуру газов 1300 К.

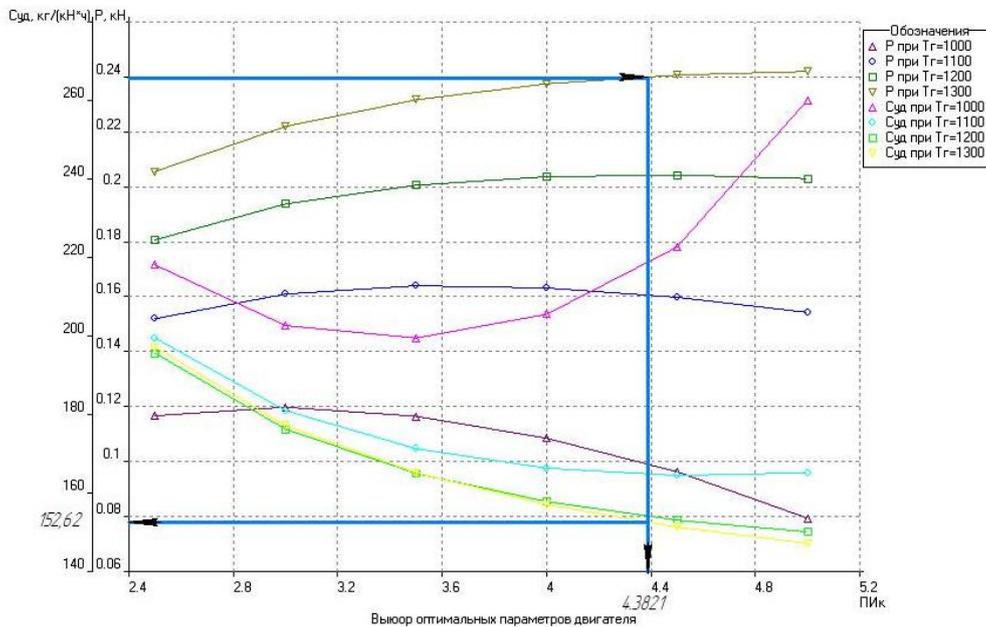


Рис. 4. График зависимости удельного расхода топлива и тяги от степени повышения давления и температуры газов

Построим высотно-скоростные характеристики (ВСХ) двигателя (рис. 5-6).

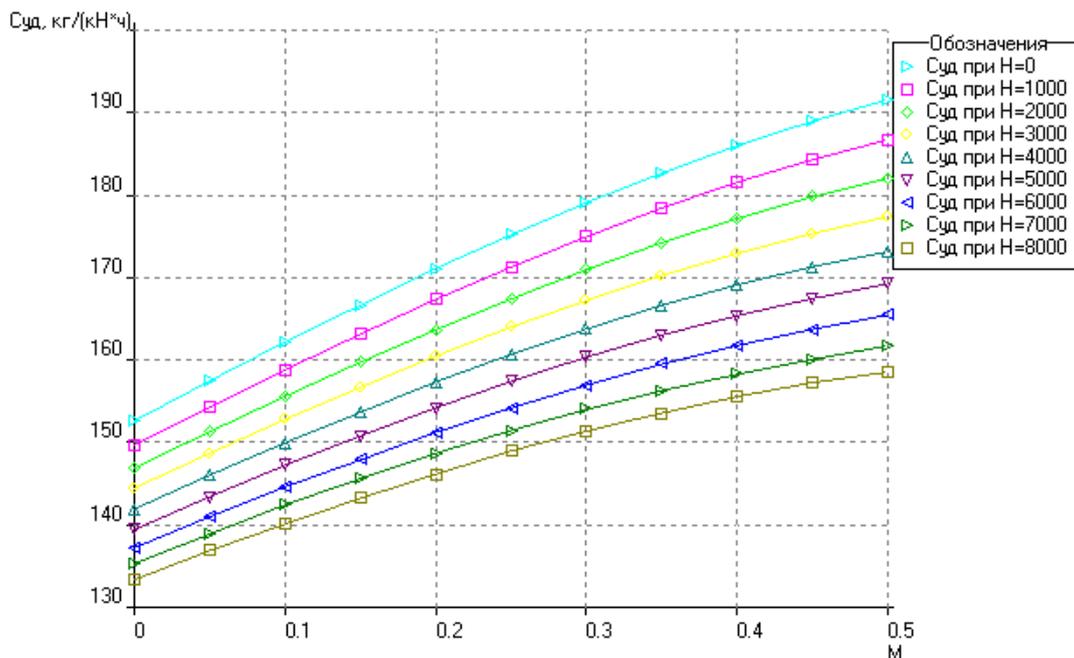


Рис. 5. Зависимость удельного расхода топлива двигателя от числа Маха и высоты полета

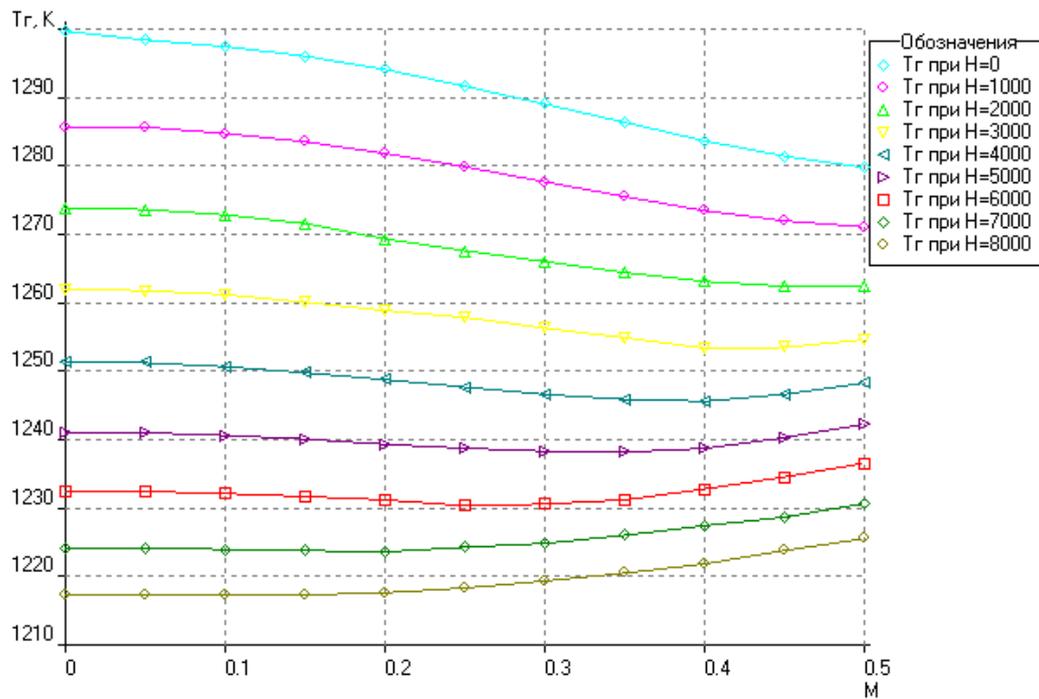


Рис. 6. Зависимость температуры газа за КС двигателя от числа Маха и высоты полета

Из приведенных выше графиков видно, что с увеличением высоты полета:

- тяга двигателя, удельный расход топлива, расход воздуха и температура газов уменьшаются;

- степень повышения давления увеличивается.

А с увеличением числа Маха полета:

- удельный расход топлива, расход воздуха увеличиваются;

- степень повышения давления уменьшается;

- тяга двигателя при диапазоне высот 3000-8000 м уменьшается до числа Маха 0,35, а дальше увеличивается;

- температура газов за КС при высотах 0-2000 м уменьшается, 3000-7000 м – имеет переменчивый характер (сначала уменьшается, затем увеличивается), 7000-8000 м – увеличивается.

В результате проведенных расчетов в системе математического моделирования DWIGwT 7.12с видно, что проектируемый двигатель соответствует мировому уровню серийно выпускаемых двигателей. Одним из направлений

совершенствования может быть повышение характеристик компрессора, прежде всего степени повышения давления и КПД.

Дальнейшая работа будет выполняться при поддержке гранта «Студенческий стартап».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технические характеристики JetCat P200. Сайт компании JetCat. [Электронный ресурс] URL: https://www.jetcat.de/en/productdetails/produkte/jetcat/produkte/hobby/Engines/p200_rx
2. Проблемы и перспективы развития микрогазотурбинных двигателей для беспилотных летательных аппаратов. Жданов И.А., Штаудахер С., Фалалеев С.В. Авиационная и ракетно-космическая техника. 2011. 9 с.
3. ТЕРМОГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ГТД И ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ DVIGwT. Горюнов И.М. Уфа: УГАТУ, 2006. 9 с.

УДК 621.165.52-146.2

А. А. СТАРОСТИН

alstarost35@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. В. М. КУДОЯРОВА

Уфимский государственный авиационный технический университет

РАСЧЕТ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ ТЕПЛОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА БАЗЕ ТУРБИНЫ ПТ-80-130/13 ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ТЕПЛОФИКАЦИОННОЙ НАГРУЗКЕ

Аннотация. В данной работе выполнен расчет принципиальной тепловой схемы тепловой электростанции на режимах номинальной, повышенной и пониженной нагрузках при температурах наружного воздуха $t_n = +5, -5, -10, -15$ °С при выполнении теплового и пароводяного баланса ТЭЦ. Также были получены показатели тепловой эффективности ТЭЦ на базе турбоустановки ПТ-80-130/13 для различных режимов работы, а именно КПД станции и удельный расход топлива при различных режимах работы, а также анализирование этих результатов.

Ключевые слова: теплофикация, паровая турбина, тепловая эффективность, электростанция.

Актуальность работы:

Энергия является одним из ведущих секторов экономики страны, который включает в себя энергоресурсы, производство, конверсию, передачу и использование различных видов энергии. Энергетика - главная отрасль России, которая обеспечивает потребности экономики и населения страны в электрической и тепловой энергии и в значительной степени определяет устойчивое развитие всех отраслей экономики страны.

Энергия создает предпосылки для применения новых технологий, наряду с другими факторами, обеспечивает современный уровень жизни для населения страны. В то же время он оказывает значительное влияние на окружающую среду, являясь одним из основных потребителей первичных энергоресурсов - органического и ядерного топлива, гидроресурсов. Осуществляет в производстве электрической и тепловой энергии значительные тепловыделения, продукты сгорания топлива, шумовые эффекты, которые отрицательно влияют на окружающую природу.

Система отопления в России основана на районных тепловых электростанциях общего пользования и на промышленных тепловых электростанциях в

структуре предприятий, из которых тепло производится как на промышленные предприятия, так и в близлежащие города. Для удовлетворения тепловой вентиляции и бытовых нагрузок жилых и общественных зданий, а также промышленных предприятий используется, главным образом, горячая вода. Использование горячей воды в качестве теплоносителя позволяет использовать тепло отработанного пара низкого давления для теплоснабжения, что повышает эффективность нагрева за счет увеличения удельного производства электрической энергии на основе потребления тепла

Данная работа посвящена определению наиболее выгодному режиму работы электростанции, в зависимости от теплофикационной нагрузки и температуры наружного воздуха.

Цель работы: сравнение энергетических показателей блочной ТЭЦ на базе паротурбинной установки ПТ-80-130/13 в зависимости от теплофикационной нагрузки

В данной работе исследованы энергетическая эффективность и параметры принципиальной тепловой схемы на базе турбины ПТ-80-130/13 при различных режимах работы, построены графики зависимостей.

В результате проведенных расчетов принципиальной тепловой схемы ТЭЦ на базе турбоустановки ПТ-80-130/13 на номинальном режиме и режимах повышенной и пониженной нагрузки при $t_{\text{нар}} = +5, -5, -10, -15$ °С получено, что при анализе зависимостей КПД блока, удельный расход топлива, КПД по выработке электроэнергии имеют наилучшие значения на режиме номинальной нагрузки и ухудшаются на режиме пониженной и повышенной нагрузки, так как при понижении нагрузки отпуск теплоты на потребителя становится меньше, следовательно, больше теплоты сбрасывается в конденсатор. При повышении нагрузки выше номинальной включается в работу ПВК. Результаты технико-экономических расчетов на рисунках 1 – 5.

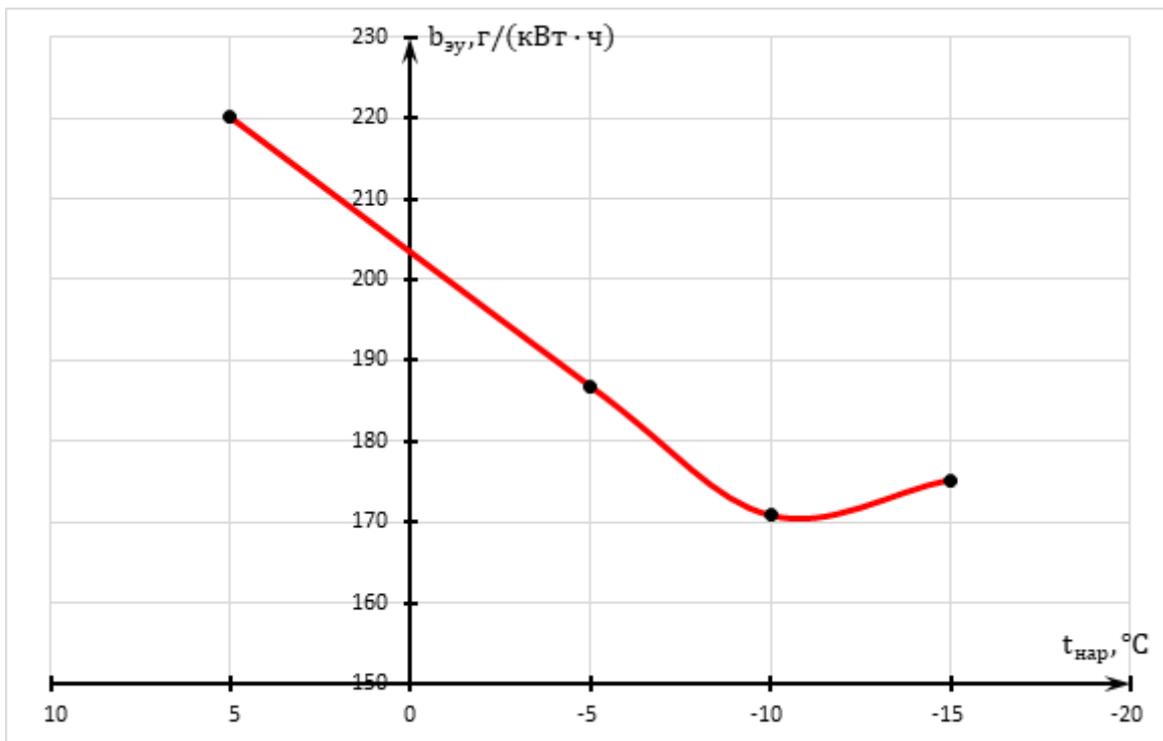


Рис. 1. Удельный расход условного топлива на производство электроэнергии

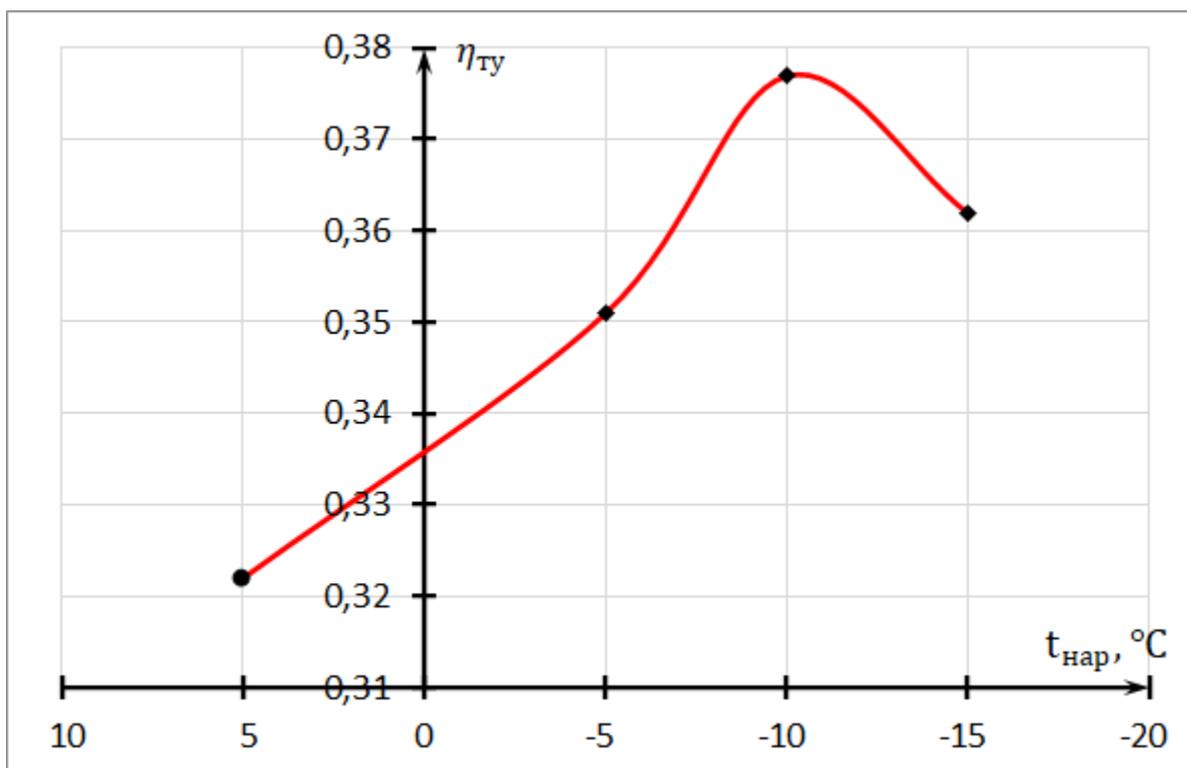


Рис. 2. Абсолютный электрический КПД ТЭЦ

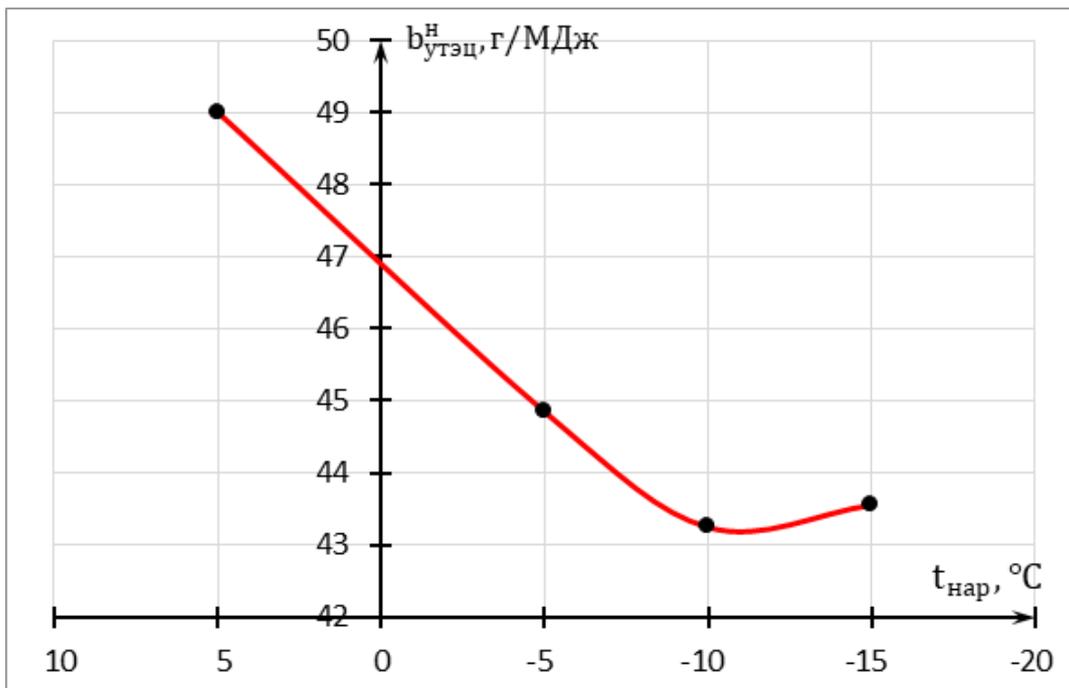


Рис. 3. Удельный расход условного топлива “нетто”

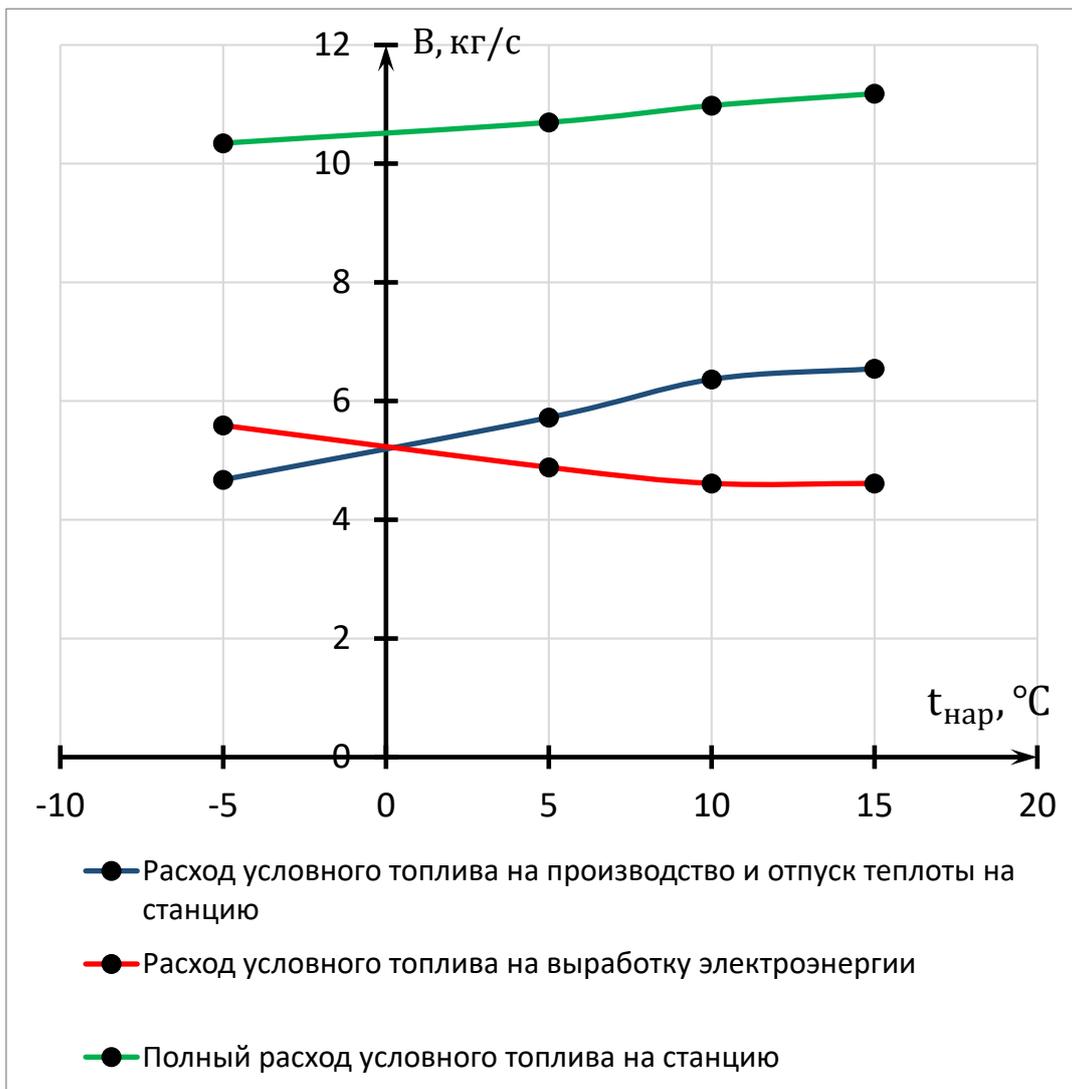


Рис. 4. Расход условного топлива станции

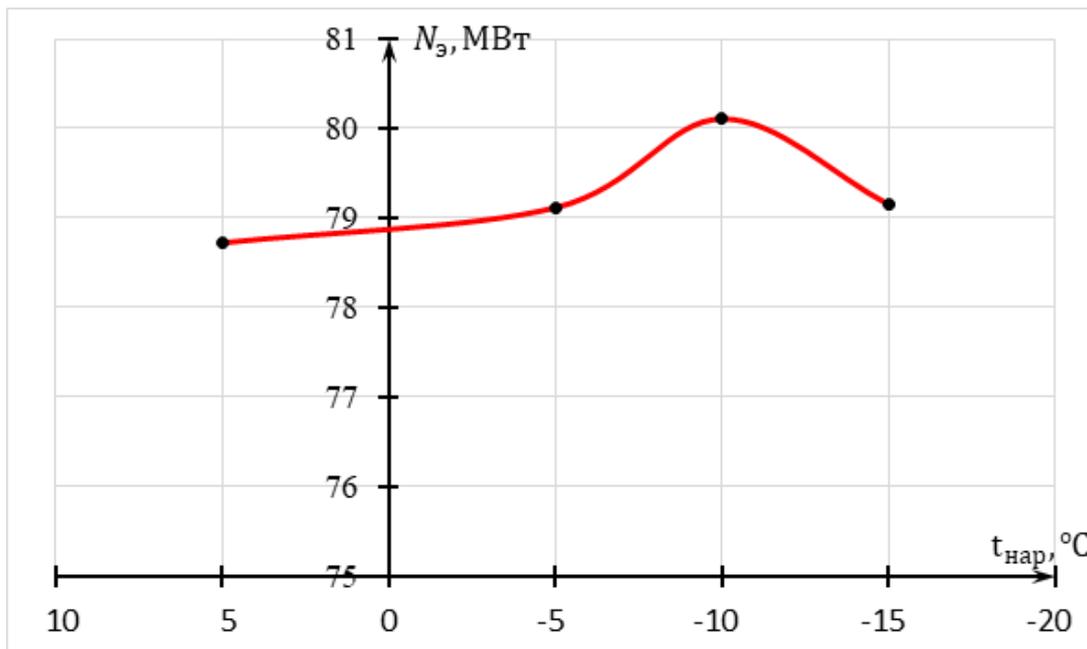


Рис. 5. Электрическая мощность турбоагрегата

В зависимостях анализа можно видеть, что удельный расход топлива, эффективность тепловой электростанции, оптимальное значение эффективности производства энергии при работе с номинальной нагрузкой и ухудшает ее, когда рабочий режим изменяется в направлении уменьшения нагрузки и увеличения. По мере уменьшения нагрузки количество потребляемого потребителем тепла уменьшается, поэтому большая часть тепла в конденсаторе теряется. Если нагрузка поднимается выше номинального значения, поток пара от турбины до нагрузки в отопительном контуре не изменяется, но работа включается для ПВК, для которого потребляется дополнительное топливо. Поэтому работа турбинного блока наиболее выгодна в температурном диапазоне, близком к номинальному, поэтому рекомендуется выбирать значение коэффициента теплопередачи в соответствии с распределением температуры наружного воздуха в диапазоне выбора ТЭС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бойко Е.А. Паровые энергетические установки ТЭС: Учеб. пособие для вузов. М.: Энергия, 2006. – 231с.
2. Инструкция по эксплуатации паровой турбины ПТ 80-130/16 (ЛМЗ) ст. № 3 ИЭ 192-03
3. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции: Учебник для теплоэнерг. спец. вузов. — М.-Л.: Энергия, 1967. — 400 с.; переиздание 1976, последнее — в 1987 г. — посмертное с участием В.Я. Гиршфельда, С.В. Цанева, И.Н. Тамбиевой, Л.А. Рихтера, Е.И. Гаврилова и др.
4. Трухний А.Д., Ломакин Б.В., теплофикационные и паровые турбины и турбоустановки: Учебное пособие для вузов.-М.: Издательство МЭИ, 2002.-540с.
5. Александров А., Григорьев Б. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара
6. Л.А. Рихтер, Д.П. Елизаров, В.М. Лавыгин. «Вспомогательное оборудование тепловых электростанций», Учебное пособие для вузов. - М.: Энергоиздат, 1987. Рис. 3. 15, стр. 65.

УДК 621.311.22

Т. Р. СУЮНДИКОВ

321903timur@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А. Н. ЖИЛИН

Уфимский государственный авиационный технический университет

ТЭЦ МОЩНОСТЬЮ $N_{Э}=280$ МВт, $Q_{Т}=2890$ ГДЖ/Ч (690 ГКАЛ/Ч) НА БАЗЕ ТУРБИН Т-110/120-130

Аннотация. В данной работе выполняется выбор основного и вспомогательного оборудования ТЭЦ в соответствии с «Нормы технологического проектирования тепловых электростанций». Произведен выбор вспомогательного оборудования станции, таких как: деаэраторы повышенного давления и деаэраторы 1,2 ата, питательные насосы, подогреватели сетевой воды, конденсатные насосы для сетевых подогревателей, выбор РОУ, сетевые насосы и т.д. В работе выполнен расчет тепловой схемы турбины Т-110/120-130 при номинальном режиме, а также рассчитаны технико-экономические показатели спроектированной станции при температуре окружающего воздуха -20°C . Произведен тепловой расчет ПН-250-16-7 подогревателя низкого давления, приведено описание конструктивной схемы подогревателя, его технических характеристик, включения подогревателя в схему станции.

Ключевые слова: ТЭЦ, компоновка схемы, турбина, паровой котел, основное оборудование, вспомогательное оборудование, отопление, промышленный отбор, выработка электроэнергии.

Электрические станции являются промышленными предприятиями по выработке электрической и тепловой энергии. Процесс производства электроэнергии происходит в связи преобразованием тепловой энергии в электрическую, вызванная за счет экзотермических реакций между исходными веществами: горючем топливом и окислителем (кислородом), на станциях так называемые ТЭС (тепловые электростанции). Существует другой вид станций АЭС (атомная электростанция), отличаются от ТЭС в виде топлива, где в атомных реакторах в результате распада тяжелых атомов выделяется большое количество теплоты.

ТЭС общий термин тепловых электростанций, объединяющий такие виды станций как ТЭЦ и КЭС. Различие ТЭЦ от КЭС в том, что для первого имеет место быть отпуск тепловой энергии для теплоснабжения тепловых потребителей: жилищных домов, промышленных предприятий. КЭС – конденсационная станция, которая занимается производством только электроэнергии.

ГРЭС - государственная районная электростанция, является конденсационной электростанцией мощностью более 1000 МВт.

Вода преобразуется в пар энергетических котла. Пар под большим давлением поступает на паровую турбину, вращаясь турбина создает крутящий момент у электрического генератора, что делает паровую турбину тепловым двигателем на ТЭС И АЭС.

На электростанциях находится большой комплекс оборудования, как основного, так и вспомогательного. К основному оборудованию относятся: паровые турбины, котел, конденсатор, пиковые водогрейные котлы. К вспомогательному оборудованию относят: регенеративные подогреватели основного конденсата, сетевые подогреватели сетевой воды для теплоснабжения, большое количество насосов, дымососов, вентиляторов, деаэраторов, градирни и т.д.

Для обеспечения работы всей станции требуется правильно выполненный проект с наилучшими технико-экономическими показателями, для этого требуется подбор основного и вспомогательного оборудования, который в совокупности обязан обеспечить безаварийную работу станции, при минимальных капитальных вложениях будущей ТЭЦ. Этим обусловлена актуальность данной работы.

Проектируемая электростанция имеет схему с поперечными связями. Питание деаэраторов повышенного давления и деаэраторов атмосферного давления всей станции предполагается осуществлять турбиной ПТ-60/75-130/13. В схему станции включаются редуционно-охладительные установки.

Основным энергетическим оборудованием ТЭЦ турбины Т-110/120-130 и ПТ-60-130/13, энергетические котлы БКЗ-320-140. Пиковый водогрейный котел ПТВМ-180 и пиковый подогреватель сетевой воды ПСВ-315-3-23 обеспечивают покрытие пиковой теплофикационной нагрузки.

Произведен выбор вспомогательного оборудования станции, таких как: деаэраторы повышенного давления и деэраторы 1,2 ата, питательные насосы, подогреватели сетевой воды, конденсатные насосы для сетевых подогревате-

лей, выбор РОУ, сетевые насосы и т.д. Перечень основного и вспомогательное оборудование представлено в таблице 1.

Таблица 1

Основное и вспомогательного оборудовании станции

Оборудование	Количество
Паровой котел БКЗ-320-140	5
Паровая турбина ПТ-60-130-13	1
Паровая турбина Т-110/120-130	2
Водогрейный котел ПТВМ-180	2
Питательный насос ПЭ-580-185-5	5
Деаэратор питательной воды ДП-500/65	3
ДА-100/50 атмосферный деаэратор	2
ДА-50/25 атмосферный деаэратор	3
Подогреватель сетевой воды ПСВ-315-3-23	1
Конденсатный насос сетевой воды Кс 50-150 для ПСВ-315-3-23	2
Редукционно-охладительная установка РОУ 125	2
Сетевой насос СЭ 2500-180-8	4
Циркуляционный насос Д 6300-27-3	7
Градирия БГ-3200-73	2

Осуществляется выбор сортамента паропровода для котла БКЗ-320-140, для турбин ПТ-60-130 и Т-110-130, трубопровода питательной воды, мазутопровода, газопровода, в таблице 2 представлен сортамент трубопроводов станции.

Таблица 2

Сортамент трубопроводов станции

Трубопровод	Сортамент
Паропровод БКЗ-320-140	377х60, Сталь 12Х1МФ
Паропровод ПТ-60-130-13	377х50, Сталь 15Х1М1Ф
Паропровод Т-110/120-130	426х56, Сталь 15Х1М1Ф
Трубопровод питательной воды	325 х28, Сталь 15ГС
Мазутопровод	219х6, Сталь 20
Газопровод	720х8, Сталь 17ГС

Был произведен расчет расчет тепловой схемы турбины Т-110/120-130 при номинальном режиме.

Произведен расчет технико-экономических показателей ТЭЦ при $t_{нв} = 20^{\circ}\text{C}$, где в таблице 3 указаны основные показатели ТЭЦ.

Таблица 3

Основные технико-экономические показатели ТЭЦ при -20°C

Электрическая нагрузка	$N_{э} = 280 \text{ МВт}$
Отпуск пара на производство	$D_{п} = 130 \text{ т/ч}$
Расход теплоты на отпуск пара на производство и отпуск теплоты на отопление и водоснабжения ТЭЦ	$Q_{п}^{\text{ТЭЦ}} = 582,951 \text{ Гкал/ч}$
Расход теплоты на отпуск пара на производство	$Q_{п} = 88,231 \text{ Гкал/ч}$
Расход теплоты на отопление и водоснабжения ТЭЦ	$Q_{от}^{\text{ТЭЦ}} = 494,72 \text{ Гкал/ч}$
Расход теплоты на отопление и водоснабжения от отборов турбины	$Q_{т} = 379,5 \text{ Гкал/ч}$
Расход теплоты на отопление и водоснабжения ПВК	$Q_{пвк} = 115,22 \text{ Гкал/ч}$
Удельный расход условного топлива на отпуск пара на производство и отпуск теплоты на отопление и водоснабжения ТЭЦ	$b_{у}^{\text{т}} = 143,518 \frac{\text{кг} \cdot \text{у} \cdot \text{т}}{\text{Гкал}}$
	$b_{у}^{\text{т}} = 34,277 \frac{\text{кг} \cdot \text{у} \cdot \text{т}}{\text{ГДж}}$
Удельный расход условного топлива на выработку электроэнергии	$b_{у}^{\text{э}} = 178,519 \frac{\text{г} \cdot \text{у} \cdot \text{т}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}$

Расчет ПНД 4 ПН-250-16-7-IV выполняется на базе теплофикационной турбины Т-110-130. В ходе расчета данного подогревателя выяснили, что расчет выполнен правильно, так как площадь поверхности нагрева подогревателя меньше площади при заданном паспортном.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ВНТП 81 Нормы технологического проектирования тепловых электростанций. – М.: Изд-во МО ТЭПа, 1981. – 80 с.
2. Инструкция по эксплуатации турбины Т-110-130. – Уфа, 2018. – 75 с.
3. Инструкция по эксплуатации турбины ПТ-60-130. – Уфа, 2018. – 58 с.
4. Инструкция по эксплуатации котла БКЗ-320-140. – Уфа, 2018. – 128 с.
5. РД 34.26.703. Типовая энергетическая характеристика водогрейного котла ПТВМ-180 при сжигании природного газа. – М: Изд-во СПО Союзтехэнерго, 1986. – 11 с.
6. ГОСТ 16860-88. Деаэраторы термические. Типы, основные параметры, приемка, методы контроля. – М: Изд-во Стандартиформ, 2007. – 6 с.

7. Трухний, А. Д. Стационарные паровые турбины / А. Д. Трухний – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 640 с.
8. Выбор основного и вспомогательного оборудования тепловых электрических станций: учебное пособие / А.В. Мошкарин, Е.В. Барочкин, М.Ю. Зорин, Г.В. Ледуховский. – Иваново: Иван. гос. энерг. ун-т, 2004. – 56 с.
9. РД 34.30.711. Типовая нормативная характеристика турбоагрегата ПТ-60-130/13 ЛМЗ. – М: Изд-во СЦНТИ ОРГРЭС, 1975. – 12 с.
10. Том 1. Современная теплоэнергетика / А.Д. Трухний, М.А. Изюмов, О.А. Поваров, С.П. Малышенко. – М.: МЭИ, 2016. – 512 с
11. РД 34.40.503-94. Типовая инструкция по эксплуатации установок подогрева сетевой воды на ТЭЦ и КЭС. – М: Изд-во СЦНТИ ОРГРЭС, 1996. – 65 с.
12. Григорьев, А. В. Тепловые и атомные электрические станции: справочник / В. А. Григорьева, В. М. Зорина. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.
13. Калютик, В.В. Трубопроводы тепловых электрических станций: учебное пособие / А.А. Калютик, В.В. Сергеев. – СПб.: СПбГПУ, 2003. – 50 с.
14. РД 10-249-98. Нормы расчета на прочность стационарных котлов и трубопроводов пара и горячей воды. – М: Изд-во Госгортехнадзор России, 1998. – 343 с.
15. РД 34.40.509-93. Типовая инструкция по эксплуатации систем регенерации высокого давления энергоблоков мощностью 100-800МВт. – М: Изд-во СПО ОРГРЭС, 1994. – 76 с.
16. СО 34.40.511. Методические указания по испытанию подогревателей высокого давления. – М: Изд-во СПО Союзтехэнерго, 1982. – 32 с.
17. СТО ЦКТИ 10.003-2007. Трубопроводы пара и горячей воды тепловых станций. – СПб: Изд-во СПО Союзтехэнерго, 1982. – 32 с.
18. Полещук, И.З. Определение параметров тепловой эффективности ТЭЦ / И.З. Полещук. – Уфа: Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т, 2005. – 40 с.
19. ГОСТ 8732-78. Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. – М: Изд-во Стандартиформ, 2007. – 12 с.
20. СП 42-102-2004. Проектирование и строительство газопроводов из металлических труб. – М: Изд-во ФГУП ЦПП, 2004. – 106 с.
21. МУ 34-70-104-85. Методические указания по эксплуатационному контролю за состоянием сетевых подогревателей. – М: Изд-во СОЮЗТЕХЭНЕРГО, 1985. – 72 с.
22. РД 34.40.510-93. Типовая инструкция по эксплуатации конденсатного тракта и системы регенерации низкого давления энергоблоков мощностью 100-800МВт на ТЭЦ и КЭС. – М: Изд-во СПО ОРГРЭС, 1994. – 76 с.

УДК 662.951.2

Д. А. ТОМИНА

ditomina@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Н. С. СЕНЮШКИН

Уфимский государственный авиационный технический университет

ГОРЕЛКИ ДЛЯ ПЕЛЛЕТНЫХ КОТЛОВ

Аннотация. Описание функций горелок для пеллетных котлов, а также их видов.

Ключевые слова: горелки, котлы, пеллеты.

Наиболее эффективным топливом для твердотопливных котлов, используемых в бытовых целях, являются пеллеты, представляющие собой спрессованные древесные опилки. Сжигание этих гранул – основная задача, которую выполняют пеллетные горелки для котлов. Горелочное устройство позволяет контролировать интенсивность нагрева теплоносителя, достигать максимальной теплоэффективности во время горения топливных гранул и обеспечивать экономичный расход топлива.

Для пеллетного котла горелка – это часть автоматической системы подачи топлива и его сжигания. Значит, горелка выполняет следующие функции:

1. Экономичный расход топлива. Автоматика, которая контролирует процесс сжигания топлива, и лямбда зонд, с помощью которого можно настроить оптимальный режим горения, напрямую подключены к самому горелочному устройству. Такая система способна менять температуру нагрева, автоматически меняя скорость подачи пеллет на горелку

2. Полное сжигание топлива. Пеллетная горелка представляет собой механическое устройство подачи пеллет, топливных гранул, в чашу, которая, в зависимости от типа модуля, имеет разную конструкцию. Горение пеллет происходит при высокой температуре, за счет чего они практически плавятся и образуют на стенках горелки шлак. Подобный принцип работы дает маленький процент недогара, составляющий всего 2-3%. Таким образом, при помощи горелочного устройства создаются оптимальные условия для полного сжигания топлива.

3. Функция электрического розжига гранул. Некоторые модели пеллетных горелок имеют встроенный датчик, который контролирует наличие пламени. В случае затухания розжиг происходит автоматически.

Благодаря их универсальной конструкции, горелки для пеллет можно установить в любой твердотопливный теплогенератор. При наличии специальных петель и разъемов в корпусах теплогенераторов установка горелки занимает не более 15 минут.

У всех горелок общий принцип работы. Их главное отличие – направленность подачи топлива и забора воздуха для горения. У многих котлов изначально встроена пеллетная горелка, что избавляет потребителя от самостоятельного подбора всех важных узлов.

Существует несколько видов пеллетных горелок:

1. Ретортные пеллетные горелки

Их еще называют горелками объемного горения. Пеллетные котлы с такими горелками имеют следующие характеристики: топливные гранулы подаются снизу устройства с помощью шнековой передачи, наличие в горелочной чаше отверстий, расположенных по всему периметру, через которые проникает воздух, принцип работы связан с сжиганием топлива и направлением пламени вверх, наличие особой конструкции теплообменника.

В основном горелки объемного горения используются у зарубежных производителей. Горелки чувствительны к качеству пеллет и требуют регулярного обслуживания, а также быстро прогорают, если использовать растительные пеллеты.

2. Факельные пеллетные горелки

Данные горелки в основном используются у отечественных производителей и имеют следующие особенности конструкции: направление огня вбок, подача пеллет по горизонтальному шнеку или вакуумной трубке, принудительное нагнетение тяги, наличие вентилятора, который создает нужное давление воз-

духа, а также завихрения, влияющие на интенсивность факела и его устойчивость.

Особая конструкция котла с факельной пеллетной горелкой повышает эффективность за счет неприхотливости агрегата. Для топки подходят любые пеллеты, а при легкой модификации использовать можно еще и щепы. Принцип работы схож с устройством надува. Благодаря соединению вентилятора с автоматикой появляется возможность в плавном регулировании температуры нагрева.

3. Горелки «каминного типа»

Устройства, не требующие использования вентиляторов или какого-либо другого нагнетательного оборудования, но требующие наличие естественной тяги в трубе дымохода. Возможность установки горелок такого типа во многом зависит от параметров и характеристик дымоходной трубы. Данные устройства работают по типу факельной горелки, и им необходимо максимальное увеличение и стабилизация интенсивности тяги.

На основе анализа отечественного рынка на 2022 год, можно сделать две таблицы с наиболее качественными пеллетными котлами в ценовом диапазоне до 200 тысяч рублей и более 200 тысяч рублей. Критериями анализа являлись популярность агрегатов и отзывы потребителей.

Рейтинг моделей определялся их техническими характеристиками, сроком службы, простоты в эксплуатации, гарантийным сроком.

Список пяти лучших пеллетных котлов в ценовом диапазоне до 200 тысяч рублей:

1. Wirbel ECO SM 25. Страна-производитель – Австрия
2. SimeSolida 5 PL. Страна-производитель – Италия
3. FACI Base 26. Страна-производитель – Россия
4. ZOTA Pellet 15S. Страна-производитель – Россия
5. ТеплодарКуппер ОК 20. Страна-производитель – Россия

	Wirbel ECO SM 25	Sime Solida 5 PL	FACI Base 26	ZOTA Pellet 15S	Теплодар Куппер ОК 20
Максимальная тепловая мощность, кВт	28,6	26	26	5	20
Отапливаемая площадь, кв.м	200	192	260	150	200
КПД, %	93,3	76,6	92	90	83
Циркуляционный насос	да	нет	нет	нет	нет
Расширительный бак	да	нет	нет	нет	нет
Температура теплоносителя, град. С	80	50-95	55-85	60-95	95
Максимальное давление в контуре отопления, бар	2,5	4	1,5	3	2
Патрубок подключения отопления, дюйм	1	2	1	2	1,5
Диаметр дымохода, мм	80	150	160	150	150
Габариты (Шх ВхГ), см	94x147,5x65	47x108x55,5	50x120,5x180	114x157x106	48,5x74x83
Вес, кг	280	350	350	333	163
Гарантия, год	1	2	1	1	2

Рис. 1. Сравнительная таблица pelletных котлов в ценовом диапазоне до 200 000 рублей

Список пяти лучших pelletных котлов с ценовым диапазоне больше 200 тысяч рублей:

1. BURNIT PELL EASY 20. Страна-производитель – Болгария
2. Atmos D 21 P. Страна-производитель – Чехия
3. Ecosystem BW40+pell 40+FH500. Страна-производитель – Болгария
4. Kiturami KRP 20A. Страна-производитель – Республика Корея
5. Kostrzewa Twin Bio Lux NE. Страна-производитель – Польша

	BURNIT PELL EASY 20	Atmos D 21 P	Ecosystem BW40+pell 40+FH500	Kiturami KRP 20A	Kostrzewa Twin Bio Lux NE
Максимальная тепловая мощность, кВт	16,3	19,5	25	28	16
Отапливаемая площадь, кв.м	163	156	200	300	200
КПД, %	90	90-95	90	92,6	92,2
Циркуляционный насос	да	нет	нет	нет	нет
Расширительный бак	да	нет	нет	нет	нет
Температура теплоносителя, град. С	65-85	65-90	90	50-85	50-80
Максимальное давление в контуре отопления, бар	3	2,5	3	2,5	2
Патрубок подключения отопления, дюйм	1	1,5	1,25	0,75	1,5
Диаметр дымохода, мм	100	152	150	120	159
Габариты (Шх ВхГ), см	62,5x126x79	62x120,7x76,8	46,4x114,5x93	142x128x135	150,7x137,4x89,4
Вес, кг	252	231	240	317	370
Гарантия, год	1	2	1	2	5

Рис. 2. Сравнительная таблица pelletных котлов
в ценовом диапазоне больше 200 000 рублей

Таким образом, можно прийти к выводу, что горелки для pelletных котлов имеют свои преимущества и недостатки. К преимуществам можно отнести полностью автоматизированный процесс горения, достижение высокого значения КПД, до 95%, плавное регулирование мощности котла, экономичный расход топлива и возможность установки pelletной горелки в любую модель твердотопливного котла. Недостатками же являются зависимость горелки от электричества и дополнительные финансовые траты на приобретение емкости для хранения pellet.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pelletная горелка для котла // URL: <https://teploburg.ru/pelletnaya-gorelka-dlya-kotla-pa/>
2. Обзор лучших pelletных котлов на 2022 год // URL: <https://vyborok.com/rejting-luchshih-pelletnyh-kotlov/#osobennosti-konstruktsii>

УДК 621.436

И. Р. ХАФИЗОВ, А. Р. ШАЙХУТДИНОВ

killd96@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук Р. Р. САЛАХОВ

*Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А. Н. Туполева-КАИ*

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО И ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Аннотация. В данной работе проведены экспериментальные исследования деталей дизельного двигателя грузового автомобиля с целью определения их теплового и напряженно-деформированного состояния на различных режимах работы.

Ключевые слова: термометрирование, тензометрирование, дизельный двигатель, грузовой транспорт.

Тензо- и термометрирование достаточно широко известно и используется во всевозможных отраслях науки, техники и промышленности. Исследования в области изучения температурного режима и напряженно-деформированного состояния материалов позволяют оценивать эффективность систем и агрегатов, возможность оптимизации конструкций, просчеты и ошибки при проектировании, использовать полученные данные для построения точной математической модели и проведения дальнейших гидродинамических, механических и тепловых расчетов.

Определение объектов исследований

На первом этапе определены объекты предстоящих испытаний. Проведен анализ конструкции деталей с целью выбора возможных мест установки датчиков. Определились наиболее интересные для анализа температуры и напряженно-деформированного состояния зоны. В головке блока цилиндров термопары и тензорезисторы размещены в проточной области водяной рубашки, в межклапанных перемычках впускных и выпускных клапанов, на впускном и выпускном каналах.

На гильзах термопары расположены в четыре ряда по окружности гильзы по 6 штук в каждом ряду. Тензорезисторы размещены в зоне жарового пояса

гильзы и в зоне максимального прижатия поршня во время рабочего такта (на расстоянии половины хода поршня от верхнего бурта).

Блок цилиндров оснащен только термопарами, которые расположены в следующем образом: в верхней части блока со стороны впуска, в зоне жарового пояса гильзы первого, третьего и шестого цилиндров.

Подготовка и проведение экспериментальных исследований

После разработки схем размещения датчиков, произведен подбор и установка необходимых термопар и тензорезисторов. В качестве тензорезисторов выбраны датчики КФ5-Р1-3-200-Б-12. Тензорезисторы подключаются по пятипроводной схеме для компенсации температурного воздействия. Термопары использованы хромель-алюмелевые ДТПК 011-0,3/2.

Для установки тензорезисторов и термопар в требуемые точки головок блока цилиндров, проводилась фрезеровка поверхностей и вытачивание отверстий для удобного доступа к внутренним поверхностям.

Весь комплект оборудования с исследуемыми объектами для проведения тензо- и термометрирования представлен на рисунке 1.



Рис. 1. Тензо-, термометрическое оборудование с исследуемыми объектами

Тензометрический и термометрический анализ проводился на моторном стенде станции испытаний двигателей научно-технического центра ПАО «КАМАЗ».

Двигатель укомплектован согласно приложению 2 ГОСТ 14846. Стенд оборудован средствами измерения согласно разделу 2 ГОСТ 14846, системой аварийного останова двигателя при достижении заданных величин частоты вращения коленчатого вала, давления масла, температуры охлаждающей жидкости.

При испытаниях использовались: моторное масло «Лукойл Авангард Ультра» вязкостью SAE 15W-40 допуска API CI-4 СТО 00044434-005-2005, дизельное топливо EN 590 ГОСТ Р 52368-2005, охлаждающая жидкость – КАМАЗ стандарт 40.

До начала замеров на каждом из выбранных режимов работы была сделана выдержка до стабилизации температуры охлаждающей жидкости на штатном датчике температуры (датчик на термостатной коробке). Продолжительность замера для термометрирования составляла 1 мин, для тензометрирования – 1 с.

Испытания проводились в следующей последовательности (далее под параметрами понимаются показания термопар и тензорезисторов):

1) проведение измерения параметров по ВСХ на частоте вращения КВ 900 мин⁻¹ и при температуре ОЖ на выходе из двигателя 90 °С при 100% нагрузке;

2) проведение измерения параметров по ВСХ на частоте вращения КВ 900 мин⁻¹ и при температуре ОЖ на выходе из двигателя 100 °С при 100% нагрузке;

3) повторение п. 1, 2 для частот вращения КВ 1100, 1300, 1600 и 1900 мин⁻¹.

На рисунке 2 представлен мотора с установленными исследуемыми объектами и регистрирующим оборудованием.

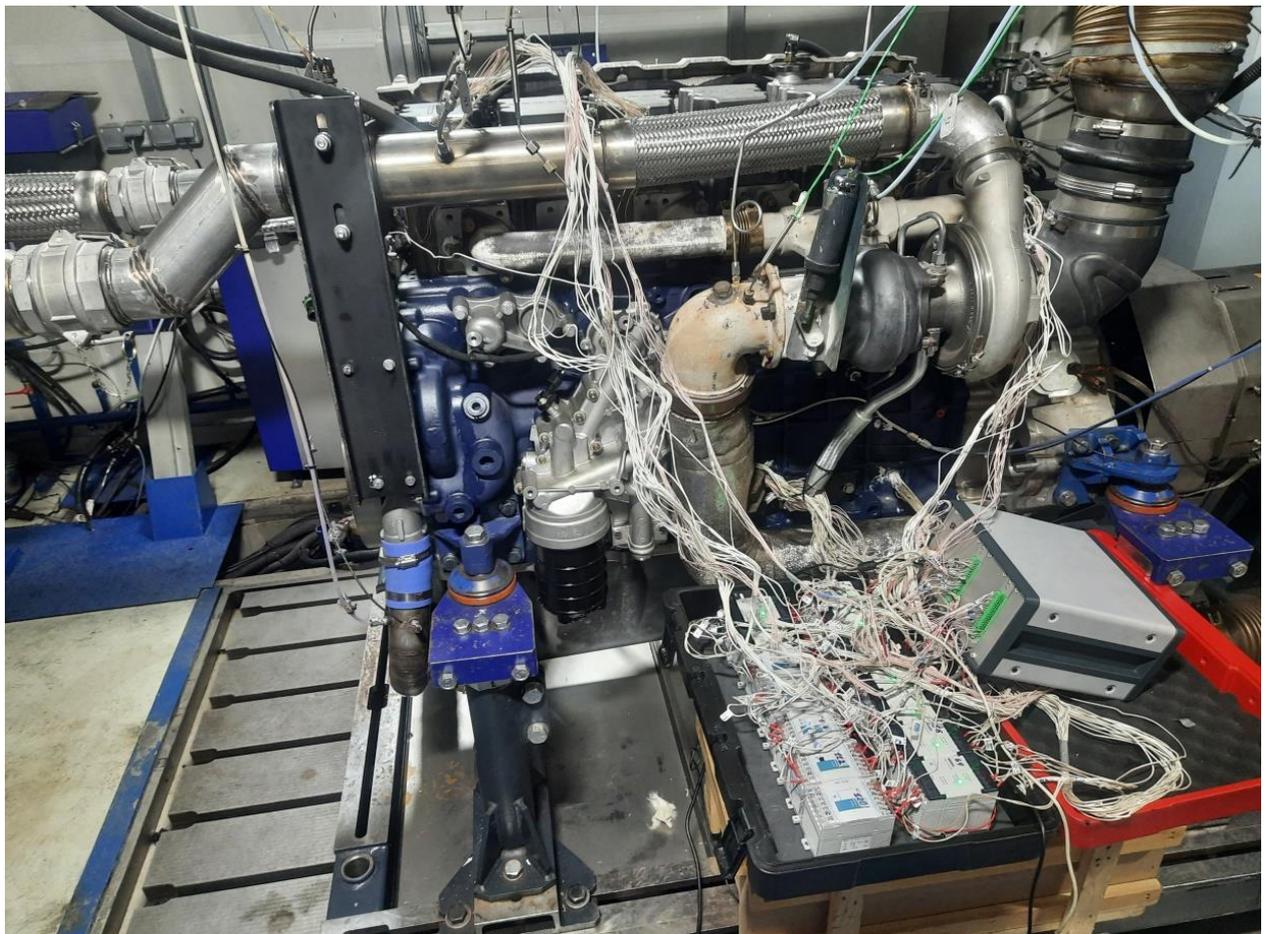


Рис. 2. Укомплектованный двигатель КАМАЗ Р6 для проведения испытаний

Результаты экспериментальных исследований

Полученные в ходе экспериментальных исследований данные обработаны и проанализированы. Тепловое состояние на отдельных режимах исследуемых деталей представлены в виде градиентов (рисунок 3).

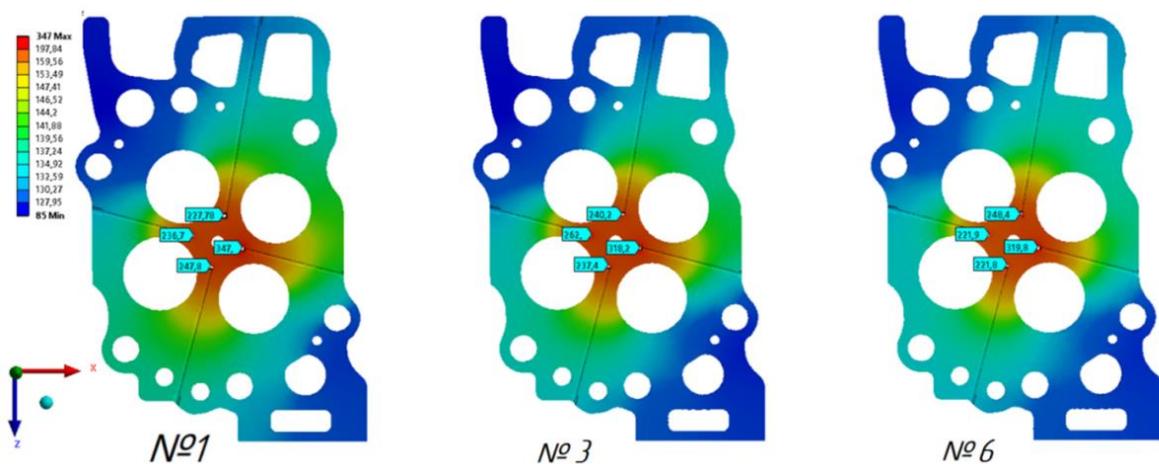


Рис. 3. Распределение температур на головках блока цилиндров

Для получения общей картины теплового состояния двигателя составлены сводные таблицы, которые позволяют проследить зависимости температуры по мере отдаления от камеры сгорания, зависимость от расположения цилиндров относительно подающего канала охлаждающей жидкости, а также влияние режимов работы двигателя. На рисунке 4 представлена сводная таблица для гильз блока цилиндров.

	Цил №1				Цил №3				Цил №6				
	об/мин	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
I	900	207,8	211,1	208,6	209,9	206,1	212,9	209,2	207,8	210	190,5	213,1	212,5
	1100	210,9	217,3	211,2	211,8	210,9	198,6	195,3	211,7	210,8	210,9	215	212,6
	1300	225,7	227,9	224,5	224	211,5	218,1	213,8	214,2	215,8	214,7	216,8	217,6
	1600	223,4	237	221,7	223,5	215,4	199,9	204,9	220,5	222,8	221,6	222,2	224,8
	1900	235,4	236,7	233,2	236,9	219,8	205,8	206,9	224,1	227,8	226,2	233,1	229,9
II	об/мин	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
	900	196,2	199,9	198,3	199,1	182,9	185,1	182,3	184,4	198,9	201,5	200,3	199,7
	1100	189	195	193,3	196,4	182,3	192,3	187	190,2	180,1	179,2	189,9	183
	1300	195,9	198,5	199,9	200,1	185,3	179,3	182,1	191,9	188,6	184,9	199,3	187,1
	1600	200,8	199,8	201,5	203,1	192,2	187,1	186,9	194,6	186,3	200	194,7	190,8
1900	202,9	199,9	200,1	204,3	196,5	192,4	190,2	201,5	199,9	201,9	195,8	190,1	
III	об/мин	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
	900	170,8	171,2	164,5	172,1	149,1	152,8	155,1	154,3	183,5	181,7	186,5	178,9
	1100	174,5	171,6	172,6	176,1	162,3	166,9	169,8	164,8	171,2	181,8	189,7	182,7
	1300	186,7	173,4	186,4	190,1	171,2	173,9	172,6	175,2	175,4	175,4	178,5	181,2
	1600	181,7	186,4	183,2	185,22	175,5	171,3	171,2	174	174,3	182,1	181,2	178,9
1900	180,2	182,5	186,7	191,8	180,1	177,1	175,2	178,6	161,3	160,8	165,9	160,1	
IV	об/мин	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
	900	138,6	140,9	141,2	142,1	128,1	154	130	131,9	155,5	164	160,2	159,8
	1100	143,2	142,3	146,9	147,8	140,9	143,6	141,3	146,1	159,8	164,6	143,2	144,1
	1300	171,6	163,1	170,1	174,2	159,2	170	160,1	163,1	169,1	162,3	158,7	161,3
	1600	153	166,2	163,8	169,5	167,1	167,7	160	165,8	160,9	165,9	163,4	166,6
1900	164,3	166,6	170,8	173,2	166,3	155,9	165,2	172,1	150,9	162,4	155,7	152,3	
V	об/мин	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
	900	124,5	125,8	123,1	123,5	111,4	112,8	113,4	116,3	142,8	140,1	138,4	140,3
	1100	126,9	125,4	124,1	122,3	122,8	123,1	124	121,1	138,7	150,8	120,2	140
	1300	131	128,9	125,2	126,1	132,8	133,3	132,1	136,4	135	140,2	133,1	137,4
	1600	139,2	128,9	123,1	130,5	136,4	128,5	122,9	130,8	136,5	140	140,8	138,5
1900	139,7	134,8	140,2	143,9	144	140,6	145,9	148,3	140,9	143,8	145,1	144	
VI	об/мин	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
	900	116,8	116,6	118,1	117,9	108,3	108,6	109,1	110,8	123,8	127,4	117,1	120,2
	1100	123,9	121,1	117,6	120,8	119,8	119,7	116,2	118,1	123,4	125,9	121,8	120,1
	1300	126,1	126,6	118,2	118,3	125,1	125,2	121,2	123,5	126,1	130,3	120,1	120,2
	1600	126,2	126,1	117,1	117,6	123,7	122,9	119,9	124	125,1	129,4	119,5	119,1
1900	127,7	124,1	122,4	122,1	127	126,1	124,5	126,4	131,2	131	125,1	124,9	

Рис. 4. Сводная таблица теплового состояния гильз блока цилиндров

Наибольшее значение температуры зарегистрировано в перемычке между выпускными клапанами головки блока первого цилиндра – 359 °С при частоте вращения КВ 1900 об/мин и температуре ОЖ 100 °С.

В блоке цилиндров максимальная температура составила 137,9 °С при температуре ОЖ 100 °С в измерительной точке напротив третьего цилиндра.

В гильзах наивысшее значение температуры достигло 236,9 °С при температуре ОЖ 100 °С. Данное значение соответствует датчикам, расположенным на жаровом поясе гильзы первого цилиндра на расстоянии 6 мм от верхнего бурта. При отдалении от жарового пояса температура существенно снижается, на шестом ряду датчиков значения ниже в среднем на 100 °С. В связи с расположением напротив подводящего канала ОЖ максимальные температуры в гильзе третьего цилиндра ниже на 12 °С, чем на всех остальных исследуемых.

При рассмотрении напряженно-деформированного состояния деталей двигателя рассматривались максимальные деформации возникающие в процессе работы двигателя. Проанализированы данные, записанные в течении 1 секунды на каждом из режимов работы. На рисунке 5 представлены результаты измерений в головке блока цилиндров. Указаны места установки тензодатчиков, а также максимальные значения деформаций (мкм/м), зафиксированные на них. На графиках представлены циклические изменения деформации в течении времени измерения.

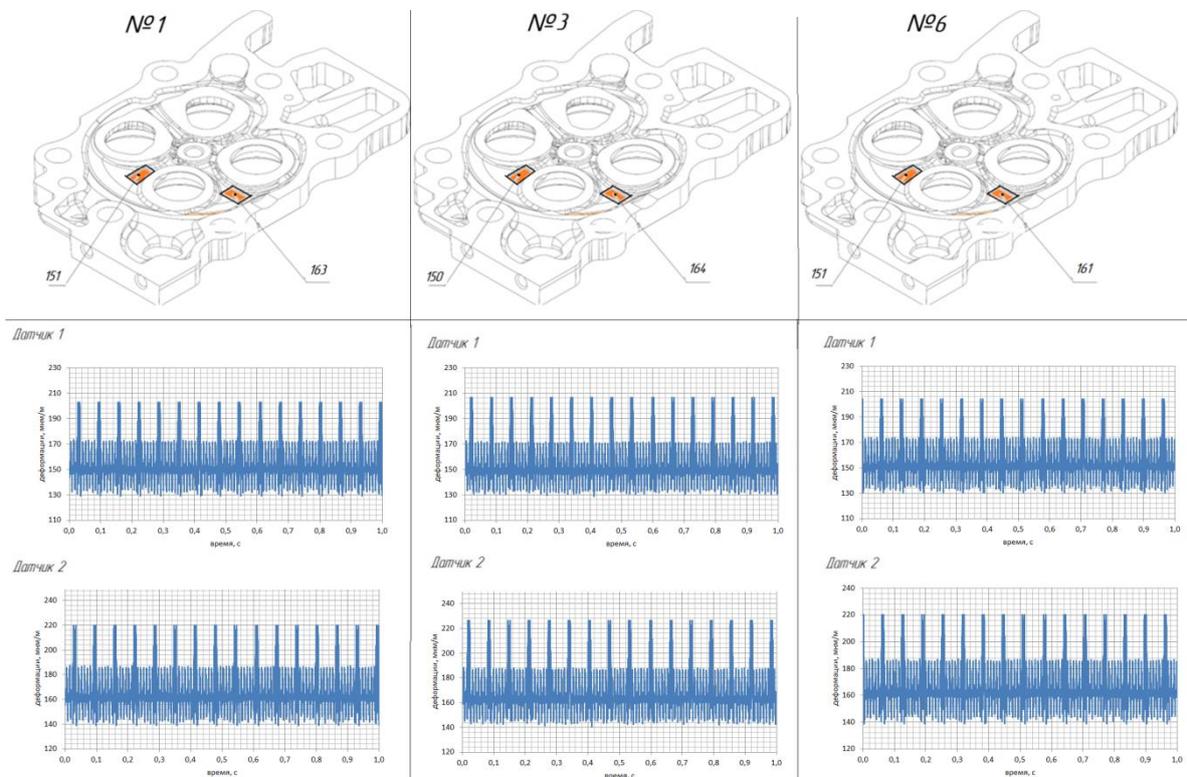


Рис. 5. Результаты измерения деформаций в головке блока цилиндров

Максимальные деформации, возникающие в ГБЦ зафиксированы в межклапанных перемычках на частоте вращения КВ 1900 об/мин – 164 мкм/м при температуре 100 °С. Максимальные значения в этих точках обусловлены высокой термонагруженностью этих зон. Отметим, что значения во всех исследуемых ГБЦ примерно одинаковы (колеблются в диапазоне 161-164 мкм/м).

Среди гильз блока цилиндров наибольшие значения деформаций зарегистрированы в гильзе первого цилиндра. На частоте вращения КВ 1900 об/мин значения достигли 346 мкм/мин при температурах 100 °С. Данное значение соответствует деформациям на жаровом поясе гильзы.

Заключение

В ходе проведения исследования теплового и напряженно-деформированного состояния деталей двигателя грузового автомобиля подготовлена конструкторская документация и выполнена доработка ГБЦ, БЦ и гильз для установки термо- и тензодатчиков.

Проведены экспериментальные исследования по определению теплового состояния и НДС деталей двигателя на моторном стенде. Анализ полученных результатов позволил получить информацию о максимальных температурах и деформациях, возникающих в исследуемых деталях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мехеда В.А. Тензометрический метод измерения деформаций: учеб. пособие / – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2011 –56 с.
2. Серьезнов, А. Н. Методы и средства измерений в прочностном эксперименте / А. Н. Серьезнов, А. К. Шашурин. – М.: Изд-во МАИ, 1990 –200 с.
3. Костин А.К. Теплонапряженность двигателей внутреннего сгорания: Справочное пособие/ А.К. Костин, В.В. Ларионов, Л.И. Михайлов. – М.: Машиностроение, 1979. – 288
4. Чекмарев В.В. Повышение долговечности корпусных деталей компенсаторами температурных напряжений/ – Саратов, 2018 – 322 с.
5. ГОСТ Р 52728-2007 Метод натурной тензотермометрии. Общие требования.

Р. М. ХИСМАТУЛЛИН, Р. Р. САЛАХОВ, М. К. МЕЛИХОВ

RMKhismatullin@kai.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А. М. ЕРМАКОВ

*Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А. Н. Туполева-КАИ*

АНАЛИЗ РАБОТЫ КЛИМАТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОБУСА ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ ОКРУЖАЮЩЕГО ВОЗДУХА

Аннотация. В данной работе проведено численное моделирование термодинамической эффективности циклов установок парокомпрессионной климатической установки электробуса в режиме обогрева при различных температурах окружающего воздуха на рабочих телах R134A, R-290 и R410a.

Ключевые слова: отопление, парокомпрессионная холодильная машина, HVAC, эффективность, фреон, электробус.

В настоящее время растут продажи электрического транспорта и получает широкое распространение в крупных городах России. Основной проблемой при эксплуатации в российских климатических условиях является обогрев салона и поддержание температуры батарей в холодное время года.

Оптимальным способом получения тепловой энергии из электрической являются парокомпрессионные холодильные установки, которые хорошо зарекомендовали себя при использовании в автомобильных кондиционерах, где на 1 кВт затрачиваемой электрической энергии можно получить 3-5 кВт холода.

Цикл парокомпрессионной установки представлен на рисунке 1.

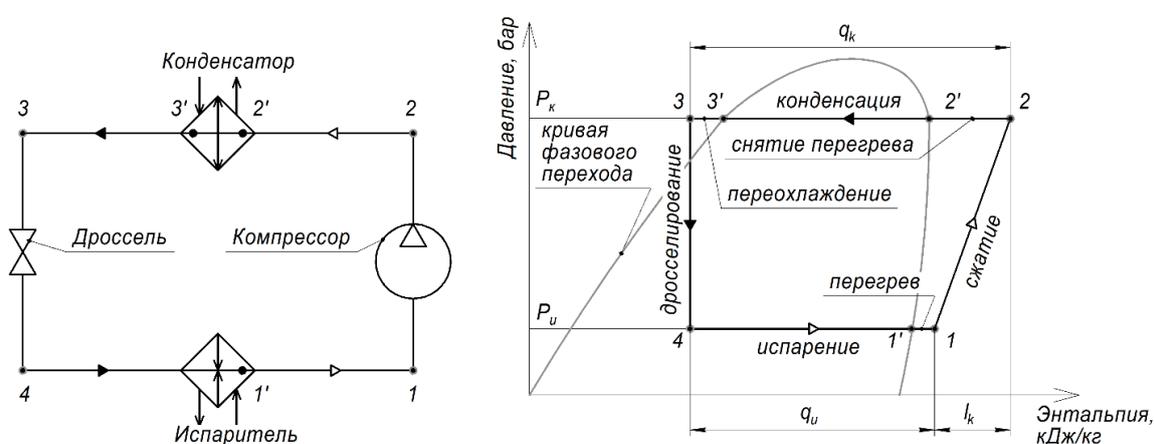


Рис. 1. Принципиальная схема парокомпрессионной холодильной установки

Для исследования эффективности работы климатической установки при различных температурных режимах составлена одномерная модель в программном комплексе Amesim, представленная на Рисунке 2. Модель составлена с учетом характеристик реального оборудования: рабочий объем компрессора 474 см³, частота вращения 1450 и 1750 об/мин; объем фреона в конденсаторе 11,3 л, площадь поперечного сечения 149000 мм², эквивалентный гидравлический диаметр 27 мм, длина 0,76 м; объем фреона в испарителе 5,5 л, эквивалентный гидравлический диаметр 10 мм, площадь поперечного сечения по фреону 9488 мм², длина 1,15 м; ход поршня терморегулирующего вентиля 0,8 мм, а максимальная площадь открытия проходного сечения 8 мм².

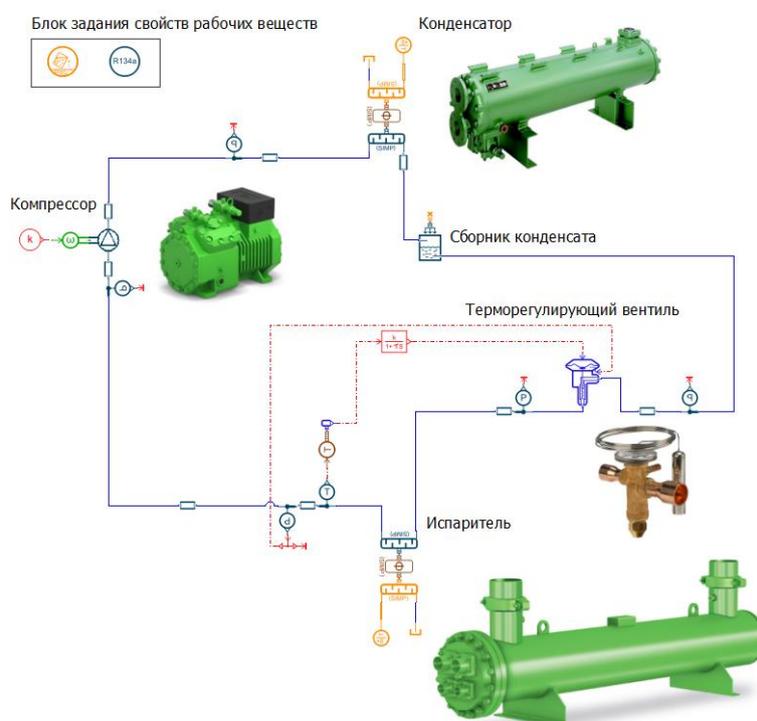


Рис. 2. Одномерная модель климатической установки

Для рассмотрения выбраны фреоны наиболее перспективные фреоны для целей обогрева R134a, R290 и R410a.

Фреон R134a применяется в автомобильном кондиционере, производимым китайской компанией Corunclima, выполненного моноблоком, который работает только на охлаждение с холодопроизводительностью 26 кВт. [1]. Также R134a применяется Volvo в автобусах в моноблоках REVO-E, установка работает, как на нагрев, так и на охлаждение, холодопроизводительность составляет 25 кВт, а теплопроизводительность – 40 кВт. [2]. В электробусе

PROTERRA ZX5, производимого в США компанией, используется крышная установка на фреоне R134a для отопления и кондиционирования, диапазон температуры окружающей среды от -12 до 35 °С. [3].

Фреон R-290 (пропан) перспективный хладагент для использования в установках HVAC, который используется как для целей отопления, так и кондиционирования, который пока не получил широкого распространения, но используется ведутся исследования его эффективности фирмой AVRORA (Германия), где он показывает большую эффективность на всех режимах, чем фреон R744 (CO₂). [4]

Фреон R410a применяется в крышных климатических установках автобусов Cooltek, которые работают как в режиме кондиционирования, так и режиме обогрева [5].

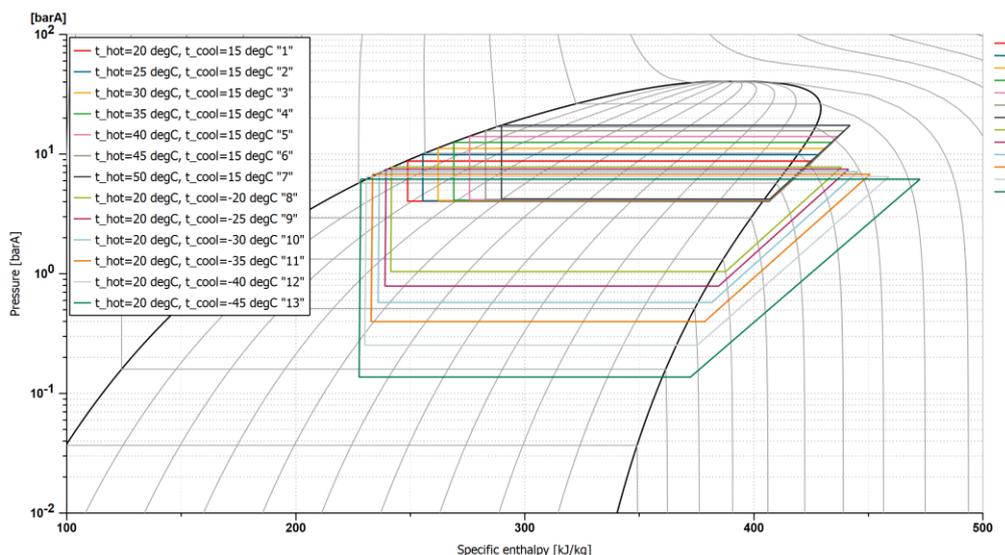


Рис. 3. Моделирование работы установки на фреоне R134a

Моделирование проводилось при следующих параметрах: для режима обогрева салона температура в салоне 20 °С, температура окружающего воздуха от -20 до -45 °С,

Результаты исследований в численном виде представлены в Таблице 1.

В режиме обогрева тепловая мощность значительно сокращается для фреона R134a с 9,9 кВт при -20 °С до 4,1 кВт при -35 °С. При этом фреон R290 показывает большую тепловую мощность при тех же условиях 17,4 кВт и 9,6 кВт соответственно. Фреон R410a показывает еще большую тепловую мощность 28 кВт и 17,2 кВт.

Результаты исследований термодинамической эффективности
климатической установки

Фреон		R134a			R290			R410a		
t гор., °C	t хол., °C	N_k , Вт	$Q_{\text{конд.}}$, Вт	μ	N_k , Вт	$Q_{\text{конд.}}$, Вт	μ	N_k , Вт	$Q_{\text{конд.}}$, Вт	μ
20	-20	2920	9900	3,4	5284	17450	3,3	8518	28087	3,3
20	-25	2504	7674	3,1	4885	14510	3,0	7930	24148	3,0
20	-30	2074	5749	2,8	4435	11993	2,7	7269	20544	2,8
20	-35	1645	4131	2,5	3928	9648	2,5	6550	17282	2,6
20	-40	1222	2759	2,3	3414	7893	2,3	5859	14498	2,5
20	-45	800	1581	2,0	2802	5828	2,1	5145	11961	2,3

В рамках проведенного исследования более перспективным фреоном для режима обогрева и охлаждения является R410a. Фреон R290 показывает средние результаты. Фреон R134a требует большего массового расхода и соответственно компрессор с большими массой и габаритами, что также является важным фактором для электробусов. Кроме того, на фреоне R134a в зимнее время значительно снижается вырабатываемая тепловая энергия.

Благодарности

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-19-00373, <https://rscf.ru/project/22-19-00373/>.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Corunclima Electric Bus Air Conditioner // corunclima.com. URL: <https://corunclima.com/products/Electric-Bus-Air-Conditioner-AC280TB.html#S2> (дата обращения 05.09.2022).
2. Руководство по эксплуатации REVO-E Volvo // URL: https://www.valeo-thermalbus.com/media/Document/447/WHB_REVO-E__DE_2016_08_11123005A_Val.pdf (дата обращения 05.09.2022).
3. PROTERRA ZX5 ELECTRIC BUS // URL: <https://www.psta.net/media/5717/1-pinellas-pkg-1-technical-final.pdf> (дата обращения 05.09.2022).
4. AURORA advanced HVAC solutions // URL: <https://www.aurora-eos.com/wp-content/uploads/2020/02/propan-als-kaeltemittel-in-waermepumpen.pdf> (дата обращения 05.09.2022).
5. HVAC Cooltek // URL: http://www.cooltek.com.au/index.php?route=product/product&product_id=160 (дата обращения 05.09.2022).

О. А. ШУСТОВА, А. В. СИДОРЕНКО, Н. С. СЕНЮШКИН
olesuuu@mail.ru, sidorenko-nastua4142@mail.ru, aviastar-ufa@mail.ru
Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Н. С. СЕНЮШКИН

Уфимский государственный авиационный технический университет

ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ БПЛА

Аннотация. В данной статье рассматриваются перспективы использования цифровых двойников при производстве беспилотных летательных аппаратов.

Ключевые слова: БПЛА; цифровой двойник; модель БПЛА; база данных; виртуальная реальность; дополненная реальность; летательный аппарат.

Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) – летательный аппарат, на борту которого отсутствует экипаж. Управление БПЛА разделяется на несколько типов: полностью автоматическое, непрерывное и комбинированное, с эпизодической подачей определенных команд. Благодаря возможности мониторинга и видеонаблюдения в полете, БПЛА нашли широкое применение во многих сферах деятельности, в том числе в археологии, архитектуре, аэрофотосъемке, геодезии, доставке грузов, картографии, метеорологии, нефтегазовой области, развлечениях, спасательных и военных операциях и т.д..

По конструкции крыльев БПЛА разделяются на такие виды:

1) БПЛА с жестким крылом (самолетный тип). За счет потока воздуха, набегающего на неподвижное крыло, создается подъемная сила, поднимающая летательный аппарат в воздух. Достоинствами данного вида являются: большая длительность полета, большая максимальная высота полета, высокая скорость.

2) БПЛА с гибким крылом. В качестве несущего крыла используется гибкая конструкция, сделанная из ткани, упругого композитного или эластичного полимерного материала. Достоинства: малые расходы на материалы для изготовления. Недостатки: сложность управления, так как датчики, предназначенные для навигации, не имеют жесткой связи с крылом, зависимость от погодных условий.

3) БПЛА с вращающимся крылом (вертолетного типа). За счет вращающихся лопастей несущего винта возникает подъемная сила. Крылья в конструкции отсутствуют, либо являются вспомогательной частью летательного аппарата. Достоинства: высокая маневренность, способность зависать в заданной точке.

4) БПЛА с машущим крылом. Принцип движения основан на полете птиц (орнитоптеры) и насекомых (энтомоптеры). Достоинства: энергоэффективность, маневренность.

5) БПЛА аэростатического типа (дирижабль). Архимедова сила, действующая на баллон с легким газом (гелием), создает подъемную силу.



Рис. 1. Типы конструкции крыльев БПЛА

Преимущества БПЛА:

- высококачественная аэрофотосъемка
- точность перемещения устройства в заданных координатах
- экономия затрат
- мобильность
- легкая управляемость
- система безопасности
- минимизация рисков для жизни

Недостатки БПЛА:

- сложности в регистрации и оформлении БПЛА
- использование летательного аппарат для сбора тайных сведений, компрометирующего материала и т.д.
- уязвимость в полете
- требование наличия определенных навыков управления летательным аппаратом
- внезапные отказы системы
- зависимость от погодных условий
- длительность сбора необходимой информации

Современная сложная и дорогая техника требует новые способы проектирования, позволяющие обеспечить необходимое качество в установленные сроки, используя фиксируемые ресурсы. Одним из перспективных направлений проектирования являются технологии, которые широко используются на данный момент в индустрии развлечений. Развитие виртуальной (VR) и дополненной (AR) реальности привело к тенденции развития цифровых двойников.

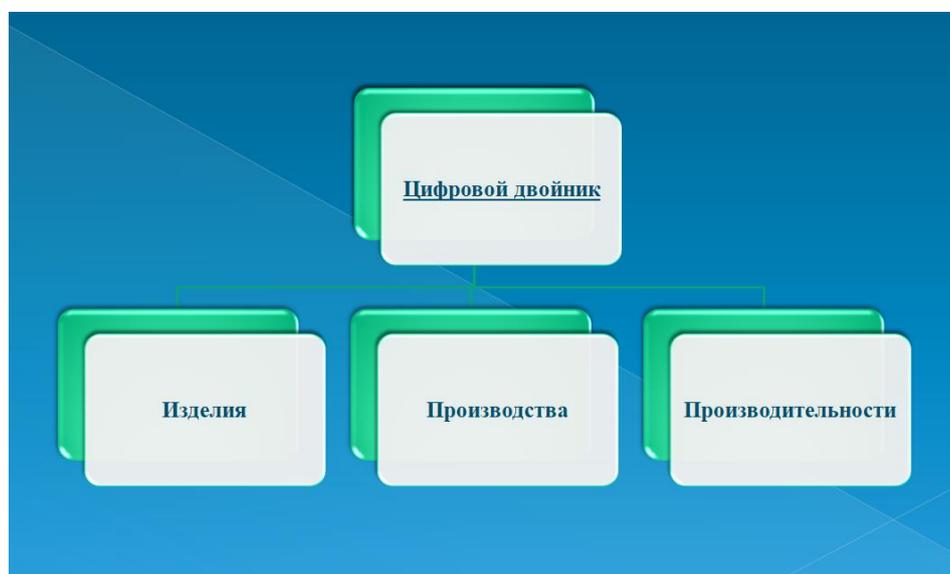


Рис. 2. Виды цифровых двойников

Цифровой двойник (Digital twin) – это виртуальный аналог реального изделия, процесса или человека. Все физические процессы, которые происходят над данным объектом, могут быть смоделированы над цифровым изделием. Все

данные и параметры изделия переносятся с помощью датчиков в цифровую модель. Данные устройства собирают информацию во время всего жизненного цикла объекта. С целью сократить неверность полученных показателей, установлена погрешность между цифровым двойником и настоящим изделием – менее 5%.



Рис. 3. Структура цифрового двойника

Наличие цифрового двойника уменьшает расходы на изготовление объекта, снижает риск для окружающей среды и жизни человека. С помощью данной разработки можно виртуально оценить разные типы конструкций и выбрать наиболее подходящий вариант для поставленной задачи. Технология цифрового двойника также позволяет промоделировать различные сценарии жизненного цикла объекта, в том числе сценарии различных чрезвычайных ситуаций. Таким образом, мы можем исправить ошибки до ввода объекта в эксплуатацию. За состоянием объекта можно наблюдать от стадии эскизного проектирования до утилизации.



Рис. 4. Этапы жизненного цикла летательного аппарата

Для создания 2D и 3D моделей изделия, технической и конструкторской документации используются САД (computer-aided design – система автоматизированного проектирования) системы. Для решения инженерных задач (расчет, анализ, симуляция физических процессов) применяются САЕ (computer-aided engineering – система автоматизации инженерных расчетов) системы.



Рис. 5. Модель БПЛА для инженерного чемпионата, созданная в программе «Компас-3D»

На этапе эскизного проектирования: создаются варианты компьютерной модели разрабатываемого изделия для оценки и выбора возможных технических решений.

На этапе технического проектирования: вариант, выбранный на этапе эскизного проектирования, дорабатывается и уточняется с использованием более точных системных моделей элементов, улучшаются параметры летательного аппарата. Полученная в результате модель изделия позволяет учесть и оптимизировать взаимодействие всех элементов с учетом режимов работы и воздействий окружающей среды, ее уже можно называть цифровым двойником разрабатываемого изделия. Таким образом на данном этапе снижаются затраты на разработку проекта.

На этапе изготовления: разработанная модель помогает определить требуемые допуски при изготовлении для достижения требуемых характеристик и обеспечения безотказной работы изделия в течение всего срока службы, а также позволяет быстро выявлять причины неисправностей в процессе тестирования.

На этапе эксплуатации: модель цифрового двойника может быть доработана и использована для реализации обратной связи с целью внесения корректив в разработку и изготовление изделий, диагностику и прогнозирование неисправностей, повышение эффективности работы. Имитация аварийных ситуаций предоставит возможность повысить уровень безопасности.

На этапе технического обслуживания: наблюдение за параметрами летательного аппарата в режиме реального времени во время всего срока службы.

Внедрение технологии цифровых двойников в жизненный цикл БПЛА предоставляет возможность сократить время на разработку, снизить затраты на проектирование, изготовление и испытания летательного аппарата, а также сформировать базу знаний проверенных решений и процессов для будущих проектов. Но риск есть везде. Проверить корректность работы цифровой модели – еще одна крайне актуальная задача цифровизации производства. Создание

априори безошибочных программ практически невозможно. Ошибка в программе может привести к серьезным негативным последствиям. Именно поэтому нужно сократить различия между реальным изделием и цифровым двойником до минимума.

Таким образом, цифровой двойник БПЛА позволяет провести виртуальные испытания, которые затруднительно провести в реальных условиях. Благодаря подробным трехмерным геометрическим моделям, появилась возможность, с высокой точностью моделировать и прогнозировать такие явления, как перепад температур, влияние комплексных динамических нагрузок, повреждение деталей. В данный момент не составит труда проанализировать поведение реального объекта в той или иной ситуации, что в дальнейшем поможет сделать вывод о долговечности конструкции изделия. Проектирование детали с помощью таких технологий позволяет выявить ошибки построения механизма до ее выпуска, определив при этом перспективу износа деталей. Технология цифровых двойников предоставляет просмотр многочисленных вариантов выбора конструкции и дальнейший выбор наиболее эффективной версии реального изделия с подходящими характеристиками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беспилотные летательные аппараты МЧС России: виды и классификация. [Электронный ресурс] URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/bespilotnyie-letatelnyie-apparatyi-v-mchs-rossii-vidyi-i-klassifikatsiya/>
2. Применение БПЛА в войнах и вооруженных конфликтах. Краткий исторический обзор. [Электронный ресурс] URL: <https://ohranservis.ru/dlya-samooborony/amerikanskie-bespilotniki.html>
3. Цифровой двойник. [Электронный ресурс] URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%A6%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D0%B4%D0%B2%D0%BE%D0%B9%D0%BD%D0%B8%D0%BA_\(Digital_Twin_of_Organization,_DTO\)](https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%A6%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D0%B4%D0%B2%D0%BE%D0%B9%D0%BD%D0%B8%D0%BA_(Digital_Twin_of_Organization,_DTO))
4. Перспективы развития беспилотных летательных аппаратов. [Электронный ресурс] URL: https://olymp.as-club.ru/publ/raboty_1_go_tura/gotovye_raboty/perspektivy_bpla/6-1-0-2756

СЕКЦИЯ 3.5 ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

УДК 631.00

М. Ф. БУЛЯКБАЕВ

m.pox@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Т. А. ВОЛКОВА

Уфимский государственный авиационный технический университет

ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БОЛЬШИХ ГИДРОТУРБИН И ГИДРОГЕНЕРАТОРОВ – ДЛЯ НОВЫХ АГРЕГАТОВ И МОДЕРНИЗАЦИИ

Аннотация. В статье приводится краткий обзор исторического развития в области увеличения мощности агрегатов; рассматриваются последние разработки для достижения высокой выходной мощности; описаны тенденции достижения до 1000 МВт/1100 МВА в энергоблоках типа Фрэнсиса или очень большого расхода потока на низконапорных осевых турбинах для новых машин и пути достижения этого.

Ключевые слова: ГЭС; гидрогенератор; гидротурбина; проектирование.

Введение

Каждый подход к проектированию завода начинается с технико-экономического обоснования с учетом таких факторов, как геология, окружающая среда, потенциал использования энергии, инвестиции и затраты на техническое обслуживание и другие факторы затрат. Электромеханическое оборудование может составлять от 10% до 25% затрат на новые электростанции по сравнению с общей стоимостью проекта, на модернизацию эта доля может быть значительно выше. Тем не менее, адекватный выбор компонентов для выработки электроэнергии влияет на доход и затраты на техническое обслуживание электростанции. Надлежащее количество и тип генераторных установок, предусмотренных для будущей работы станции, так же важны, как и эффективность преобразования энергии из гидравлической в электрическую. В то время как для речных станций с более низким напором поток, который может управляться установкой, максимален, эффективность установки играет важную роль в водохранилищах с более высоким напором при расчете экономической цен-

ности установки. Накопительные станции обычно работают по пиковым тарифам на электроэнергию.

Значение эффективности можно оценить путем оценки за определенный период оценки, коэффициента использования станции и определенного тарифа на электроэнергию, например, из договора купли-продажи электроэнергии. Как правило, оценка эффективности выполняется путем расчета средневзвешенной эффективности, которая представляет собой комбинацию нескольких рабочих точек (расход и чистый напор).

Для большинства электростанций очевидно, что конструкция станции может быть оптимизирована по сравнению с ее базовым решением, обычно получаемым из существующих установок. Рекомендуется критически проанализировать базовый дизайн, так как не все функции обязательно нужны, некоторые могут отсутствовать, а ошибки нельзя копировать. Чтобы избежать такой ситуации, процессы оптимизации должны выполняться несколькими факультетами, поскольку есть разрешительные органы, коммерческие и инженерные отделы собственника, строительные и строительномонтажные / инжиниринговые компании и потребитель.

Конструкция установки

Развитие установленных мощностей турбин типа Фрэнсиса и гидро- (моторных) генераторов в зависимости от размера агрегата начала свой большой рост в 70-х годах с таких проектов, как Itaipu для турбин и Bath County для гидроаккумулирующих сооружений. Текущие исследования нацелены на генерирующие машины класса 1000 МВт.

Для большего изменения потока в течение года или требования гибкости в производстве электроэнергии, при этом обеспечивая высокие показатели эффективности, рассматривается увеличение количества единиц. Кроме того, разумный максимальный размер для больших турбин Hydro Francis и Kaplan с точки зрения производства и транспортировки может составлять примерно 10 м.

В случае, если рабочее колесо турбины в сборе не может быть доставлено на площадку в целостности и сохранности, могут быть применены разъемные рабочие колеса или изготовление на месте. Для обеих процедур имеется большой опыт. С точки зрения производства и сборки предпочтительнее изготовление на месте, так как бегунок может быть закончен в условиях мастерской на месте. Имеются сварочное, фрезерное и термо-обрабатывающее оборудование, см. рис. 1. Это оборудование может быть повторно использовано для будущего обслуживания на заводе или отправлено на следующую площадку по согласованию.



Рис. 1. Изготовление на месте (выверка, сварка, термообработка, доставка)

На этапе планирования важно отразить динамическое поведение всего завода, включая его водотоки. Современные численные инструменты для расчета переходных процессов используются в компании для расчета эффекта гидравлического удара, а также электрической динамики между генератором и электрической сетью. По результатам могут быть рекомендованы гидро-электрооборудование и геометрические изменения для смягчения поведения станции, например, в переходных режимах.

Одним из таких переходных режимов является сброс нагрузки блоков. Необходимо учитывать помехи между блоками и, в худшем случае, также возможную задержку времени между отключением каждого блока. Также может присутствовать состояние разгона (направляющие лопатки не закрываются).

В последнем случае столб воды не может быть разделен направляющими аппаратами. Должны быть задействованы другие закрывающие устройства. Для малых и средних ГЭС главные впускные клапаны (ГВК) размещаются перед турбиной, которая в этом случае не закрывается. Для очень больших турбин та-

кие MIV не изготавливаются или очень дороги, поэтому необходимо рассматривать различные сценарии.

Политика Voith Hydro Safety требует как минимум двух независимых запорных устройств между верхним резервуаром и турбиной (например, впускные заслонки и распределитель турбины), которые могут автоматически отсекают максимальный поток для электростанции со значительным напором. В зависимости от конкретной воды конфигурации трубопровода и с учетом геологических аспектов может также потребоваться дополнительное 3-е запорное устройство (аварийный дроссельный клапан перед секцией напорного трубопровода или MIV).

Гидромеханическая конструкция

Для крупных ГЭС оценка эффективности приводит гидравлическое решение к четко выраженному уровню производительности. Относительно большие габариты турбин приводят к низким скоростям потока в спиральном корпусе и каскаде решетчатых решеток. Рабочее колесо выбирается со скоростью и соответствующим диаметром, удовлетворяющим разумную «удельную нагрузку» турбины. После выбора подходящей конкретной скорости с разумным К-фактором можно рассчитать скорость вращения. Диаметр получается в зависимости от удельного расхода ($Q1'$) и единичной скорости ($n1'$) при этой конкретной скорости, характеризуемой формами гидравлической конструкции. К-фактор можно использовать в качестве первого показателя уровней напряжения для данной конструкции. Типичные К-факторы для больших гидротурбин Фрэнсиса, работающих при более низком содержании отложений в воде, составляют от 600 до 800 для большинства рабочих напоров.

Распределение напряжения фиксируется методом конечных элементов при работе при полной нагрузке, максимальном напоре, оптимальной, частичной нагрузке и SNL статическими и динамическими средствами. Результаты гидродинамических расчетов используются в качестве граничных условий для анализа напряжений. Кроме того, эффективность и характеристики кавитации

можно предсказать достаточно точно. Необходимо учитывать производственные ограничения, т.е. адекватное распределение толщины лезвия для хорошего качества литья.

Никаких компромиссов в отношении структурной целостности компонентов не делается. Возбуждение из-за вихревого явления, т.е. Частоты образования вихрей фон Кармана на задних кромках лопастей и лопастей могут возбуждать собственную частоту лопастей, также должны контролироваться, т.е. путем снятия фаски.

Испытания модели турбины с геометрическим сходством с прототипом — так называемое гомологическое испытание — часто проводятся для изучения динамических и сложных эффектов, которые еще трудно смоделировать численными методами. Существует неуправляемая скорость, пульсация давления, вызванная взаимодействием ротора со статором или кавитирующим вихрем отсасывающей трубы, и влияние на эффективность из-за явления кавитации. Последнее является важной информацией для правильного применения турбин Каплана, в то время как взаимодействие ротора и статора следует тщательно учитывать для конструкций турбины типа Фрэнсиса и насосной турбины. Динамическое поведение гидравлической машины прогнозируется с помощью анализа гармонических характеристик, инструменты калибруются с помощью тензометрических измерений на модели и прототипах.

Кроме того, эффективность модели может быть подтверждена точными результатами, кавитационные картины могут наблюдаться визуально и записываться с помощью средств массовой информации. Разница в важных для гидродинамики безразмерных числах, таких как числа Рейнольдса и Фруда, учитывается формулами перехода, в основном указанными в соответствии с нормами ИЕС. Изображение испытательных стендов показано на рисунке 2.



Рис. 2. Гидравлическая лаборатория

Затраты на эти модельные испытания незначительны для стоимости электромеханического оборудования общей мощностью от 300 до 500 МВт, явно в зависимости от типа турбины и конкретной скорости. Для меньших установленных мощностей для создания прототипа часто применяется уже измеренная модель гидравлики. Даже если гидравлика модифицирована для этой цели, инструменты моделирования потока и базы данных измеренных моделей подходят для создания надежного прототипа. Экономия затрат может быть применена к другим темам закупок. Для машин с напором выше 50 м уровень эффективности можно проверить с достаточной точностью, применяя методы полевых испытаний в соответствии с нормами ИЕС. Чем выше напор, тем точнее можно определить КПД на прототипе.

Наряду с эффективностью и уровнем нагрузки надежная турбина характеризуется подходящей кавитационной характеристикой.

Эрозионное повреждение из-за отложений в воде не может контролироваться конструкцией в той же мере, в какой это делается для потери материала из-за кавитационной точечной коррозии. Помимо циклического определения удельной нагрузки (К-фактора) и ее оценки с помощью методов прогнозирова-

ния эрозии, необходимо знать содержание наносов, твердость и распределение по размерам. Следует проводить регулярный мониторинг.

Кольцевые затворы - см. Рисунок 3, на котором показан кольцевой затвор большой турбины Фрэнсиса в закрытом положении - которые скользят между опорными лопатками и калитками, могут применяться для уменьшения эрозийного повреждения уплотнений калиток во время остановки турбины. Кроме того, кольцевой затвор экономит ценную воду из верхнего водоема, поскольку кольцевой затвор работает с очень небольшой утечкой.

Тем не менее, Voith Hydro не считает кольцевой затвор эквивалентной и 100% функциональной заменой главного впускного клапана. Кольцевой затвор не поможет перерезать поток и безопасно остановить машину, если мусор блокирует закрытие распределителя из-за того, что распределитель и кольцевые затворы расположены очень близко друг к другу. Оба закрывающих устройства могут не закрыться полностью из-за общего засорения мусором. Помогут только впускные заслонки или главный впускной клапан, поскольку эти запорные устройства пространственно отделены от турбины и распределителя. Кроме того, в случае кольцевых затворов спиральный кожух/стопорное кольцо остается под давлением во время обезвоживания турбины, и утечка из кольцевого затвора не может быть удобно слита наружу турбины.

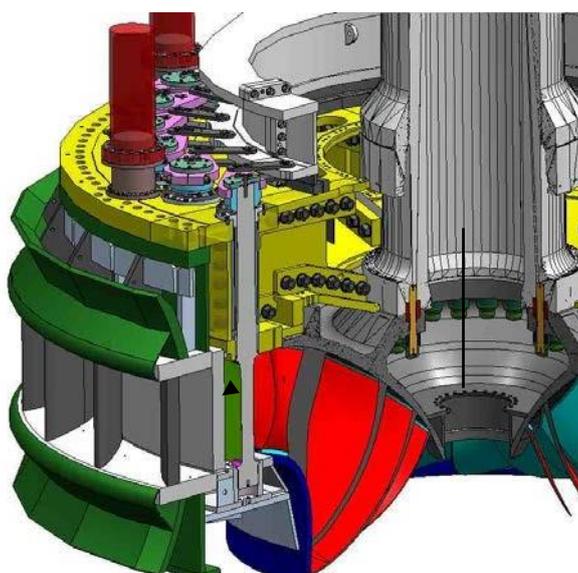


Рис. 3. Кольцевой затвор большой турбины Фрэнсиса в закрытом положении

Электромеханическая конструкция

Стабильность является ключевым вопросом в работе электростанции. Чтобы покрыть короткие, но существенные изменения в энергетическом балансе сетки, нам нужно запастись некоторую энергию в виде вращающейся кинетической энергии, и для этого лучше всего подходит большое колесо.

Основная ответственность за инерцию вращения гидроагрегата, электрическая машина или, как обычно ее называют, гидрогенератор, играет ключевую роль в стабильности водных путей и сети, поскольку накопленная кинетическая энергия ее ротора может использоваться для управления переходными возмущениями.

Конечно, у гидрогенератора также есть главная задача - окончательно преобразовать кинетическую энергию в электрическую.

С начала 20-го века непрерывное развитие технологии гидрогенераторов позволило Voith Hydro успешно установить свои самые мощные машины на электростанции «Три ущелья» мощностью 840 МВА, а самые большие статоры установлены на электростанции «Гран-Кули III» с внутренним диаметром 18,8 м. Вскоре Voith Hydro побьет собственные рекорды, установив машины с воздушным охлаждением мощностью 855,6 МВА на электростанции Xi Luo Du.

Поскольку система валов играет ключевую роль в стабильности агрегата, большое внимание уделяется динамическим характеристикам: критическая скорость изгиба, свободные и вынужденные крутильные, а также изгибные колебания тщательно проверяются с помощью современных средств проектирования, чтобы обеспечить плавную и стабильную работу устройства.

Конструкция современного гидрогенератора требует высокой надежности, высокой производительности, высокой ремонтпригодности и, что не менее важно, экономичности проекта. Оптимизированная электрическая машина должна должным образом выполнять все 4 аспекта.

По мере того, как развитие технологий изменяет такие тенденции продукта, как размер, плотность энергии / использование, лучшая производительность,

более низкая стоимость производства и установки, сокращение усилий по техническому обслуживанию и экологически чистые технологии, становятся основными требованиями, которые необходимо учитывать в процессе проектирования. Более точный анализ, сокращение сроков, более низкая стоимость разработки, оптимизированные жизненные циклы также являются основными технологическими требованиями. И только полное и целостное представление о генераторе может обеспечить оптимизированную и, что более важно, надежную работу.

Мощные инструменты, такие как метод конечных элементов (FEM) и компьютеризированная гидродинамика (CFD), а также динамическое моделирование во всех аспектах, стали частью повседневной работы по проектированию, поскольку генераторы все больше и больше достигают краев разработки.

Гидрогенератор GigaWatt приближается и, скорее всего, станет реальностью в следующем десятилетии. Эти гигантские машины бросят вызов конструкторам, чтобы найти оптимизированные и надежные решения для механического проектирования больших статических и вращающихся конструкций. Потребуется опорный подшипник, способный выдерживать нагрузки в несколько тысяч тонн. Для гидрогенераторов проблема будет заключаться в системе охлаждения и связанной с ней термической стабильности, а также в разработке изоляции на основе слюдяной бумаги, подходящей для более высоких напряжений, чтобы обеспечить воздушное охлаждение таких машин.

Предсказание динамического поведения, а также возможность избежать или снизить риск резонансов должны получить особое внимание без ущерба для эффективности.

Тенденция к более высокой мощности также бросает вызов конструкторам генераторов, поскольку потери, которые необходимо устранить из генератора мощностью 1000 МВт / 1100 МВА, превысят 10 000 кВт, даже если КПД достигнет 99%. Таким образом, выбор правильной схемы охлаждения и вентиляции представляет собой критическую проблему для гидрогенератора Giga-Watt. Оче-

видно, что для реализации таких мегамашин можно использовать обмотки с прямым водяным охлаждением. Помимо преимуществ, обеспечиваемых прямым водяным охлаждением обмоток, простота обмоток с непрямым воздушным охлаждением является сильной мотивацией для разработки такой альтернативной конструкции для генератора мощностью 1000 МВт / 1100 МВА.

Для достижения правильного расчета так называемого электрического баланса станции уровень напряжения генератора мощностью 1000 МВт / 1100 МВА, скорее всего, должен быть значительно выше, как это принято сегодня в гидроэнергетике. Пока в мире существует лишь несколько гидрогенераторов с номинальным напряжением выше 20 кВ, ни одного более 23 кВ в случае обмотки с прямым водяным охлаждением и ни одного более 20,5 кВ в случае обмотки с непрямым воздушным охлаждением. Первая оценка показывает, что номинальное напряжение для 1000 МВт / 1100 МВА будет находиться в диапазоне 24...25 кВ. Такой уровень напряжения представляет собой проблему для системы изоляции гидрогенератора, особенно в случае непрямого воздушного охлаждения.

И последнее, но не менее важное: ожидается, что общая нагрузка системы упорных подшипников ГЭС мощностью 1000 МВт / 1100 МВА превысит 4500 тонн. Эта нагрузка эквивалентна весу 13 самолетов Airbus A380 или 17 самолетов Boeing 747, полностью загруженных для взлета.

Упорный подшипник Voith Hydro с его уникальной конструктивной особенностью, основанной на саморегулирующихся подушках, опирающихся на матрац из эластичных резиновых пружин, является самым надежным в отрасли и подходит для всех типов гидроагрегатов и для всех режимов работы.

Надлежащим образом спроектированные, изготовленные и установленные направляющие подшипники, в том числе с функцией саморегулировки, способны обеспечить не только необходимое направление вала, но и в сочетании с направляющими кронштейнами также обеспечивают необходимую жесткость для подходящей работы с низким уровнем вибрации.

Несмотря на некоторые проблемы, путь для гидрогенератора мощностью 1000 МВт / 1100 МВА практически свободен.

Вывод

Заблаговременное участие всех факультетов требуется для оптимизации компоновки гидроэлектростанции. Тем не менее, гидроэлектрическое оборудование может быть спроектировано с учетом заданных гидравлических и размерных граничных условий. Особенно для восстановительных работ степень свободы в отношении проектных параметров очень ограничена. Этот выбор оборудования влияет на проектирование предприятия, и поэтому необходимы циклы для общей оптимизации затрат. Должны быть установлены принципы безопасности станции, особенно для очень крупных гидроэлектростанций, численное моделирование является обязательным. Для крупных гидроэлектростанций рекомендуется модельное тестирование водотоков станции и конструкции турбины. Подход к типичным ключевым вопросам с использованием самых современных методов обеспечивает успешную установку и эксплуатацию установки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Handbook of Large Hydro Generators: Operation and Maintenance Glenn Mottershead, Stefano Bomben, Isidor Kerszenbaum, Geoff Klempner ISBN: 978-0-470-94757-9 December 2020 Wiley-IEEE Press 672 Pages
2. Глебов И.А., Домбровский В.В., Дукштау А.А. и др. Гидрогенераторы 1982. 368 с.
3. Гидроэлектростанции. Учебное пособие Брызгалов В.И., Гордон Л.А. ИПЦ КГТУ. Красноярск. 2002 541 страница ISBN 5-7636-0437-7

УДК 621.3

Ю. В. ГРИГОРЬЕВА, Д. Ф. НОРКИН, А. Е. ГАМАЮНОВ

wjp2012@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Т. А. ВОЛКОВА

Уфимский государственный авиационный технический университет

ОБЗОР СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Аннотация. Проведен обзор отечественных и зарубежных конструкций синхронных генераторов, применяемых в ветроэнергетических установках, а также проведен их анализ.

Ключевые слова: синхронный генератор, ветроэнергетическая установка.

Энергия ветра для производства электроэнергии сегодня является уже сформированной, конкурентоспособной и практически незагрязняющей технологией, широко используемая во многих странах мира. Системы преобразования энергии ветра стали координационным центром в исследовании возобновляемых источников энергии. Это не только из-за быстрого развития мощности ветряных генераторов, но и из-за улучшения электроники и их применение в получении энергии ветра.

Для применения на ветроэнергетических установках (ВЭУ) возможны следующие типы генераторов:

- 1) синхронные генераторы (СГ) с электромагнитным возбуждением;
- 2) асинхронизированные СГ;
- 3) СГ с магнитоэлектрическим возбуждением, т.е. с возбуждением от постоянных магнитов.

Синхронные генераторы с электромагнитным возбуждением

Нецелесообразно применение синхронных генераторов с возбудителями постоянного тока на ВЭУ из-за низкой надежности коллекторной машины постоянного тока. Перспективны схемы с бесконтактным электромагнитным возбуждением и с магнитоэлектрическим возбуждением с использованием современных высококоэрцитивных постоянных магнитов из редкоземельных элементов.

Преимущества:

1) возможность управления реактивной мощностью с генераторной стороны;

Недостатки:

1) выше стоимость, сложнее конструкция, ниже надежность;

2) наличие скользящего контакта и необходимость источника постоянного тока для обмотки возбуждения;

3) жесткая зависимость частоты ЭДС от скорости вращения. Это ограничивает, а в регионах с резкими порывами ветра делает невозможным, использование СГ для прямого включения в сеть без полупроводниковых преобразователей частоты (ППЧ).

Асинхронизированный синхронный генератор

Асинхронизированный СГ или генератор двойного питания – это неявно-полюсная бесколлекторная машина переменного тока, например, асинхронная машина с фазным ротором и с 3-фазными обмотками на статоре и роторе.

Асинхронизированная машина может работать с переменной частотой вращения в синхронном или асинхронном режиме, в режиме недовозбуждения или перевозбуждения, так как ротор питается от постороннего источника-возбудителя (рис. 1).

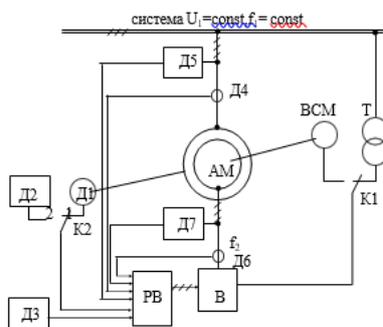


Рис. 1. Асинхронизированная синхронная машина [2]:

В – возбудитель; ВСМ – вспомогательная синхронная машина; Т-трансформатор; РВ – регулятор возбуждения; Д1 – датчик углового положения ротора; Д2 – датчик независимой частоты; Д3 – датчик тригонометрических функций угла вектора напряжения системы; Д4, Д5, Д6, Д7 – датчики токов и напряжений статора и ротора

Преимущества:

1) возможно использовать в автономных системах в сочетании с другими машинами. Возможно каскадное соединение с асинхронным генератором (АГ)

или соединение АГ с двигателем постоянного тока (ДПТ) с параллельным возбуждением;

2) большая устойчивость;

Недостатки:

1) наличие на роторе скользящего контакта для подвода напряжения к обмотке возбуждения ротора и необходимость в преобразователе частоты для регулирования напряжения возбуждения;

2) при отклонении скорости от синхронной требуется значительное увеличение реактивной мощности и напряжения в обмотке возбуждения.

СГ с магнитоэлектрическим возбуждением

Синхронные генераторы с магнитоэлектрическим возбуждением с применением современных высокостабильных высококоэрцитивных магнитов из редкоземельных сплавов обладают высокой надежностью и компактностью. Схема обеспечивает бесконтактное возбуждение (самовозбуждение) генератора и стабилизацию выходного напряжения при переменной частоте вращения и нагрузке (рис. 2).

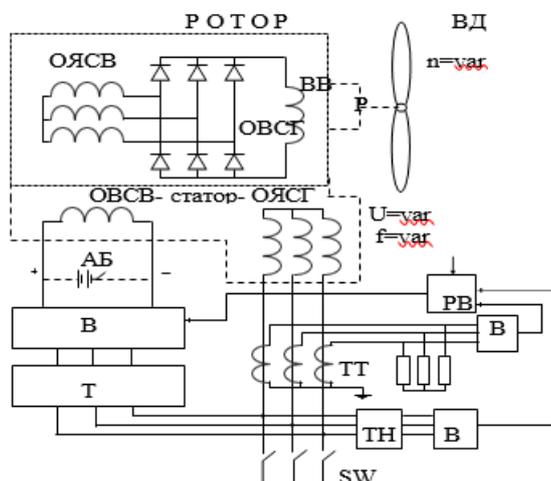


Рис. 2. Схема бесконтактного напряжения СГ от синхронного возбудителя с вращающимся выпрямителем [2]:

ВД-ветродвигатель; Р-редуктор; ОВСГ-обмотка возбуждения СГ; ОЯСВ-обмотка якоря возбудителя; ВВ-вращающийся возбудитель; ОЯСГ-обмотка якоря СГ; ОВСВ-обмотка возбуждения возбудителя; В-выпрямитель; РВ-регулятор возбуждения; ТТ-трансформатор тока; ТН-трансформатор напряжения; АБ-аккумуляторная батарея, SW-автоматический выключатель

Преимущества:

1) исключение скользящего контакта;

- 2) высокая надежность работы;
- 3) высокое значение КПД;

Недостатки:

- 1) постоянство магнитного потока, невозможность его регулировать;
- 2) высокая стоимость.

К настоящему моменту в мире есть две компании-гиганта, которые освоили и наладили серийное производство генераторов двойного питания для ветроустановок большой мощности, – это европейские фирмы АВВ и Siemens.

Компания АВВ сейчас располагает большей линейкой генераторов двойного питания мощностью от 2,2 МВт до 3,6 МВт с воздушным и жидкостным охлаждением (рис. 3). КПД этих механизмов достигает 97,5%.

Компания Siemens располагает большей линейкой генераторов двойного питания (рис. 4), чем АВВ. На данное время они предлагают генераторы мощностью от 0,6 до 10 МВт. Генераторы мощностью до 1,25 МВт имеют воздушный тип охлаждения. Свыше 1,25 МВт – водяное охлаждение. Есть все основания предполагать, что КПД для наиболее мощных машин он составляет около 98%, возможно и более.

На сегодняшний день в России серийное производство синхронных генераторов для ветроэнергетической установки налажено только на заводе «Электросила» в Санкт-Петербурге. Производством генераторов двойного питания именно для ветроустановок никто не занимается. Все перспективные работы проводятся в университетах и НИИ.



Рис. 3. Генератор двойного питания (АВВ) [3]



a



б

Рис. 4. Генераторы двойного питания (Siemens) мощностью 2,5 МВт (*a*), мощностью 5,3 МВт (*б*) [3]

В архитектуре ВЭУ возможно использование трех разных типов синхронных генераторов, однако наиболее эффективным методом решения основной проблемы ветроэнергетики является использование принципа действия машины двойного питания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Выбор электрогенераторов для ветроэнергетических установок / Ералы Ертайулы Нурахмет, А. А. Гафаров, М. С. Бенке [и др.]. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2016. — № 28.2 (132.2). — С. 68-79. — URL: <https://moluch.ru/archive/132/36983/?ysclid=18e5ndhy21275812463> (дата обращения 20.09.22)
2. https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/29143/Konstrukcii_generatorov_VENU.pdf?sequence=1&isAllowed=y&ysclid=18e5s51no4222212663 (дата обращения 20.09.22)
3. Котов, А.А. Применение генератора двойного питания для ветроэнергетических установок малой, средней и большой мощности / А.А. Котов, Н.И. Неустроев // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». — 2017. — Т. 17, № 4. — С. 80–89. DOI: 10.14529/power170409 URL: vestnik.susu.ru/power/article/download/7329/6125 (дата обращения 23.09.22)