

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

МАВЛЮТОВСКИЕ ЧТЕНИЯ

XV Всероссийская молодежная научная конференция

Том 6



Уфа 2021

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

МАВЛЮТОВСКИЕ ЧТЕНИЯ

XV Всероссийская молодежная научная конференция

Том 6

Научное электронное издание сетевого доступа

© УГАТУ
ISBN 978-5-4221-1529-7
ISBN 978-5-4221-1535-8 (Т. 6)

Уфа 2021

Мавлютовские чтения : материалы XV Всероссийской молодежной научной конференции : в 7 томах [Электронный ресурс] / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа : УГАТУ, 2021.

Том 6. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – URL: https://www.ugatu.su/media/uploads/MainSite/Ob%20universitete/Izdateli/EI_izd/2021-128.pdf

Содержатся статьи, включенные в программу XV Всероссийской молодежной научной конференции, состоявшейся в УГАТУ 26–28 октября 2021 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);

Зуева М. С. – и. о. декана ОНФ, канд. экон. наук, доцент (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);

Биглов М. М. – начальник ИВТО, канд. техн. наук, доцент (г. Уфа, Россия);

Мусин Н. Х. – директор Центра трансфера технологий (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 *А. А. Шарипова*

Программирование и компьютерный дизайн *О. М. Толкачёва*

Подписано к использованию: 20.10.2021

Объем: 9,02 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

Все права на размножение, распространение в любой форме остаются за разработчиком.
Нелегальное копирование, использование данного продукта запрещено.

СЕКЦИЯ 7.1

СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫЕ ЗНАНИЯ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

УДК 171

А. Р. АРСЛАНОВ

og_as_car@mail.ru

Науч. руковод. – канд. филос. наук, доц. Н. Б. ХИДИЯТОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

О СВОБОДЕ, СУЩНОСТИ И ВОЗМОЖНОСТЯХ ЧЕЛОВЕКА (ЗАМЕТКИ ПО ПОВОДУ СТАТЬИ Ж. П. САРТРА)

Аннотация. В статье на основе статьи Ж.П. Сартра «Экзистенциализм – это гуманизм» осмысливается проблема существования, свободы, ответственности человека.

Ключевые слова: сущность и существование человека; свобода; ответственность; тревога; заброшенность; отчаяние.

Жан-Поль Сартр в своем эссе “Экзистенциализм – это гуманизм” рассматривает главные обвинения относительно экзистенциализма, а именно то, что это философское направление “призывает погрузиться в квиетизм отчаяния: раз никакая проблема вообще не разрешима, то не может быть и никакой возможности действия в мире” [1] и то, что экзистенциализм подчеркивает низость, гнусность человека, и отворачивается от его светлой стороны. Автор с самого начала, начиная с названия самой работы, дает понять, что экзистенциализм по своей сути дает больше положительного, чем то, в чем критики-обвинители стали упрекать это философское течение.

Ж.-П. Сартр, раскрывая понятие экзистенциализма, формулирует то, в чем заключается заблуждение людей: все доводы, не построенные на опыте, на том, на что можно было бы опереться, исключая собственное представление о вещах - это анархия, вызванная страхом перед неизведанным, а также страх ответственности, который исключает собственный опыт переживания. Человек часто, в случае провала и непонимания, списывает все, в итоге, на “человеческую натуру”. Но и поныне неизвестно, что она собой представляет, если она и вовсе существует. Приводя основное убеждение, что существование предше-

стует сущности, Сартр показывает, как человек далек от понимания того, что самой не подтвержденной опытом и основаниями сущностью является сам человек. Исходя уже из разновидности экзистенциализма – христианской или атеистической – можно говорить о том, какой будет точка отсчета в понимании предназначения и смысла жизни человека на Земле.

Атеистический экзистенциализм рассматривает вопрос глобальнее, так как обреченность и заброшенность, обусловленная несуществующей опорой, которую мы представляем в виде Бога, дает больше свободы и больше ответственности. Человек, имея больше привилегий перед любой другой формой существования, будь то живое или неживое существо, осознает, что он – собственная проекция себя будущего, и что воля его предшествует его разуму. Возможность осознанности как формы жизни дает понять, что мы представляем себя такими, какими хотим быть, но в то же время, понимаем, что мы ответственны за все свои совершенные действия. И дело не только в индивидуальной ответственности, но в ответственности за всех людей существующих.

Тут встает вопрос о субъективизме, который имеет два смысла. Сартр опирается на более глубокую его сторону: человек не может выйти за пределы человеческого субъективизма. Создавая себя, человек всегда должен помнить, что ответственен за всех, так как выбирая себя, мы показываем, что наш выбор – это представление человека, которое имеет силу ценности в общей системе ценностей, и что эта система работает вне зависимости человека, использующего ее по отношению к себе. И подразумевается, что эта система ценности – всегда благо для людей.

Вся эта ответственность, возлагаемая на свои же плечи, приводит к тому, что человек больше понимает смысл слов: “тревога” и “заброшенность”. Тревога, которая вызвана столь большой ответственностью, показывает настоящую сущность ценностей человека, проверить которую можно, применяя простую, но в то же время такую глубокую мысль: “Что было бы, если бы все люди поступали так, как я?”. Но вызванная тревога не должна вести к квиетизму отчая-

ния; она дает понять, что вся сила, которую можно вложить в действия, содержится в собственных руках человека, делая его “кузнецом собственного счастья”. Говоря же о “заброшенности”, мы опираемся на то, что даже если Бога нет, то существуют понятия и законы, которые следует принять всем, вне зависимости от их представлений о мире.

Автор подчеркивает, что даже будучи экзистенциалистом-атеистом, его все же настораживает мысль и последствия отсутствия бесконечного и совершенного ума, чьи законы написаны как то, что должно быть априори верным. Это чревато тем, что грозит хаосом, полным размытием границ морали, культуры, и мира в целом. Если не существует Бога, то и не существует предписаний в целом, которые бы объясняли правильность или неправильность человеческих поступков. И в этом плане Сартр говорит, что человек осужден быть свободным. Осужден тем, что сам себя не создал, и свободен тем, что может совершать любые действия, за которые он в ответе.

Экзистенциализм никогда не объяснит совершение действия, подводя его изначально под страсть или желание, так как человек сам решает и определяется в том, что является побуждением того или иного действия. “Скрытые знаки”, “ориентиры”, на которые люди могут полагаться, также являются ничем иным, как частью его собственных представлений и усвоенной системы ценностей, которую он считает верным. И что последствия действий имеют смысл, основываясь на их расшифровке.

Жан-Поль Сартр также описывает понятие “отчаяние”, которому также человек подвержен столь сильно и, вероятно, часто, как и чувствам “заброшенности” и “отчаяния”. Он описывает это как сумму допустимых вероятностей, делающих возможным наши действия. Область возможности вероятности перестанет ею быть в том случае, когда возможность строго перестанет быть вероятностью действия. И полагаясь на такое умозаключение, следует понимать, что человек, не питая иллюзий, способен ровно на то, на что он рассчитывал. Позиция же квиетизма, вызвана тем, что неподвластные человеку действия рас-

смаатриваются как факторы, существующие вне зависимости человека, и что они проявляют его истинную натуру, его понимание своих возможностей, созданных иллюзий представления реальности. Реальности, которая все же имеет собственную форму и то, что нельзя отрицать без весомых доказательств.

Все это показывает, что ряд обвинений в сторону учения экзистенциализма ложен. Основания, приведенные автором в защиту этой философии, убеждают на явных примерах, что экзистенциализм все же имеет больше позитивных сторон, нежели негативных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сартр Ж.П. Экзистенциализм – это гуманизм// URL.: <https://www.litmir.me/br/?b=103095&p=1>

УДК 1.14

Н. В. БАТУРОВ

nik.baturov@mail.ru

Науч. руковод. – доц., канд. филос. наук Ю. Р. ЕГОРОВА

Уфимский государственный авиационный технический университет

РЕШЕНИЕ ВОПРОСА О СМЫСЛЕ ЖИЗНИ В «МИФЕ О СИЗИФЕ» АЛЬБЕРА КАМЮ

Аннотация. В статье на основании философского анализа категорий «человек бунтующий», «прыжок веры», «абсурд», «противоречие» выясняется специфика решения вопроса о смысле жизни в эссе Альбера Камю "Миф о Сизифе".

Ключевые слова: экзистенциализм; вопрос о смысле жизни; философия абсурда; человек абсурда; абсурдная свобода.

В повседневной жизни мы постоянно ставим себе новые цели и стремимся к их достижению, однако проходя через рутину изо дня в день, многие из нас сталкиваются с простым на первый взгляд вопросом: «Зачем я делаю это?» Отвечая на него путем перечисления своих целей, мы можем сталкиваться с этим вопросом снова и снова, пока нас не застанет мысль: «В чем же заключается смысл жизни?» Для ответа на этот вопрос будет полезно обратиться за помощью к философии и уделить особое внимание философии экзистенциализма, которая подчеркивает уникальность бытия отдельного человека и устремляется к рассмотрению вопроса о предназначении человека.

Среди прочих достойных работ в направлении экзистенциализма, немалый интерес представляет собой эссе Альбера Камю «Миф о Сизифе», в котором автор рассматривает различные подходы к поставленному нами вопросу. По мнению Камю, есть лишь один поистине серьезный философский вопрос - вопрос о том, стоит ли жизнь труда быть прожитой, что напрямую связано по А. Камю с проблемой самоубийства. В зависимости от того, как мы ответим на этот вопрос, мы придем к пониманию смысла жизни. Далее мы разберем, какой ответ предлагает нам Альбер Камю.

Для того, чтобы решить является ли логичным смертельный исход, нам потребуется взглянуть на его альтернативы, ведь только так мы дадим себе

возможность свободного выбора. Для рассмотрения одной из таких альтернатив, нам нужно будет разобраться в том, что такое абсурд. Чувство абсурда может поразить каждого из нас в произвольные моменты времени, однако полностью в нем разобраться покажется нам затруднительным. Мы не узнаем актера глубже оттого, что увидим его в сотый раз, но будем правы, если, соединив в памяти всех героев, в которых он перевоплощался, скажем, что узнали о нем немного больше. Так и с чувством абсурда, которое мы заметим, когда впервые зададим себе вопрос «зачем?», усталость как проявление машинальной жизни в таком случае побудит нас к размышлениям и познакомит с противоречием наличия четких целей и неуверенности в том, что следует делать дальше. Мы также заметим это чувство, когда, живя будущим, будем желать наступления завтра, но осознав неумолимое движение времени, почувствуем ностальгию по времени ушедшему и пожелаем ощутить его вновь. Оно же откроется, когда хорошо знакомые окружение и природа, столько дающие нам каждый день, впервые покажутся враждебными и несколько чужими. Наконец, чувство абсурда, чувство противоречия в нашей жизни, ощутимо при размышлениях о смерти, которая способна плотно занять наше сознание в то же время, когда полностью его покидает в повседневной жизни; которая предстает пред нами в большом разнообразии образов, когда как опыта, связанного с ней, столь необходимого для полного ее понимания, живой человек лишен. Так можно заключить, что абсурд представляет собой противоречие, которое каждый из нас может заметить в своей жизни в различных его проявлениях и сохраняющее при этом некоторую неопределенность. Перед взглядом на то, какую свободу абсурд может даровать человеку, стоит обратить внимание на еще одну альтернативу смертельному исходу - надежду.

О какой же надежде идет речь? О надежде на связь с превосходящим человека бытием или сущностью, чем-то вечным. Человек бывает всегда добычей исповедуемых им истин и признав их своими, не желает с ними расставаться. Что, как правило, заставляет его отказаться от рассмотрения иных взглядов, за-

крыть глаза на вещи, противоречащие принятым им истинам. Важным фактором прикосновения к вечному в таком случае является всецелое принятие индивидом взглядов, пытающихся объяснить Мир, даже если они отрицают некоторый ранее полученный опыт, выводят главенство разума над духом или наоборот. Такое принятие Альбер Камю назвал прыжком (сюда же можно отнести и «прыжок веры» Сорена Кьеркегора) и сравнил с философским самоубийством: подобно тому, как человек расстается с жизнью, не желая трудиться над тем, чтобы ее прожить, человек расстается с многообразием взглядов и критическим подходом к каждому из них в поисках равновесия и постоянства. Несложно заметить, почему подобная надежда является альтернативой абсурду, который существует как разлад наших взглядов и действительности и исчезает, если мы решим не принимать во внимание одну из сторон противоречия. Нам следует обратить внимание на то, что, хотя такая надежда и лишает нас некоторой части жизненного опыта, она действительно способна дать человеку душевное спокойствие и уверенность в своих действиях. По мнению Альбера Камю, эта надежда является лишь побегом от действительности, когда человек, столкнувшийся с пределом своего разума и духа, остается в замешательстве и начинает отрицать часть собственного опыта, упраздняя те свои качества, что не соответствуют надежде на связь с вечным. Трудноуловимый миг перед таким прыжком грозит опасностью, когда человек приносит в жертву либо часть себя, либо свою жизнь, если надежда на вечное ему не прельстит. Именно «суметь удержаться на этой головокружительной горной гряде» и не отдавать себя в жертву - наиболее честный по отношению к самому себе поступок. Далее мы рассмотрим, каким образом можно удержаться на горной гряде и не потерять себя.

По словам Камю, прыжок и самоубийство объединяет смирение, связанное с постановкой собственной жизни ниже вечного или окружающего. Когда как важной категорией абсурда является бунт, который представляет собой постоянное столкновение человека с собственным неведением. Постоянно бунтуя,

человек остается на пути поиска истины, а не сворачивает с нее ради поиска желаемого, тем самым он каждый раз учится заново смотреть, направлять сознание на предметы, внимательно относиться к каждому очередному образу. Здесь крайне важно сознание, которое позволяет сосредоточить свое внимание, подобно фонарю, остановить свои лучи на новом образе, что поможет не потерять из виду одну из сторон противоречия, без чего невозможно будет знакомство с абсурдом. Вопрос свободы тогда решается с осознанием того, что у человека нет хозяина, ему не нужно ждать «зова свыше» и только он сам решает следует ли ему поступать дурно. Абсурд при этом не советует поступать преступно, а лишь делает равноценными последствия поступков и намекает, что можно быть добродетельным только из собственной прихоти (в таком случае человек абсурда не выделяет виновных, а рассматривает всех людей, как несущих ответственность). Такая свобода означает полную независимость при принятии жизненных решений, возможность не быть обремененным волнениями о прошлом или будущем дне и истинную сосредоточенность на настоящем. В эссе для нас приведены примеры актера, завоевателя и творца - людей, которые действительно живут в настоящем, для которых важна не вечная жизнь, а вечная живость. В свободе человека, решившего сосуществовать с абсурдом, кроется и проявление счастья. Сизиф обязан вновь и вновь поднимать обломок скалы на гору, только ради того, чтобы тот очередной раз с нее упал, но вместе с тем Сизиф признает, что все - хорошо, и одного восхождения к вершине достаточно, чтобы наполнить до краев сердце человека. Камю говорит, что нам нужно представлять себе Сизифа счастливым.

Таким образом, ознакомившись с «Мифом о Сизифе», мы получили возможность посмотреть на вопрос о смысле жизни глазами Альбера Камю, который при ответе на него предлагает уникальный взгляд не только на сам вопрос, но и на наше восприятие мира в целом. Мы познакомились с философией абсурда, заключили, в чем состоит проблема надежды на связь с вечным и совершения прыжка, узнали, как сознание и бунт ума способны открыть наши глаза

на действительность и удержать нас от замешательства, связанного с осознанием себя в окружающем мире. Пытаясь придать своей жизни смысл, человек неизбежно сталкивается с противоречием между смыслом и абсурдом. Все старания Сизифа, с одной стороны, всегда обращаются в ноль, и вместе с тем, он не может сказать, что его труды бессмысленны, то есть специфика решения вопроса о смысле жизни Камю заключается в этой неизбежной антиномии смысла и абсурда. Абсурд в философии Камю не стоит понимать буквально, а относится к нему как нить, которая связывает нас с реальным положением вещей в мире, с путем к нахождению истин и способностью расширять свое восприятие мира без сопротивления от уже принятых нами убеждений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Посторонний. Миф о Сизифе. Калигула: [сборник, пер. с фр.] / Альбер Камю. – Москва: Издательство АСТ, 2019. – 381, [3] с.

УДК 140.8

В. В. ЕФИМЕНКО

MrRimidalV@yandex.ru

Науч. руковод. – д-р филос. наук, проф. А. Я. ЗАРИПОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ЯЗЫК И МЫШЛЕНИЕ: ВЗАИМОСВЯЗЬ КАТЕГОРИАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Аннотация. В статье предлагаются к обсуждению проблемы выявления взаимосвязи языка и мышления, мысленного и вербального определения бытия, приводятся примеры различных категориальных систем, даются определения мышления, сознания, языка. Рассматривается предположение о творческом потенциале языка в сознании человека.

Ключевые слова: язык; мышление; бытие; познание; языковое сознание; вербально-логический уровень; картина мира.

Определение взаимосвязи языка и мышления, имени и сущности, слова и вещи занимает центральное место в истории философской мысли и лингвистических изысканий. Веками тема сопряжения реального мира, человеческого представления о нем и его словесного выражения, степень восприятия, понимания, мысленного и вербального определения бытия получала самые различные толкования и подходы: от утверждения неразрывного единства имени и именуемого (мифологическое сознание) до полного разделения бытия и сознания, когда любое понятие или определение воспринимались как имеющие отношение не к миру как таковому, а к субъективному восприятию и пониманию индивидуальным сознанием этого мира.

Противоречия по вопросу взаимосвязи языка и мышления существуют по причине того, что феномен языкового сознания как объект изучения междисциплинарен, его предметная область находится на стыке наук: философии и языкознания, психологии и психолингвистики, лингвистики и семиотики. Это связано со сложностью и неоднозначностью самой природы и языка, и мышления. Являясь необходимыми отличительными характеристиками личности, они сочетают в себе биологическое и социальное (двойственность природы человека).

Важно отметить, что вербальная модель (слово, текст) понятия образуется при помощи мысли. «Языковые единицы соотносятся с предметами и явлениями объективного мира через мышление, через отражательную деятельность человеческого мозга. Без этого невозможно было бы общение между людьми с помощью языка. Мышление представляет собой активный процесс отражения объективной действительности в представлениях, понятиях, суждениях и является частью сознания (процесса отображения действительности нервно-мозговой системой человека). Таким образом, именно мышление, связанное с понятийными аспектами, является ответственным за осмысливание, переработку и трансформацию языкового знака в понятие» [7].

Для понимания связи языка и мышления необходимо обратить внимание на формы и явления, окружающие нас. «Любая форма содержит в себе некоторую информацию, следовательно, бессодержательных форм не существует. Установление соответствия между формой и содержанием является основной закономерностью существования и развития явлений» [3: 97-104]. Мыслительные конструкции (умозаключения), построенные человеком, всегда сформулированы словами. Одним из важных аспектов, позволивших социуму стать организованным – это способность говорить осмысленно. Как известно, именно за счет способности людей говорить и делиться своими мыслями с подобными себе, человечество выделилось из животного мира.

Язык является сложным социальным явлением и представляет собой не только систему знаков, используемую как средство общения, но и, главным образом, как средство формирования мысли, а также способ приобретения знаний, инструментом порождения, организации, обработки, хранения, и передачи информации.

Язык – это неотъемлемая составляющая познания и процесса осмысления мира. Из-за ограниченности органов чувств люди не могут воспринимать большой объем информации, преодолеть границы непосредственного

окружения человеку удастся посредством языка, с помощью текстов как языковых явлений. Люди осознают и осмысливают бытие через языковую картину мира.

На рубеже XIX – XX столетий произошло углубление представлений о языке и признание его фундаментальной роли в сфере человеческого бытия. Количество западных исследований в области философии языка колоссально (лингвофилософия Ч. Пирса и Г. Фреге, структурная лингвистика Ф. Соссюра, социолингвистика У. Уитни, этнолингвистика Э. Сепира и К. Пайка, дескриптивная лингвистика Л. Блумфилда). Необходимо отметить, что и Россия дала науке лингвистов мирового уровня: И.А. Бодуэн де Куртенэ, Н.В. Крушевский (казанская лингвистическая школа), Н.С. Трубецкой и Р.О. Якобсон (“пражский кружок”) [5].

В силу своей значимости соотношение языка и мышления, взаимосвязь этих категориальных систем интересовала мыслителей разных эпох и продолжает интересовать в наше время.

Одной из форм активности сознания является мышление как реальный процесс. Мышление, сознательный процесс, является в той или иной мере общением. Общение не представляется возможным без языка.

Слово как единица языка является «средством абстракции и обобщения, созданным в процессе общественной истории человека. Сочетание слов, или предложение является средством языка, которое не только дает возможность указывать на предмет и включать его в систему известных связей и отношений, но и обеспечивает выражение или формулировку мысли в виде развернутого речевого высказывания. В языке человека имеются объективные средства как для отвлечения и обобщения, так и для формулирования мысли, средства; они созданы тысячелетиями и являются основными орудиями формирования сознания. Средства языка направлены на то, чтобы обеспечить человеку возможность не только называть и обобщать предметы, не только

формулировать словосочетания, но и обеспечивать процесс продуктивного логического вывода, который протекает на вербально-логическом уровне» [4].

Продуктивное мышление человека, возникающее благодаря языку, дает возможность делать логические выводы, не обращаясь каждый раз к данным непосредственного, чувственного опыта.

Таким образом, определив наличие взаимосвязи между языком и мышлением, выявив влияние языка на чувственное и логическое познание, мы можем говорить о творческом потенциале языка в сознании человека, который способен конструировать целостный мир, образовывать «языковую действительность».

С точки зрения философского тезиса о первичности и вторичности, первичен реальный мир, его логика и законы. Человек в процессе своей жизнедеятельности опирается только на действительные закономерности мира. Свое выражение мысль получает именно в языке. С помощью языка мысли людей транслируются на огромные расстояния, по всему земному шару, передаются от одного поколения к другому.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Выготский Л.С. Мышление и речь [Электронный ресурс]. М.: Изд-во Лабиринт, 1999. Изд. 5, испр. 352 с. URL: http://www.bim-bad.ru/docs/vygotsky_myshlenije_i_rech.pdf (дата обращения 25.06.2021)
2. Гумбольдт В. фон. Язык и философия культуры. М.: Прогресс, 1985. 451 с.
3. Ефименко Н. В. Ассоциативная цветность: анализ и интерпретация экспериментальных данных // Теория и практика языковой коммуникации: материалы X Международной научно-методической конференции. Уфа: УГАТУ, 2018. С. 97-104.
4. Лурия А. Р. Язык и сознание / Под редакцией Е. Д. Хомской. М: Изд-во Моск. ун-та, 1979. 320 с.
5. Петров В. В. Философия, логика, язык. М.: Прогресс, 1987. 337 с.
6. Путь в философию. Антология / под ред. Левит С.Я. [Электронный ресурс]. М.: ПЕР СЭ; СПб.: Университетская книга, 2001. 445 с. URL: <https://bookree.org/reader?file=1332124> (дата обращения 20.03.2021).
7. Сираева Р. Т. Проблема взаимосвязи языка и мышления // Актуальные проблемы современной филологии и журналистики [Электронный ресурс]. URL: <https://files.scienceforum.ru/pdf/2015/10493.pdf>

УДК 130.2

Д. В. ЗОЛОТАРЕВ

danilzolotarev1980@gmail.com

Науч. руковод. – д-р филос. наук, проф. Ф. М. НЕГАНОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

РЕФОРМАЦИЯ В ЕВРОПЕ И ЕЕ ЦЕННОСТИ

Аннотация. В статье раскрываются основные идеи Реформации с точки зрения формирования новых ценностей западного мира. Показывается философский смысл идей протестантизма и их значение для жизни человека.

Ключевые слова: реформация; мышление; сознание; ценности; совесть; свобода.

Реформация связана с деятельностью Мартина Лютера. Само слово «реформация» означает «реформа», перестройка, модернизация. Что перестраивается и модернизируется? Перестраивается религиозное католическое мировоззрение, которое господствовало в то время в Европе в Средние века. При переходе Средних веков в Эпоху Возрождения и эпоху Нового времени в Германии появляется человек, который был монахом, основавший протестантскую религию, повлиявшую на развитие всей мировой культуры (в современных США и Канаде, Австралии и Западной Европе господствует протестантизм).

Учение Мартина Лютера, его взгляды выразили сам дух эпохи Нового времени – переход от феодализма к капитализму, то есть переход от старого способа производства, ручного малоэффективного труда, к новому – машинному, в котором используются природные силы, являющиеся бесплатными, отчего продукты такого труда дешевле продуктов ручного труда. Так развивается индустриальная эпоха. А индустриальная эпоха, со своими машинами, механизмами, системами, в корне изменила мир. Этому переходу способствовало появление протестантизма.

В 1517 году в Саксонии в городе Виттенберг Мартин Лютер официально формулирует текст, который состоит из 95 тезисов, положений, в которых он высказывает свои претензии к католичеству. Город Виттенберг находится на севере Германии, и если мы будем двигаться на юг от Германии, то все больше

будем чувствовать влияние католической церкви, а на севере – влияние протестантизма. То есть это все выражается, в том числе географически.

В чем же заключается суть взглядов Мартина Лютера? Мартин Лютер критикует католичество. Католическая церковь стала выпускать бумагу - индульгенцию, которую можно было купить за деньги. И эта индульгенция позволяла человеку выкупить свои грехи. Мартин Лютер считал, что этически, морально это кощунственно. Дело могло доходить до абсурда: например, человек шел на грабеж, а перед этим заходил в церковь и на оставшиеся деньги покупал индульгенцию и тем самым свое будущее преступление изначально оправдывал, получая не просто моральное, а религиозное право на совершение преступления. Это справедливо рассматривалось как противоречащее самому духу библии, духу этики, то есть духу нравственности.

Мартин Лютер утверждал, что верующий должен подчиняться не законам, установленным католической церковью, а самому Богу напрямую. Но при этом мы понимаем, что означает «иметь связь с Богом напрямую». Мартин Лютер пояснял, что для связи с Богом напрямую надо просто апеллировать к своей собственной совести. Когда к человеку апеллируют и говорят, что он поступил не по совести – это означает, что у каждого человека есть совесть, и она руководит человеческими действиями, оценивает эти действия – что происходит по совести или противоречит совести. К этой теме нравственности и апеллирует Мартин Лютер. Он говорит, что если мы будем слушать свою совесть, то это, по сути дела, и есть связь с Богом. Тем самым Лютер освобождает человека от посредника, а таким посредником в католической церкви является Папа Римский.

По сути дела, в католичестве Папа Римский имел полное право, исходя из своих собственных интересов, из интересов католической церкви, управлять людьми, потому что именно Папа Римский и его епископы, священники имели право интерпретировать Библию. Другие не имели такого права. Поскольку Библия – достаточно абстрактное произведение, которое можно истолковывать

по-разному, католическая церковь этим пользовалась. Тем самым в угоду своим сугубо узким социальным интересам они использовали это положение для того, чтобы достигать цели не только в масштабах религиозной жизни человека, но и в масштабах всего государства.

Мартин Лютер утверждал, что между Богом и человеком не должно быть никакого посредника. И когда католическая церковь решила наказать Мартина Лютера, то он ответил, что он не может пойти против своей совести, потому что совесть его – пленница слова Божьего. То есть он не мог пойти против слова божьего, а Бог явно выше человека. По сути дела, между Богом и человеком Мартин Лютер ставит свою собственную совесть, но, учитывая теперь, что эта совесть принадлежит самому человеку, то право на правильное решение предоставляется именно самому человеку. Человек как бы освобождается от Папы Римского, от постороннего. Такое освобождение надо рассматривать через призму того, что происходило в это время в Европе.

А именно новая социальная группа – буржуазия, которая старалась развить новое производство, сталкивалась с властью феодалов, то есть феодалы, стоящие у власти, тормозили развитие капиталистического производства. Нужно было как-то освободиться от этой власти феодалов. А эти феодалы слились с католической церковью, поэтому освобождение от феодализма было невозможно без освобождения от власти католической религии. Поэтому освобождение от католицизма как чисто религиозный вопрос, религиозный процесс рассматривался буржуазией как вопрос, который непосредственно связан с их проблемой, а именно с освобождением от власти феодализма. Поэтому молодая буржуазия, то есть новый класс, который возникал в Западной Европе, с воодушевлением поддержал деятельность Мартина Лютера. Позднее даже вышла работа, написанная Максом Вебером, немецким ученым, которая называлась «Протестантская этика и дух капитализма». В этой работе Макс Вебер – он жил в то время, когда параллельно осуществлял свою деятельность Карл Маркс – показал, что развитие капитализма в Западной Европе невозможно было без по-

явления протестантизма. В то время как Карл Маркс показывал, что развитие капитализма – есть объективный процесс, независимый от каких-либо духовных факторов, это чисто экономический процесс, связанный с материальными потребностями человека.

Каков итог этого протестантизма, который получил распространение в Западной Европе? Все попытки католической церкви уничтожить протестантизм на корню и заставить Мартина Лютера отказаться от своих идей оказались безуспешными. Мартин Лютер отвечал категорично и безапелляционно: «На том стою и не могу иначе». Вероятно, для Мартина Лютера это все закончилось бы плачевно, если бы социальные силы в Германии, Западной Европе и других странах не поддержали его учение. Считается, что 1517 год – дата рождения протестантской ветви христианства, которая получила всемирное распространение.

Другим итогом является то, что теперь главной ценностью в Западной Европе становится индивидуализм. То есть, если скажем, вы хотите найти правильное решение той или иной проблемы, которая у вас возникает, то вы можете обращаться к своей собственной совести, но при этом иметь в виду, что через вашу совесть говорит Бог. И тогда вроде бы вы остаетесь религиозным человеком, вы почитаете Библию, но ваша совесть подсказывает вам правильные поступки, решения. То есть вы не обращаетесь ни к какой внешней силе: ни к королю, ни к папе Римскому, ни к какому внешнему воздействию: ни к мифологии, ни к религии, а лишь обращаетесь к самому себе. Это и есть индивидуализм. И этот индивидуализм становится самой центральной, самой главной характерной чертой развития западноевропейской культуры. Его развитие невозможно без отказа от тех людей, которые считались авторитетными и к которым нужно было прислушиваться. Здесь имеется в виду прежде всего глава католической церкви. То есть индивидуализм и отказ от авторитетов – есть одно и то же.

По учению Мартина Лютера, существует два мира: на земле и на небе (божественный мир). Лютер утверждал, что на Земле каждый правитель (он

имел в виду короля) – властелин, потому что имеет государственную власть, без которой невозможно стабильное развитие государства. Но если вы коснетесь божественного мира, то король, который действует в земном мире от имени этого Бога, является обычным человеком, таким же, как и все остальные. С этой мыслью, конечно же, не мог согласиться ни один король. Почему? Потому что каждый король считает себя властелином, он хотел бы оставаться властелином не только на Земле, но и в божественном мире, скажем, после смерти. Мартин Лютер же своим учением подводил к выводу, что ничего подобного нет. После смерти человека даже король занимает такое же положение, как и все остальные люди. Это мысль, конечно же, вряд ли могла понравиться папе Римскому, королям, которые считали классовое различие в обществе неприкасаемым условием самой жизни.

Если сравнить такое воззрение, например, с воззрениями Аристотеля, то есть определенная параллель. Аристотель также делит мир на две области: одна называется подлунным миром и весь этот подлунный мир является земным миром: здесь все течет, изменяется, здесь нет ничего вечного, все находится во времени. За сферой Луны начинается сфера Солнца, сфера пяти планет, небосвод и т.д., и все это заполнено божественным эфиром, это божественный мир, который принципиально отличается от земного мира. Самый главный признак для этого отличия – вопрос о бессмертии: все божественное – нерушимое, вечное и бессмертное; все земное – текучее, изменчивое, смертное. Поэтому мы можем сказать, что эта концепция Мартина Лютера является продолжением концепции Аристотеля.

Что происходит в дальнейшем, когда протестантская вера распространяется уже во все «поры» человеческой жизни, социальной, хозяйственной? Теперь уже люди строят другие церкви, протестантские, которые отличаются от католических церквей. Если, скажем, вы зайдете в католическую церковь, то вас будет поражать богатство, золото, красота, пышность, в то время как в протестантской церкви вы увидите, что там все очень скромно, нет пышности,

можно даже устроить рок-концерт, лекцию. Протестантская церковь как бы ближе к обычному человеку, обычной жизни, обычным людям, в то время как католическая церковь пытается подчеркнуть, что жизнь обычных людей и обычная жизнь – что-то второстепенное. И если католичество в ходе истории Средних веков использовало физическое насилие в борьбе с теми, кто отказывался от веры, от способов, этики католичества, для этого была создана инквизиция, то в то же время Мартин Лютер считал, что с теми, кто отказывается принимать протестантизм, предлагал бороться убеждением и критикой. То есть вы не должны применять физическое насилие, а должны логикой, разумом убеждать людей в правильности того или иного положения в библии или того или иного положения, связанного с объяснениями того, что происходит в мире.

В связи с этим возникает два течения протестантизма: магистральная реформация и радикальная реформация. Они легко отличаются друг от друга по отношению к государству. Мартин Лютер, с одной стороны, хотел добиться независимости, но эта независимость, однако, в отношении государства не была проведена радикально. То есть он считал, что протестантская церковь должна существовать вместе с государством и не противоречить ему. Все, что происходит на уровне государственного правления, должно находиться в гармонии с протестантской верой. Протестантская церковь должна помогать государству управлять народом, а государство должно принимать протестантскую религию, чтобы осуществлять свои реформы.

Радикальная реформация идет дальше. Ее сторонников называют анабаптистами. Они предполагают полное отделение протестантской религии от государства и создания на основе своего собственного варианта учения библии своих собственных анабаптистских коммун. Естественно, что государственному аппарату управления это не нравилось, потому что, если задача государственного аппарата – создавать законы, которые стабилизируют процессы, происходящие в государстве, то анабаптисты считали, что эти законы со стороны органов государственного управления можно игнорировать. И если они противоре-

чат их интерпретации библии, то тогда нужно создавать свою собственную независимую коммуны и жить по этим собственным законам. Это плохо для любого государства, поскольку у каждого государства есть внешние враги, и для того чтобы противостоять внешним врагам, нужно, чтобы государство было сплоченным. Поэтому радикальные анабаптисты подвергались гонениям.

Но радикальная формация критиковала самого Лютера, потому что они считали, что он непоследовательный, противоречит сам себе. Подобные противоречия, которые возникали в связи с развитием идей Мартина Лютера, выразились в крестьянском восстании, которое произошло в Германии в начале 16 века и которое было очень кровопролитным, поскольку в результате этого восстания погибло, по подсчетам историков, более 100 тысяч человек. Одним из предводителей такого восстания был Томас Мюнцер, который рассматривался как значимая фигура для немецкой истории.

Восстание происходило во время жизни самого Мартина Лютера, но он не поддержал это восстание крестьян, потому что он был представителем магистральной реформации, согласно которой нужно подчиняться государству и протестантской церкви. Центральная идея Мартина Лютера: оправдывается все то, что тебе говорит собственная совесть. Именно это положение и использовал Томас Мюнцер, который утверждал через идею Лютера, что Бог прямо через свое слово вдохновил его и остальных крестьян на протест.

В 1526 году восстание закончилось, оно было полностью подавлено с противоречивым исходом: в некоторых германских княжествах эксплуатация усугубилась, в других – стала более приемлемой для их существования. Но в целом, восстание повлияло на дальнейшую историю, ведь стало понятно, что есть предел использования людей для своего богатства, своей жизни и что надо учитывать положение класса, используемого для создания такого богатства. Это то, что Карл Маркс назовет классовой борьбой.

УДК 93.94

Т. Э. ИБАЕВА

tatyanaibaeva@yandex.ru

Науч. руковод. – д-р ист. наук, проф. Р. А. ХАЗИЕВ

Башкирский государственный университет

СОВЕТСКАЯ МОЛОДЕЖЬ В ЭПОХУ ХРУЩЕВСКОЙ «ОТТЕПЕЛИ»

Аннотация. В статье рассматривается общественно-политическая активность советской молодежи в эпоху хрущевской «оттепели» конца 1950-х – начала 1960-х гг.

Ключевые слова: советская молодежь; хрущевская «оттепель»; Всемирный фестиваль молодежи и студентов 1957 года; либерализация культурной жизни.

Первое послесталинское десятилетие вошло в историю как хрущевская «оттепель» – эпоха ограниченной свободы, которая не только оказала позитивное воздействие на улучшение отдельных сторон социально-хозяйственной жизни советского человека [1], но и положила начало даже подпольному предпринимательству [2]. Хрущевская «оттепель» в значительной степени трансформировала и культурную жизнь советской молодежи. Неформальные контакты, возникшие между представителями «капиталистического» и «коммунистического» миров в годы Второй мировой войны, способствовали частичному «размыванию» идеологического монолита. Прежде всего советских людей поражали одежда, патефоны, радиоприемники, музыкальные инструменты, автомобили «загнивающего империализма», попадавшие в СССР в том числе и по ленд-лизу и явно превосходившие по качеству отечественные аналоги [3]. С целью нейтрализации «культурного шока», возникавшего у отдельной части «советских граждан», в конце 1940-х гг. началась целенаправленная борьба с «тлетворным» влиянием капиталистического мира, что привело к установлению «железного занавеса» и приостановило до начала «оттепели» проникновение в СССР «ценностей» западного общества [4].

Раскрепощающее воздействие на советскую молодежь оказали два значимых события эпохи «оттепели» – XX съезд КПСС и Всемирный фестиваль молодежи и студентов. Проходивший в Москве с 28 июля по 11 августа 1957

года фестиваль, призванный показать всему миру открытость, миролюбие и демократичность Советского Союза, оказал существенное влияние на умы советской молодежи, которую поражал не только внешний вид иностранных сверстников, но и их мировоззрение, существенно отличавшиеся от советского понимания миропорядка. «Строители коммунизма» обнаружили для себя другой, невиданный мир – с джинсами и джазом. Двухнедельный фестиваль объединил молодежь из разных стран: проходили неформальные встречи в центре Москвы, на Манежной площади, у здания Моссовета и памятника А.С. Пушкину. Также проводились дискуссии на неполитические темы. Советская молодежь получила первый опыт свободного общения, первые уроки демократии, первый опыт преодоления страха [5]. По мнению известного советского и российского саксофониста А.С. Козлова, фестиваль 1957 года стал первым мощным толчком краха советской системы, после данного мероприятия процесс разложения коммунистического общества уже сделался необратимым [6].

Всемирный фестиваль молодежи и студентов в Москве позволил советским людям воочию увидеть, что, собственно, представляют собой иностранцы и как устроена их жизнь. Помимо этого, после 1957 г. в Западную и Восточную Европу стали выезжать различные советские делегации, состоявшие и из «идеологически подкованной» молодежи. Однако среди выезжавших за границу были и те, кто в силу ярких и незабываемых впечатлений, полученных от поездки на «запад», становились затем явными или «кухонными» диссидентами. Кроме того, в годы хрущевской «оттепели» в Советский Союз значительно увеличился поток «интуристов». В начале 1960-х гг. Москва являлась излюбленным туристическим местом для многих граждан зарубежных государств. За годы хрущевской «оттепели» в СССР были проведены 72 иностранные выставки, в советский прокат было выпущено множество иностранных фильмов, также с гастрольями в страну стали приезжать зарубежные артисты [7]. Таким образом, расширение и укрепление международных отношений в конце 1950-х – начале 1960-х гг. между СССР и странами НАТО позволили советской молодежи

жи познакомиться с ценностными ориентирами зарубежных сверстников и узнать «из первых рук», как в принципе устроен «капиталистический мир».

Значительное влияние на трансформацию сознания советской молодежи оказала массовая реабилитация, благодаря которой вернулись из заключения десятки тысяч узников ГУЛАГа. Некоторые из бывших репрессированных и освобожденных «на волю», рассказывая об ужасах пережитого, невольно расшатывали, в том числе, и в молодежной среде, устоявшееся социалистическое мировоззрение. На настроение некоторой части советской молодежи оказывала воздействие и западная «культурная продукция»: книги, открытки по искусству, религиозная литература, музыка, радиопередачи. В 1959 году на территорию СССР вещали до 15 иностранных радиочастот. Самым популярным у молодежи был «Голос Америки», «говоривший» до 18 часов в сутки на девяти национальных языках народов СССР [8].

В период хрущевской «оттепели» часть советской молодежи, творчески и духовно раскрепостившись, не проявляла прежнего стремления беспрекословно следовать нормам социалистического образа жизни. Молодые люди, отдалявшиеся от коммунистических ценностей и не желавшие исповедовать советскую идеологию, проявляя настойчивое желание познакомиться с культурными достижениями зарубежных государств, как расширяли свой кругозор, так и в определенной степени способствовали распространению в своей среде культурных правил, подрывавших коммунистические идеалы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хазиев Р. А. Башкирия – Башкортостан (1919-2019): сто лет исторического пути // Башкортостан. Вехи истории. 1919–2019. Уфа: Китап, 2019. С. 20-22.
2. Хазиев Р. А. Подпольное обогащение в эпоху Н. С. Хрущёва // Ресурсный потенциал региона на службе Отечеству: к 100-летию Удмуртской Республики и 75-летию Победы в Великой Отечественной войне»: сборник статей. Ижевск: Издательский центр «Удмуртский университет», 2020. С. 290-294.
3. Грицай В. В. Общественно-политическая жизнь в СССР в период «оттепели» и ее влияние на советскую молодежь // Вестник Краснодарского университета МВД России. 2015. № 1(27). С. 11-15.
4. Бокова Я. М. Культурное влияние Запада на мировосприятие советской молодежи в период десятилетия // История и археология: материалы III Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, декабрь 2015 г. С-Пб: Свое издательство, 2015. С. 20-23.

5. Аксютин Ю. В. Хрущевская "оттепель" и общественные настроения в СССР в 1953-1964 гг. М.: РОССПЭН, 2004. 486 с.
6. Козлов А. С. Козел на саксе – и так всю жизнь... М.: Вагриус, 1998. 443 с.
7. Культура и власть от Сталина до Горбачева. М.: РОССПЭН, 1998. 808 с.
8. Грицай В. В. Основные тенденции развития государственной политики в отношении советской молодежи и проявления неформальной культуры в ее среде в первое военное десятилетие // Общество и право. 2015. № 1(51). С. 25-29.

УДК 159.9.016

А. Р. МАГАДЕЕВ

magadeevazat379@gmail.com

Науч. руковод. – д-р ист. наук, проф. Р. А. ХАЗИЕВ

Башкирский государственный университет

НОВЕЙШАЯ ОТЕЧЕСТВЕННАЯ ИСТОРИОГРАФИЯ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СОВНАРХОЗОВ В ГОДЫ ХРУЩЕВСКОЙ «ОТТЕПЕЛИ»

Аннотация. В статье анализируются отдельные новейшие историографические источники отечественных ученых о деятельности совнархозов в годы хрущевской «оттепели».

Ключевые слова: новейшая отечественная историография; совнархозы; хрущевская «оттепель».

Период хрущевской «оттепели» известен в истории Советского Союза не только полетом первого человека в космос, освоением целины, Карибским кризисом 1962 года, существенным ростом промышленного потенциала в регионах [1], началом теневых проявлений в экономике [2], но также и реформой совнархозов, положившей начало оптимизации управления народным хозяйством страны. Деятельность совнархозов в эпоху Н.С. Хрущева привлекает внимание многих современных отечественных историков, так как анализ деятельности советов народного хозяйства позволяет сделать выводы не только об эффективности системы государственного управления экономики, но и в целом о результативности плановой социалистической экономики. Новейшая отечественная историография, посвященная вопросу деятельности совнархозов в годы хрущевской «оттепели», отличается прежде всего переосмыслением устоявшихся историографических взглядов. В 2011 году была издана монография Е.В. Демичева, в которой рассматривается деятельность совнархозов в конце 1950-х – начале 1960 гг. [3]. Автор, тщательно проанализировав разнообразные историографические источники, а также введя в оборот новые материалы, обратил внимание на положительную роль совнархозов, но вместе с тем подчеркнул ограниченность их деятельности в индустриальном развитии тех регионов, в которых они находились. Помимо деятельности совнархозов Московского и

Южного Уральского регионов, Е.В. Демичев изучил особенности функционирования советов народного хозяйства Восточной Сибири, которые, по мнению автора, сыграли положительную роль в индустриальном развитии Сибири. Мерцаловым В.И.[4], Хромовым Е.А.[5], Ведерниковым А.В.[6] анализировалась деятельность совнархозов в ходе реализации в 1957-1965 гг. реформы управления промышленностью и строительством. Вопросам функционирования совнархозов в конце 1950-х – начале 1960-х гг. посвящены и диссертационные исследования. Так, В.Л. Дрындин внес значительный вклад в изучение деятельности совнархозов Центра и Южного Урала [7]. Исследователь В.И. Мерцалов определил основные тенденции в развитии совнархозов Восточной Сибири, также выявил предпосылки, ход и итоги реформы хозяйственного управления в годы хрущевской «оттепели» [8]. На современном этапе в отечественной историографии акцент делается на изучении деятельности региональных совнархозов. С.И. Подольский и А.Ю. Давыдов, рассматривая деятельность Ленинградского совета народного хозяйства, раскрывают его роль в строительной промышленности, жилищном строительстве и производстве товаров широкого потребления, а также доказывают, что вполне оправдала себя экономическая стратегия Н.С. Хрущева по замене отраслевого принципа хозяйственного управления территориальным [9]. Историки считают, что главной причиной ликвидации совнархозов является желание советского высшего руководства сохранить жесткую централизованную систему управления экономикой. А.С. Минеев и К.Н. Сануков, впервые введя в научный оборот значительный массив документов, который был извлечен из региональных и центральных архивов, рассмотрели процесс становления и развития советов народного хозяйства в Чувашской и Марийской АССР, также изучив их структуру, функции и кадровый состав [10]. Объектом исследования Павлюкевича Р.В. стал Красноярский совнархоз, а также выяснение его роли в интенсификации работы предприятий цветной и черной металлургии региона [11]. Исследование Бурятского совнар-

хоза и определение его вклада в развитие производственных мощностей края было проведено Протасовым Е.Т. [12].

Проведенный историографический анализ отдельных научных публикаций, авторы которых целенаправленно анализировали деятельность совнархозов в годы хрущевской «оттепели», позволяет сделать вывод о том, что в последнее десятилетие российскими историками проделана значительная работа по рассмотрению вопроса функционирования советов народного хозяйства в середине XX века, но исследование данной темы требует дальнейшего изучения как на общероссийском, так и на региональном уровне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хазиев Р. А. Башкирия – Башкортостан (1919-2019): сто лет исторического пути // Башкортостан. Вехи истории. 1919–2019. Уфа: Китап, 2019. С. 20-22.
2. Хазиев Р. А. Подпольное обогащение в эпоху Н. С. Хрущёва // Ресурсный потенциал региона на службе Отечеству: к 100-летию Удмуртской Республики и 75-летию Победы в Великой Отечественной войне»: сборник статей. Ижевск: Издательский центр «Удмуртский университет», 2020. С. 290-294.
3. Демичев Е. В. Реформа управления промышленностью и строительством 1957-1965 гг. в контексте специфики Отечественной истории. М.: РОССПЭН, 2011. 295 с.
4. Мерцалов В. И. Эволюция совнархозовской реформы 1957–1965 гг. И вопросы районирования в Восточной Сибири // Известия Иркутского государственного университета. Серия: История. 2013. № 1. С. 86-100.
5. Хромов Е. А. Реформа управления промышленностью и строительством 1957–1965 гг.: восприятие региональных властей // Историко-экономические исследования. 2011. Т. 12. №1. С. 93-102.
6. Ведерников А. В. Реформы Н.С. Хрущева в области управления народным хозяйством СССР в 1957–1964 гг. // Международный научноисследовательский журнал. 2013. № 8-1 (15). С. 123-125.
7. Дрындин В. Л. Попытки реформирования аграрной и промышленных сфер РФ (1953–1964 гг.) в контексте специфики отечественной истории: дис. ... д-ра. ист. наук. Оренбург, 2004. 464 с.
8. Мерцалов В. И. Реформа управления промышленностью и строительством 1957–1965 гг. (на материалах Восточной Сибири): дис. ... д-ра ист. наук: 07.00.02. Иркутск, 2001. 471 с.
9. Подольский С. И., Давыдов А. Ю. Система совнархозов является безусловно прогрессивной: из истории Ленинградского совета народного хозяйства (1957-1966 годы) // Новый исторический вестник. 2016. С. 80-89.
10. Минеев А. И., Сануков К. Н. Опыт формирования и развития советов народного хозяйства в РСФСР в 1950–1960-е годы (на материалах Чувашской и Марийской автономий) // Вестник Чувашского университета. 2015. № 2. С. 84-88.
11. Павлюкевич Р. В. Деятельность Красноярского совнархоза по развитию черной, цветной металлургии (1957–1965 гг.) // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2015. № 4. С. 228-235.
12. Протасов Е. Т. Особенности государственного управления экономикой Бурятии в 1950–1960-е гг. // Вестник Томского государственного университета. История. 2018. № 51. С. 74-80.

Д. А. МАРОВ, А. И. НУРИАХМЕТОВ

marovdiimon88@gmail.com, arturn715@gmail.com

Науч. руковод. – канд. филос. наук, доц. З. А. ХАЗИЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ПРОБЛЕМА БЫТИЯ СОВРЕМЕННОГО ЧЕЛОВЕКА

Аннотация. В статье поэтапно рассмотрены тезисы, сформулированные всемирно-известными философами, на их основе формулируется модель современного восприятия представленной ранее проблемы. Проведено сравнение между разными точками зрения в разные промежутки времени, в результате которого сформулировано единое мнение.

Ключевые слова: философия; экзистенциализм; бытие; жизнь; смерть; социум.

На протяжении всей своей жизни люди занимались самопознанием в поисках ответа на вопрос: «Что есть бытие?». Само понятие «бытие» относит нас к понятиям существования, сущего и чего-то идеального. Понимание этого «идеального» у философов было различно, так же как и понимание того, кто есть человек.

Приведем некоторые примеры из философии известнейших философов:

1) Блез Паскаль воспринимает бытие человека как затерянность «в глухом углу, в чулане Вселенной» - в зримом мире, как балансирование на грани двух бездн - бездны бесконечности и бездны небытия. Сам человек по сравнению с бесконечностью, по мнению Паскаля, является “средним между всем и ничем”.

2) И. Кант считал, что человеческое существование является его постоянное нахождение в практическом опыте, рожденном на стыке чувств человека и его мыслительной деятельности, сознания.

3) С. Кьеркегор описывает бытие человека в три стадии: «эстетическая», «этическая» и «религиозная». В первой стадии человек предстает существом, которое хочет наслаждаться жизнью, получать «мгновенное» удовольствие, для этого существа не существует моральных норм, существует лишь жажда удовольствия. Во второй стадии человек обретает определенные моральные нормы и ценности, признает существование Бога. Эта стадия идет в противовес первой

стадии. Третья стадия представляет из себя нечто новое, противопоставляется первой и второй, связана с «подлинным существованием» человека. Поскольку, как считает философ, только вера ведет к правильной жизни, к абсолютной свободе, которая ограничивается лишь ответственностью перед Богом.

Понимание смерти. Смерть является прекращением жизни и всегда рассматривалась как способ прояснить ее ценность и осознанию того, что она неповторима. Человек на протяжении всей своей жизни задается вопросами: «Что есть смерть?» и «Существует ли бессмертие?». С быстрым и бурным темпом технологических прогрессов в сфере медицины эти вопросы приобретают уже другой характер, что в свою очередь влияет на восприятие смерти со стороны среднестатистического человека.

С точки зрения древнегреческого философа Сократа, смерть является неким освобождением. То есть Сократ считает, что тело лишь обременяет человека, не дает ему заниматься чем-то поистине важным. Тело же - смертно, человеческий разум после смерти продолжает существовать и созавать мир в своем истинном виде.

Не менее интересным является мнение Эпикура. Он утверждал, что поскольку душа, как и тело человека, смертна, то после смерти она рассеивается, что означает, что смерть в итоге есть ничто. Если перефразировать его слова, то получится, что когда «Я» существует, смерть не существует, когда «Я» не существует, то есть умирает, смерть существует, где «Я» - и есть сам человек. Из чего следует вывод, что не следует бояться или ждать смерти, ведь когда она наступит, человек уже не будет ничего воспринимать.

В XX-ом веке известнейшие философы Жан-Поль Сартр и Альбер Камю считали смерть воплощением абсолютного абсурда. Ведь если бы каждый человек мог самостоятельно определить момент своей смерти, или же, если бы этот момент был заранее предписан, то смерть являлась бы логичным завершением, а не случайным концом. Отсюда следует, что существование человека

протекает в постоянном страхе перед смертью. Откуда можно сделать вывод, что само рождение человека, как таковое, является «абсурдным».

Наряду с вопросами о смерти и бессмертии, поднимается вопрос о том, стоит ли жизнь того, чтобы ее прожить. Альбер Камю утверждал, что возможность самоубийства – это то, что отличает человека от животных, ибо она связана с осознанием и с выбором, а Габриэль Марсель видел в нем начальную точку любого подлинно метафизического мышления. Самоубийство связывалось даже с человеческим достоинством – Камю считал, что суть вопроса заключается в том, чтобы «стать хозяином собственной смерти». Проблема суицида воспринимается в современном обществе крайне остро, но тем не менее поднимается все чаще. Зачастую именно неудавшиеся социальные взаимодействия приводят к суицидальным последствиям; человек становится заложником собственных проблем, из-за которых у него и появляются мысли о «ложном спасении» - самоубийстве, в таком случае человек ничем не отличается от «барана, которого ведут на убой». Человек, постигший понимание своей смертности, свободный от внешних воздействий, приближается к понятию «абсолютная свобода» - полной свободе выбора.

Насколько свободна "абсолютная свобода" в повседневном понимании (социальное влияние на свободу). Термин “абсолютная свобода” является олицетворением полной независимости воли субъекта в условиях осознания законов развития природы и общества.

Стоит подметить, что понятие “абсолютная свобода” в чистом и первоначальном понимании не может существовать в современном обществе. Социум вносит мнимые рамки, выход за которые карается социальным порицанием или же ответственностью перед законом. Да, в определенных границах можно делать все что угодно, но при таком раскладе понятие “абсолют” утрачивает свою значимость.

Грубо говоря, абсолют представляет собой абстракцию, но свобода не может быть абстрактной априори. Свобода исключительно конкретна, соотно-

сима с определенной ситуацией. Из этого следует мысль, что понятие свободы относительно. Если при одних условиях ограничение свободы есть не более чем притеснение, то в другой ситуации это единственный путь к расширению возможностей человека.

Как было подмечено ранее, абсолютная свобода не может существовать в первоначальной форме, ибо человек так или иначе останется в мнимом плену. Однако можно подметить, что существует “добровольное рабство”, если, конечно, данное явление можно обозначить именно так. Можно привести множество ситуаций, в которых человек оказывается в своего рода плену, но при этом не пытается обрести свободу, поскольку именно в таком состоянии чувствует себя “настоящим человеком”. Ярким примером является любовь, которую иногда называют “сладким пленом”.

Другими словами, человек способен обрести достаточную свободу, дабы выйти из-под грифа “презренного рабства”. Но при всем при этом, совсем не обязательно стремиться к иллюзорному (фиктивному) абсолюту. Ключевые мыслители прошлых веков неоднократно пытались определить приемлемые границы свободы личности. Определенность же, в этом вопросе, не появилась и по сей день...

Подытоживая можно с точностью сказать, что современный человек в первую очередь существо социальное, существо свободное, способное самостоятельно, без воздействия “сил свыше”, определять смысл собственного существования. Существо, которое ставит во главу свои собственные страхи и проблемы, существо, которое, несмотря на страх смерти, старается взять от нее по максимуму.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кьеркегор С. Наслаждение и долг. Сборник. 1994. — 512 с.
2. Камю А. Бунтующий человек. — Политиздат, 1990. — С. — 415 с.
3. Бердяев Н. Сартр и судьба экзистенциализма. Изд-во Русского Христианского гуманитарного института, 1996. — 371 с.
4. Гулыга А. В. Немецкая классическая философия. — Москва: Мысль, 1986. — 334 с.
5. Филиппов М. М. Паскаль, его жизнь и научно-философская деятельность. — Санкт-Петербург, 1891. — 78 с.

К. А. МАШКАНЦЕВ

kirillmashkantsev@gmail.com

Науч. руковод. – д-р ист. наук, проф. М. А. ФИЛИМОНОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ИСТОРИЯ ПАРЛАМЕНТАРИЗМА В БАШКОРТОСТАНЕ

Аннотация. В статье рассматриваются основные этапы становления и развития парламентаризма в Республике Башкортостан.

Ключевые слова: парламентаризм; народные собрания (курултай); Всебашкирские курултай; Верховный Совет Башкирской АССР; Государственное Собрание – Курултай Республики Башкортостан.

Парламентаризм – это система политической организации государства, при которой четко разграничены функции законодательной и исполнительной властей и обеспечивается ведущая роли парламента в целях утверждения отношений социальной справедливости. Парламент является представительным органом, или институтом представительной власти.

История становления и развития парламентаризма в Башкортостане насчитывает много веков. Общественная жизнь башкир, их производственная деятельность были непосредственно связаны с реализацией демократического принципа решения наиболее главных проблем общественно-политической и экономической жизни на народных собраниях (курултаях), где всесторонне обсуждались вопросы общественного управления, войны и мира, формирования союзов племен, владения земельными наделами и другие важные вопросы.

Традиционным демократическим институтом народного представительства всего башкирского народа являлись Всебашкирские курултай, в работе которых участвовали все совершеннолетние мужчины. Известно, что курултай традиционно проводились на горе Сиснактау, расположенной в нескольких километрах от города Уфы. Особые полномочия на этих собраниях имел Совет аксакалов, который на основе соблюдения народных традиций и обычаев, внимательного изучения сущности и содержания каждого обсуждаемого во-

проса, а также обмена мнениями, выносил решения, которые являлись обязательными для всех членов рода. Эти и некоторые другие формы реализации представительской функции, выражения и соблюдения интересов населения являлись неформальными. Однако в жизни башкирского общества они сохранялись до конца XVII века.

После Февральской буржуазно-демократической революции в Башкортостане укрепляется движение с целью национального самоопределения башкирского народа. 20–27 июля 1917 г. в Оренбурге работал I Всебашкирский курултай (съезд), где участвовали представители от Уфимской, Оренбургской, Пермской, Челябинской и Самарской губерний. На Курултае были рассмотрены проблемы определения формы государственного устройства России и управления башкирским краем, формирования башкирского войска и отношения к войне, организации учебно-педагогической сферы общественной жизни, женский вопрос, а также вопросы создания органов управления на местах. Съезд избрал Башкирское областное (центральное) шуро (совет) в составе шести человек во главе с Ш. Манатовым.

II Башкирский курултай проходил в Уфе 25–29 августа 1917 г. с участием около 100 делегатов. Он обсудил вопросы государственного устройства России, национальной автономии башкир, управления Башкирией, выборов в Учредительное собрание, избранный состав Башкирского областного шуро в составе 12 человек, председателем которого стал Ш. Манатов, заместителем председателя А. Валидов.

8–20 декабря 1917 г. в Оренбурге состоялся Всебашкирский учредительный курултай, на котором рассматривались вопросы, касающиеся автономии Башкирии в пределах 9 кантонов (в Малой Башкирии), утверждения решения Башкирского областного шуро от 16 ноября 1917 г. о провозглашении Башкирской автономии. Наряду с образованием представительных и исполнительных органов была проведена значительная работа по определению основ взаимодействия с органами государственного управления России. К сфере ведения

республики были отнесены вопросы обеспечения общественной безопасности, сбора и расходования налогов, суда, формирования вооруженных сил, народного образования, распоряжение капиталами, землей, недрами. Для исполнения принятых решений было избрано правительство Башкортостана.

21 февраля 1919 года в селе Темясово Верхнеуральского уезда Оренбургской губернии состоялся I Всебашкирский военный съезд при участии членов шуро и правительства Башкортостана. Был избран Временный революционный комитет Башкирской Советской Республики (Башревком), которому передана вся полнота государственной власти на территории Малой Башкирии. Председателем Башревкома стал А. Валидов.

17 марта 1919 г. наркомом по делам национальностей Правительства России И. Сталиным и представителями Башкортостана М. Кулаевым, М. Халиковым и А. Бикбавовым было подписано Соглашение между центральной советской властью и Башкортостаном. 20 марта договор был утвержден на заседаниях Совета Народных Комиссаров РСФСР и Всероссийского Центрального Исполнительного Комитета. В результате историческим фактом стало оформление договорных отношений Башкортостана и России. Это событие стало судьбоносным для становления России как федеративного государства.

В становлении парламентаризма в Башкортостане большое значение имели I–X съезды Советов Башкирской АССР, состоявшиеся в 1920–1937 гг., на которых основное внимание уделялось совершенствованию системы государственной власти, порядка принятия и реализации политических решений при верховенстве партийных органов, решению вопросов индустриализации, коллективизации сельского хозяйства, проведения земельной реформы, утверждения нового административно-территориального деления Башкирской АССР.

Особенно значимой является деятельность X Чрезвычайного Всебашкирского съезда Советов, состоявшегося 20–24 июля 1937 г., который рассмотрел вопросы принятия Конституции Башкирской АССР. Согласно ее положениям, политической основой БАССР являлись Советы депутатов трудящихся. В Кон-

ституции были закреплены основные нормы государственного строительства, закреплены права республики, компетенция, порядок выборов и структура высших органов государственной власти – Верховного Совета и Совета Народных Комиссаров БАССР, утверждены государственный герб, флаг и столица автономного государства.

26 июня 1938 г. состоялись первые выборы в Верховный Совет Башкирской АССР, который был однопалатным. Сессии Верховного Совета созывались 2 раза в год. К его полномочиям относилось: принятие Конституции, принятие решений по вопросам государственно-национального устройства, установление порядка организации и деятельности республиканских местных органов государственной власти и т. д.

Верховный Совет выполнял свои функции до избрания в 1995 г. Государственного Собрания – Курултая Республики Башкортостан, полномочия которого определены Конституцией Республики Башкортостан, принятой 24 декабря 1993 г.

Государственное Собрание первого – второго созывов (1995–2003 гг.) избиралось на 4 года и состояло из Законодательной палаты и Палаты представителей. Законодательная палата, в которую входили 30 депутатов, работала на постоянной основе. Палата представителей (142 депутата) собиралась по мере необходимости, но не реже четырех раз в год.

С 2003 г. Государственное Собрание – Курултай Республики Башкортостан избирается на 5 лет и является однопалатным. Оно состоит из 120 депутатов, из них 25 работают на профессиональной постоянной основе.

Государственное Собрание стало парламентским органом, сформированным в соответствии с нормами новой Конституции, действующим на основе реализации принципа разделения и взаимного сдерживания ветвей государственной власти. За прошедшие годы сложились парламентские традиции, которые наряду с правовыми нормами определяют порядок деятельности высшего законодательного (представительного) органа государственной власти Рес-

публики Башкортостан, его взаимоотношения с другими государственными органами.

В настоящее время Государственное Собрание – Курултай является неотъемлемым элементом и важнейшей составляющей политико-властной системы Республики Башкортостан, определяющей качественный уровень развития парламентаризма, формирования и осуществления подлинно парламентских традиций в Башкортостане. Парламент играет одну из ведущих ролей в процессе подготовки и принятия важнейших политико-правовых решений, реализации общественно значимых целей и приоритетов. Парламент Башкортостана внес и продолжает вносить неоценимый вклад в развитие демократии в Республике Башкортостан, становление подлинных парламентских традиций, а также развитие федеративных отношений в Российской Федерации.

Таким образом, парламентаризм в Башкортостане имеет многолетнюю историю. Он берет начало на народных собраниях (курултаях), Всебашкирских курултаях (съездах), получил дальнейшее развитие в деятельности Верховного Совета Башкирской АССР и современного Государственного Собрания – Курултая Республики Башкортостан.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бердников А.В. Становление парламентаризма в Республике Башкортостан // Вестник Уфимского юридического института. 2008. № 1. С. 26–28.
2. Касимов С.Ф. Автономия Башкортостана: становление национальной государственности башкирского народа (1917–1925 гг.). Уфа, 1997.
3. Парламентаризм в Башкортостане: история и современность. Документы и материалы / Сост. В.Г. Азнагулов, З.Г. Хамитова. В 2-х кн. Уфа, 2005.

УДК 008.2:130.2

Д. А. САДРИЕВ

sadriev.54hh@mail.ru

Науч. руковод. – ст. преп. Э. Ф. АБДРАХИМОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ЗНАЧЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ПЕТРА ВЕЛИКОГО ДЛЯ ИСТОРИИ РОССИИ

Аннотация. В данной работе рассматриваются основные внешние и внутренние реформы Петра I, которых за целых сорок три года правления накопилось достаточно, чтобы можно было здраво рассуждать о действиях царя в конце 17 - начале 18 столетий.

Ключевые слова: реформы; значение преобразований, модернизация, образование.

Петр I был человеком наблюдательным, впечатлительным, деятельным, обладал независимым характером, поэтому, наверное, у него было большое желание все модернизировать. Особую роль сыграло знакомство с достижениями высокоразвитой Европой, это побудило Петра начать незамедлительное коренное преобразование российского государства. Он правильно определил основные прорывные направления для прогрессивного развития общества. Однако, «Европа, писал он, - нужна нам только на несколько десятков лет. А после того мы обернемся к ней задом» [4, с.180].

Великое посольство – предпринятая царем Петром в 1697-1698 году дипломатическая миссия[2]. Основной целью путешествия был поиск союзников для ведения войны с Османской империей. К другим целям относились: Повышение престижа России в мире. Налаживание политических и экономических связей в Европе. Получение новых знаний и технологий. Поиск наставников для развития российской экономики, промышленности, кораблестроения и пр. Заключение договора против Швеции. Делегация побывала в Лифляндии, Голландии, Англии, Австрии. Присоединиться к России для борьбы со Швецией согласилась Дания, Польша, Саксония и несколько германских княжеств.

В 1690-е Император общался с иностранцами в Немецкой Слободе, строил флот на Плещеевом озере, на Белом море, в Дединово под Луховицами. По-

сле Великого посольства Петр провел процесс над участниками стрелецкого бунта в Москве, начал вводить бритье бород и ношение иностранной одежды, объявил первый рекрутский набор, создал вместо Боярской Думы Ближнюю канцелярию и провел реформу календаря. Вместо 7208 года от сотворения мира царским указом был объявлен 1700 год. Новый год стали праздновать с 1 января вместо сентября. С 1699 года началось обновление системы местного самоуправления, вместо земских изб стали создаваться ратуши. В 1704 году Петр I провел денежную реформу. Вместо устаревшей деньги в обращение была пущена копейка. В 1708 году царь провел областную реформу и разделил царство Русское на восемь губерний. Сначала губернии делились на доли, а с 1720 г. — на провинции, которыми управляли воеводы. В 1710 году власти провели подворную перепись населения. К концу царствования была проведена еще одна перепись для введения нового вида налога — подушной подати. В 1711 году царь создал новое государственное учреждение — Сенат. При Петре I в России шло строительство новых городов: Санкт-Петербург, Петрозаводск, Екатеринбург, Бийск и многие другие города были основаны в те годы. Центром железоделательной промышленности стал Урал, а центром производства серебра — Нерчинск. В 1717–1721 царь провел реформу исполнительных органов власти. Вместо существовавшей с XVI века системы приказов были введены коллегии по образцу шведского аналога. Например, Коллегия иностранных дел заменила Посольский приказ, а вместо Поместного приказа появилась Вотчинная коллегия. Горным делом занималась Берг-коллегия, а сбором доходов — Камер-коллегия. Из приказов сохранились Преображенский и Сибирский. Патриаршество при Петре I было упразднено, и делами церкви стала ведать Духовная коллегия. В 1721 году ее преобразовали в Синод, которым руководил обер-прокурор, то есть церковь стала подчиняться гражданскому чиновнику. Была проведена и реформа местного самоуправления. В 1720 году создан Главный магистрат. Ему подчинялись новые органы местной власти. В 1721 году Россия была провозглашена империей. В 1722 появились законы о престолонаследии и

«Табель о рангах». К последним преобразованиям императора стоит отнести создание Академии наук, введение протекционистского тарифа и подушной подати в 1724–1725 годах.

Также Петр I проводил очень странные для народа реформы, такие как: полное закрепощение крестьян, разрешение заводам и мануфактурам покупать крепостных, словно рабов, что было немыслимо для русских, у которых рабами были только пленные или преступники. Появление "каторжной" промышленности, замена подати "со двора" подушным налогом.

Реформа РПЦ по примеру католической церкви, полное подчинение ее воле Петра, упразднение патриаршества и замена его Синодом; запрет на пострижение послушников в монахи (кроме высших церковных иерархов) и требование нарушать тайну исповеди.

В связи с вышеизложенным можно сказать, что внутренняя политика Петра I носила откровенно эксплуатационный характер, особенно по отношению к рабочим и крестьянам. Результатом стали восстания и бунты, которые царь жесточайше подавлял, считая их прямым вызовом своей абсолютной власти. Реформы Петра I в социально-экономической и политической сферах не могли не повлечь за собой преобразований в области культуры и быта. Изменения в культуре, произошедшие в эпоху Петра I, имеют ряд особенностей. Прежде всего их отличает широкое вмешательство государственной власти в духовно-культурную сферу, а также европеизация российских порядков.

При Петре I впервые делается акцент на создании светской школы, и проблемы образования становятся частью государственной политики. Проведение широкомасштабных войн требовало знающих и образованных людей. В 1701 г. открылось первое светское учебное заведение — Навигацкая школа, на базе которой в 1715 г. возникла Морская академия[1]. Чуть позже были основаны Инженерная, Артиллерийская и Медицинская школы. При Олонецких и Уральских заводах по инициативе В. Н. Татищева были организованы горнозаводские училища для подготовки квалифицированных кадров мануфактурной промыш-

ленности. Дети провинциальных дворян и чиновников обучались в цифирных школах. Сеть школ в центре и на местах способствовала распространению грамотности, хотя образование носило преимущественно сословный характер и охватывало в первую очередь детей дворян и духовенства. Основная масса населения — крестьянство — в школы не принималась.

Большое внимание Петр I уделял обучению галантному поведению и этикету отпрысков вельмож, высших чиновников и офицеров. При нем трижды издавалось и имело широкую популярность собрание правил приличного поведения "Юности честное зеркало, или Показание к житейскому обхождению". Неизвестный составитель этого сочинения воспользовался несколькими иностранными произведениями. Из них он перевел те части, которые излагали правила и считались полезными русскому человеку. "Юности честное зеркало" содержало правила поведения молодых людей в семье, в гостях, в общественных местах и на службе. Оно внушало юношам скромность, трудолюбие, послушание, учтивость и благоразумие.

На русское общество реформы Петра, решительные и широкие, произвели страшное впечатление после осторожной и медлительной политики московского правительства. В обществе не было того сознания исторической традиции, какое жило в гениальном Петре. Близорукие московские люди объясняли себе и внешние предприятия, и внутренние нововведения государя его личными капризами, взглядами и привычками. Частные нововведения они противоплавали частным же обычаям старины и выносили убеждение, что Петр безжалостно рушил их старину. За разрушенными и введенными вновь частностями общественного быта они не видели общей сущности старого и нового. Общественная мысль еще не возвышалась до сознания основных начал русской государственной и общественной жизни, обсуждала только отдельные факты. Вот почему современникам Петра, присутствовавшим при бесчисленных нововведениях, и крупных и мелких, казалось, что Петр перевернул вверх дном всю старую жизнь, не оставил камня на камне от старого порядка. Видоизменения

старого порядка они считали за полное его уничтожение. Такому впечатлению современников содействовал и сам Петр. Его поведение, вся его манера действовать показывали, что он не просто видоизменяет старые порядки, но питает к ним страстную вражду и борется с ними ожесточенно. Он не улучшал старину, а гнал ее и принудительно заменял новыми порядками. Это беспокойное отношение к своему делу, боевой характер деятельности, ненужные жестокости, принудительность и строгость мероприятий - все это явилось у Петра как результат впечатлений его детства и молодости. Выросший среди борьбы и вражды, видевший и открытые бунты, и тайную оппозицию, Петр вступил на путь реформ далеко не со спокойным духом. Он ненавидел ту среду, которая отравляла его детство, и те темные стороны старой жизни, которые сделали возможной эту среду. Поэтому, уничтожая и видоизменяя старые порядки, он в свою деятельность монарха вносил личные чувства пострадавшего человека. Принужденный бороться за свою власть и самостоятельность при начале правления, Петр сохранил боевые приемы навсегда. Встреченный открытой враждой сначала, чувствуя и потом скрытое противодействие себе в обществе, Петр все время боролся за то, во что верил и что считал полезным. В этом объяснение этих особенностей в реформационной деятельности Петра.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. https://histerl.ru/lectures/18_vek/vneshnia_politika_petra.htm
2. Семеникова, Л.И. Россия в мировом сообществе цивилизаций. М.: Курсив, 1995. – С. 180.
3. https://studme.org/78141/istoriya/kultura_petrovskogo_vremeni

УДК 629.78

В. Н. СИЛЮТИН

Vitalii131199@icloud.com

Науч. руковод. – канд. филос. наук, доц. А. Б. СТОЛЬ

Уфимский государственный авиационный технический университет

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОЕКТЫ ОСВОЕНИЯ ЛУНЫ: ИДЕИ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ПРОБЛЕМЫ

Аннотация. Исследование Луны в XXI веке, рассмотрены задачи, представленные космическими державами, озвучены проблемы по осуществлению их, перспективы в освоении естественного спутника Земли.

Ключевые слова: освоение Луны; международная научная лунная станция (МНЛС); гелий – 3.

«Исследованием» Луны занимались еще наши далекие предки. Конечно, до изобретения телескопа Галилеем в 17 веке происходило это визуальным способом. Сам Галилей добился определенного успеха в этой области. Ведь благодаря его изобретению можно было исследовать горы и кратеры на лунной поверхности. Начало исследования Луны космическими аппаратами принято считать сентябрь 1959 года с жесткой посадки советской автоматической станции Луна – 2. Спустя 10 лет уже была высадка человека на Луну. Благодаря этому, было максимально подробно изучен спутник: состав грунта, рельеф, была составлена лунная карта, обнаружено наличие водного льда. Затем программа была свернута.

В последние годы ситуация начала меняться и вдруг снова заговорили о необходимости активного освоения Луны, главная цель: развертывание базы на Луне. Освоение Луны является амбициозной, но реализуемой целью для стран: США и России при сотрудничестве с Китаем. Исследования, проводимые на МКС, как российским агентством, так европейским и американским, доказывают, что главная часть поставленных задач могут быть реализованы в ближайшее десятилетие [4].

Поставленные задачи российским космическим агентством будут идти следующим образом: изучение Луны автоматическими станциями, выбор пло-

щадки для расширения присутствия человека, создание лунного полигона с первыми элементами инфраструктуры. И затем на заключительной стадии строительство постоянно-обитаемой лунной базы с элементами астрономической обсерватории.

Задачи, реализуемые американским агентством, незначительно отличаются: высадка на Луне, начало строительства международной окололунной станции, высадка экипажа с первой женщиной на Луне, создание лунной инфраструктуры и заложение фундамента к созданию постоянного обитаемого поселения на Луне.

На фоне поставленных задач возникает неизбежное политическое и научно-техническое противостояние между разными странами – лидерами космических исследований. Существует два сценария освоения Луны. Первый сценарий сбалансированный, в нем разработка и принятие общих правил игры, разрешений и ограничений на освоение Луны, поверхности, недр, ресурсов с учетом приоритетов зонирования, создание общих институтов под эгидой ООН, совместная деятельность на Луне происходит совместно и под контролем международных институтов при минимизации противоречий и конфликтов. Второй сценарий несбалансированный, экстремальный. Торможение и/или игнорирование общих правил игры, хаотическое освоение Луны, ее территории и ресурсов традиционным путем реализации права первого и сильного – по аналогии с опытом экспансии на Земле, например, золотой лихорадки. «Лунная лихорадка», направленная на выделение, захват и монопольное хищническое использования наиболее ценных участков и ресурсов, породит множество противоречий и острых конфликтов, в том числе военных.

К сожалению, второй сценарий более вероятен. В 2015–19 годах велись переговоры между США и Россией по поводу совместной разработки лунной базы. Но затем Россия вышла из этого проекта. Отказ произошел со стороны России. Рогозин Д. О. отметил, что Россия может сотрудничать с США при аналогичных условиях, какие уже заложены при работе на МКС. Также Рого-

зин Д. О. отметил, что программа NASA является «американским проектом с ограниченным участием внешних партнеров». Было принято решение начать собственную программу, начинающуюся в этом году. Согласно имеющимся данным, в 2028 году должна начаться российская пилотируемая лунная программа.

В одиночку вести лунный проект для РФ, находящейся сейчас не в лучшем экономическом положении, будет очень сложно, поэтому некоторые надежды возлагаются на партнерство с КНР. В марте 2021 года Россия и Китай договорились о сотрудничестве в создании совместной лунной станции. Глава «Роскосмоса» Дмитрий Рогозин и руководитель Китайской национальной космической администрации Чжан Кэцзян подписали меморандум о взаимопонимании между правительствами стран о сотрудничестве в области создания международной научной лунной станции. В рамках этого проекта Россия и Китай вместе разработают дорожную карту создания лунной станции, а также будут сотрудничать «при планировании, обосновании, проектировании, разработке, реализации, эксплуатации проекта по созданию МНЛС, включая его презентацию мировому космическому сообществу». О совместной программе России и Китая известно лишь то, что всего будет отправлено 6 исследовательских аппаратов: 3 китайских и 3 российских. При этом уже 1 китайский аппарат, который совершил посадку на Луну в 2019, уже был включен в этот план. Стоит также отметить, что первым кто стал исследовать обратную сторону Луны автоматическими станциями, для многих это являлось сложной задачей, стал Китай. Исходя из всей доступной на сегодняшний день информации, можно с уверенностью утверждать, что при взаимодействии с Россией у проекта есть вполне реальные шансы двигаться в нужном направлении.

Проект по освоению Луны может идти в такой последовательности: создание научной, промышленной, обитаемой инфраструктуры, постоянных научных баз, промышленных объектов, поселение людей, то есть космического хозяйства на Луне, информационных, энергетических, транспортных коммуни-

каций в системе «Земля + Луна», с применением новых технологий (роботов, 3D – печати и др.), - в XXI – XXII веках; а на втором этапе полное включение Луны, ее космического хозяйства в хозяйство земной цивилизации человечества, в XXII – XXIII веках. На заключительном этапе планируется создание автономной космической цивилизации – космического человечества с постоянной жизнью людей на Луне [1]. Стоит также отметить, что обеспечение всем необходимым космонавтов на Луне дорогостоящее занятие. Эту проблему можно решить если подробно рассмотреть вопрос о создании оранжереи при лунной базе для перехода к частичному самообеспечению продовольствием. Есть и подтверждение этому: космонавт М. Сураев при работе на МКС в результате незапланированного эксперимента получил урожай зерновых [6].

В случае успеха лунный проект станет важным этапом освоения всей Солнечной системы, так как из-за низкой гравитации Луна станет новым стартовым столом в дальний космос, а обратная сторона Луны – идеальной, свободной как от атмосферы, так и от возрастающего земного электромагнитного фона, фиксированной базой для астрономических исследований следующего этапа. Как однажды высказался известный ученый астрофизик С. Хокинг: «человечеству необходимо чтобы выжить при неминуемой глобальной катастрофе, надо начать колонизацию новых планет в течение ближайших ста лет». Иначе множество проблем, глобальное перенаселение, истощение ресурсов и мн.др, будут только разрастаться.

Одной из задач при колонизации Луны является добыча редких ресурсов. Еще в 1980-е гг. советский физик Игорь Головин предложил развивать энергетику на основе термоядерной реакции «дейтерий-гелий-3» [2]. Она дает более высокий выход энергии, чем в современных атомных установках. Е.П. Калинин предположил, что перспективно в проекте по освоению минеральных ресурсов внеземных объектов является добыча на Луне гелия-3. Известно, что при термоядерном синтезе 1 т гелия-3 с 0,67 т дейтерия высвобождается энергия, эквивалентная сгоранию 2 млн. т нефти, соответствующая мощности порядка

10 ГВт. При современном уровне энергопотребления потребности всего человечества ограничиваются 200 т гелия-3. При этом гелий-3 практически нерадиоактивен, что делает установки термоядерного синтеза на гелий-3 безопасными в случае природных катастроф и террористических актов. На Земле распространенность гелия-3 крайне мала. Конечно, на сегодняшний день еще существует множество проблем по управлению термоядерным синтезом, но мировое научное сообщество считает, что эти проблемы вполне решаемы. Именно поэтому добыча гелия – 3 является перспективной идеей.

Итак, реализация лунных миссий в ближайшее десятилетие преследует политические и экономические цели, в частности первенство в построении лунных баз и добычи полезных ископаемых [3]. Политический аспект в освоении Луны будет стимулировать научные исследования и технический прогресс и будет присутствовать до тех пор, пока маршрут «Земля – Луна» и обратно не станет обыденностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кричевский С.В. Освоение Луны: история, модель, сверхглобальный проект и экологичные технологии [Электронный ресурс] / С.В. Кричевский Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osvoenie-luny-istoriya-model-sverhglobalnyu-proekt-i-ekologichnye-tehnologii/viewer> (дата обращения : 27.03.2021)
2. Калинин Е.П. Научный обзор проектов по изучению и освоению минерально-сырьевых ресурсов Луны и других естественных небесных тел. Институт геологии Коми НЦ УрО РАН [Электронный ресурс] / Е.П. Калинин Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nauchnyy-obzor-proektov-po-izucheniyu-i-osvoeniyyu-mineralno-syrievykh-resursov-luny-i-drugih-estestvennykh-nebesnykh-tel/viewer> (дата обращения : 27.03.2021)
3. Сидоров А.В., Щеголькова Д.В. Освоение Луны: политика, коммерческий интерес или научные исследования? [Электронный ресурс] / А.В. Сидоров, Д.В. Щеголькова Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osvoenie-luny-politika-kommercheskiy-interes-ili-nauchnye-issledovaniya/viewer> (дата обращения : 27.03.2021)
4. Трифонов Е.Д. Как измерили Солнечную систему // Природа. – Наука, 2008. - №7. – С.18-24
5. Соболев И. LRO: первые итоги // Новости космонавтики. — 2009. — Т. 19. — № 10 (321). — С. 36—38.
6. Бурлаков, А.Б. Механизм взаимодействия биологических объектов / А.Б. Бурлаков, Ю.С. Капранов, Г.Э. Куфаль, С.В. Перминов // Электромагнитные волны и электронные системы, 2010. – Т. 15. - № 11. – С 44 – 53.

УДК 159.9.01

М. Д. СУСЛОВА

m_d_suslova@mail.ru

Науч. руковод. – канд. соц. наук, доц. Н. А. АБУЗАРОВА

Уфимский государственный авиационный технический университет

ПРОБЛЕМА БЕССОЗНАТЕЛЬНОГО В КОНЦЕПЦИИ З. ФРЕЙДА

Аннотация. В статье рассматривается структура психики человека, раскрывается сущность бессознательного, его влияние на жизнь человека и на формирование идей сексуальной революции 2-й половины 20 века.

Ключевые слова: Зигмунд Фрейд; психоанализ; бессознательное; человек; философия; психика; сознание; мораль.

Философия изучает способы познания мира, а человек является частью мира. Познание нужно для того, чтобы осознавать все риски для самого человека и для окружающих, не ограничивая и не создавая почву для враждебности к другим системам. Одним из таких способов является психоанализ.

Психоанализ – это теория, основателем которой является Зигмунд Фрейд, (австрийский психолог, психоаналитик, психиатр и невролог), а также метод устранения проблем психологического характера. Для своей теории он применил многолетний опыт, обретенный во время врачебной практики. Теория Фрейда критикуется с различных точек зрения. Тем не менее психоанализ получил распространение в философии, гуманитарных науках, литературной и художественной критике как дискурс, метод интерпретации и философская концепция. Психики человека состоит не только из сознательной части, но и из бессознательной. Когда же проявляется бессознательное? Бессознательное проявляется тогда, когда человек полностью или частично не осознает мотивов своих действий. Согласно теории Фрейда, человеческая личность подобна айсбергу. Психика человека делится на 3 уровня. «Фрейдистское трио» повсеместно имело место в мифологии и до него.

1. Супер-Эго (Сверх-Я) начинает формироваться еще до того, как человек учится говорить. Его формирует наше окружение: нормы поведения, табу, мораль, правила взаимодействия с окружением.

2. Ид (Оно) является самым примитивным уровнем бессознательного, в него входят наши желания и либидо: инстинкты, безусловные рефлексы. Фрейд выделил два основных стремления, названных по именам древнегреческих богов: Эрос (сексуальное) и Танатос (разрушение).

3. Эго (Я) представляет наше сознание. С его помощью мы анализируем происходящие вокруг нас события и адаптируемся к ним. На ум приходит образ из популярной культуры, изначально основанный на христианской религии: на плечах героя ведут дискуссию ангел (Супер-Эго) и демон (Ид). Со временем религиозность из этого образа отошла на второй план, сделав его ближе к теории Фрейда. Из менее очевидных примеров стоит назвать образ, повторяющийся во многих ранних мифологиях: юность, зрелость и мудрость. Греческая богиня Геката, мойры, скандинавские норны — изображены в облике девы, женщины и матроны. Мужской аналог встречается в индуизме: тримурти — триединство богов Брахмы (созидателя), Вишну (хранителя) и Шивы (разрушителя), трех ипостасей Брахмана, верховного божества, духовной первоосновы мироздания. В современной культуре также сталкиваются эти образы. Если раньше в литературе противопоставлялись праведность и грехопадение в рамках общепринятой морали, то сейчас идет упор на третью сторону, как раз представляющую собой Эго, компромисс.

Сама теория бессознательного у Фрейда сильно была по принятым тогда представлениям о человеке как существе осознанном и контролирующем свои желания. В прошлом концепция Фрейда подвергалась в первую очередь из-за «аморальности», циничности и непристойности по меркам общества того времени. Его убежденность в том, что действия человека основываются на потаенных сексуальных желаниях, и массовое распространение теории бессознательного стали толчком к тому, что люди стали раскованнее. До этого о таких ве-

щах говорить было не принято и всячески порицалось в широких кругах. Впоследствии идеи Фрейда оказали значительное влияние на формирование идей сексуальной революции второй половины XX века, которая, в свою очередь, изменила понимание морали в современном обществе.

Главная проблемой и причиной, почему психоанализ не признается официальной наукой, является невозможность проверить и доказать. Мы не можем составить карту того, что происходит в нашей голове, что означают те или иные сигналы нейронов. Из-за этого психоанализ является местами сомнительной, хоть и очень понятной теорией. В античные времена философы не знали, как устроено человеческое тело. Теория Гиппократов о четырех гуморах в организме просуществовала до средних веков, будучи совершенно неверной. Однако мы до сих пор используем понятия темпераментов, которые напрямую связаны с ней. На мой взгляд, если теория и оспаривается, она тем не менее имеет право на существование как объект философского исследования. Теория бессознательного Фрейда и исследования его учеников имеют многие черты философских систем, поэтому многими используется именно таким образом. Идея Эго, Супер-Эго и Ид обрела новую форму. Бессознательные уровни и их равновесие приобрели отдельный символизм, став преемниками мифологических предшественников. Знание, что Ид может дать о себе знать в самый неподходящий момент, дает человеку возможность держать его на поводке. В то же время знание о Супер-Эго и его влиянии тоже важно: когда человек с детства принимает что-либо за истину в своем подсознании и при столкновении с другой системой правил он ощущает отторжение и неприязнь, хотя объективных причин для этого нет. Имеет место и извечный конфликт Разума и Эмоций. Теория Фрейда придерживается концепции, что они должны находиться в гармонии друг с другом во избежание тех или иных проблем. Принимая это, человек может самостоятельно предупредить собственный слом, не переходя моральный горизонт и не заковывая себя в цепи правил. Эти и другие идеи психоана-

лиза, ранее направленные на лечение душевных болезней, таким образом предотвращают некоторые из них.

Психоанализ является теорией, которая с каждым годом все больше сдает позиции на своем изначальном поприще. Наука в целом и медицина в частности движутся вперед, оставляя устаревшие и недоказанные методы позади. Однако необходимо отметить, что как философская система аспекты психоанализа все еще актуальны. Неоспорим огромный вклад Фрейда в современную культуру, начиная устойчивыми выражениями и заканчивая современным взглядом на мораль и сексуальность, на разум и эмоции. По аналогии с названиями темпераментов, когда-то тоже относившиеся непосредственно к медицине, его теория останется в разуме людей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wikipedia: https://ru.wikipedia.org/wiki/Фрейд,_Зигмунд
2. Электронная библиотека ЛитМир №6 “Бессознательное» Фрейд Зигмунд.
3. Фрейд З. Я и Оно: Сочинения. – М.: Изд – во Эксмо; Харьков: Изд – во Фолио, 2004 – 864с.

УДК 94 (470) "1942-1943" + 791.222

М. О. ТУМЛЕРТ

m.tumlert@yandex.ru

Науч. руковод. – д-р филос. наук, проф. Р. Х. ЛУКМАНОВА

Башкирский государственный университет

ТРАГЕДИЯ СОВЕТСКИХ ВОЕННОПЛЕННЫХ В ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ФИЛЬМАХ «ОТТЕПЕЛИ»

Аннотация. В статье рассматриваются основные изменения, произошедшие в отношении к военнопленным Великой Отечественной войны в сознании советского общества на примере художественных фильмов «Бессмертный гарнизон», «Судьба человека», «Жаворонок» и «Чистое небо».

Ключевые слова: кинематограф; война; «оттепель»; Н. С. Хрущев; советское общество; режиссеры «Оттепели»; искусство.

Отношение к военнопленным в сталинский период было крайне отрицательным. Красноармейцы, побывавшие во вражеском плену, были объявлены высшим руководством предателями Родины, а их семьи несли варварскую коллективную ответственность, подвергаясь аресту и лишаясь различных материальных привилегий.

Художественные фильмы о войне в конце 1940-х-начала 1950-х гг. были наполнены пафосным героизмом идеалистических солдат, представленных на экране в виде народной массы, которая под руководством «гениальных» военачальников храбро сражается за свое Отечество. Кинокартины, повествующие о пребывании наших соотечественников в плену, в данный период просто не могли появиться, они бы шли вразрез с утвердившейся сталинской концепцией интерпретации Великой Отечественной войны, как великий подвиг советской системы и ее «гениального» вождя.

Пересмотр данной концепции был осуществлен в период правления Н.С. Хрущева. Разоблачение культа личности внесло значительные коррективы в изображение событий военных лет, в том числе, с иного ракурса была осмыслена тема военного плена.

В фильме «Бессмертный гарнизон» (1956, режиссеры З. Аграненко, Э. Тиссэ) главная сюжетная линия посвящена защитникам Брестской крепости, противостоящим значительно превышающим вражеским силам, надеясь при этом лишь на свои силы, ибо в этот период не приходилось ждать помощи от собственной армии, которая все больше и больше отступала вглубь страны. Один из главных персонажей, майор Иван Батулин, четыре года находился в немецких концлагерях, в фильме он представлен как последний защитник крепости, пленение которого было честью для немецкого командования [5, с. 72]. И.С. Батулин за все время войны побывал в шести лагерях, им было предпринято пять попыток к бегству. Но при рассказе о своей непростой истории в речи главного героя не чувствуется ни тени бахвальства. Показывая на своих сокамерников, с которыми весной 1945 г. он совершил освобождение, говорит, что все они прошли одинаковый путь: пленение, допросы, многочисленные концлагеря, при этом подчеркивая, что его история не хуже и не лучше других. Не воспринимая себя в качестве мужественных героев, освобожденные пленные при виде подошедших к ним солдат Красной армии держатся весьма достойно. В этот момент камера на несколько секунд задерживается на изнуренных лицах наших соотечественников, которым пришлось пережить адские условия вражеского плена [3, с. 106]. Но, несмотря на все трудности, они смогли себя освободить, при этом рассчитывая вновь только на свои собственные силы, что было подчеркнуто самим И. Батулиным при кратком докладе о действиях пленных командующему подошедшего отряда П. Фомичу. Сцена встречи освобожденных и красноармейцев наполнена безмерной радостью от осознания близкой победы и скорого завершения войны: все персонажи обнимаются, целуются, плачут. Военнопленные воспринимаются нашими солдатами настоящими героями, что проявляется в уважительном и почтительном отношении к ним.

В кинокартине «Судьба человека» (1959, режиссер С. Бондарчук) главный герой Андрей Соколов, переживший потерю близких и родных, перенесший непомерные тяжести пребывания в нацистском концлагере, усыновляет

маленького мальчика, у которого война отняла родителей. Тем самым он становится поистине всенародным героем, не сломавшийся под тяжестью жизненных трудностей и сумевший найти в себе силы после пережитых испытаний продолжить жить дальше. Стоит отметить, что после того, как А. Соколову удалось сбежать из плена, он пробивается к советскому отряду, где первоначально его встречают с неким недоверием. Но после того как он показывает на плененного им самим немецкого майора с портфелем важных документов, командир благодарит его за оказанную услугу и заверяет его, что будет ходатайствовать за представления А. Соколова к правительственной награде [1]. Через какое-то время его зачислят в стрелковый отряд, в составе которого он и встречается весной 1945 г. в качестве настоящего героя. В данном фильме персонаж военнопленный представлен как победитель, внесший свой посильный вклад, наравне с другими солдатами, находящимися непосредственно на фронтах войны. Со стороны однополчан нет и намека на презрительное отношение к А. Соколову как к человеку, побывавшему во вражеском плену, его образ не омрачен позорным титулом «предатель».

Фильм «Жаворонок» (1964, режиссеры Л. Менакер, Н. Курихин) повествует о военнопленных, которые смогли вырваться из заключения на танке Т-34, однако находясь на территории Германии, подобная поездка не могла длиться вечно, вследствие чего героический побег завершается неудачей и гибелью всего экипажа. В начале кинокартины главному герою, механику Ивану, как опытному специалисту было доверено нацистским командованием улучшить в качественном отношении немецкую военную технику [4., с. 221]. Первоначально представленные к Ивану помощники, такие же военнопленные (двое советских солдат и француз) отнеслись к нему с презрением и недоверием, считая его предателем, пособником нацистов, при этом всячески старались уклониться от работы. Но после того как Иван тайком рассказывает одному из помощников, Петру, о своем плане побега, отношение к нему сразу меняется. На протяжении всего фильма главные герои разъезжают на танке по городам Германии, пугая

местных жителей, ибо люди воспринимали это как вторжение советских войск на их территорию, таким образом, по словам Ивана, они показывали «Германии с хлыстиком, что такое война». Бесстрашные герои, позабыв про всяческий страх, не только внушали ужас немецким жителям, но и доставили немало хлопот немецкому командованию, которое несколько дней не могло на собственной территории поймать единственный танк с экипажем из четырех человек. В этом отношении знаковое значение имеет само название кинокартины, ибо жаворонок считается ранней птицей весны, с которой и сравнивается главный герой Иван, представленный в фильме в качестве первого пробудившегося человека от долгой зимней спячки, морозного страха перед кажущейся на первый взгляд непобедимой нацистской армией. В конце кинокартины танк с единственным оставшимся в живых Иваном окружает вражеская артиллерия. И в этот момент на дорогу выбегает и падает маленький мальчик с собакой, к нему бежит немецкий солдат, но останавливается в нерешительности перед движущимся танком. В считанные секунды из движущегося танка выпрыгивает Иван и убирает в сторону мальчишку, но в тот самый момент, когда главный герой поворачивается спиной и направляется обратно, его расстреливает из автомата немецкий артиллерист. Стоит отметить, что по лицам других солдат можно прочесть неодобрительное отношение к подлому поступку своего сослуживца. Тот немецкий солдат, что направился на помощь к мальчику, остановился в нерешительности, он был шокирован гибелью танкиста, и, несмотря на то, что Иван представлял собой врага, немецкий солдат проникся к нему уважением за его благородный поступок по спасению ребенка, пожертвовав при этом своей собственной жизнью. После того, как Иван падает замертво на землю, на экране следует надпись на гранитной плите, находящейся в Берлине: «Родина не забудет своих героев». Таким образом, по умолчанию военнопленные соотечественники представлены в фильме в качестве мужественных героев, которые наравне со всеми сражались по мере своих сил и возможностей за свободу своей Родины.

В большинстве фильмов 1950-х-1960-х гг., посвященных непосредственно Великой Отечественной войне, персонажи-военнопленные представлены в качестве героев, стойко переносящих все трудности, связанные с лагерной жизнью и чаще всего предпринимающих многочисленные попытки к бегству, которые в отдельных кинокартинах не всегда удачно заканчивались. В фильмах о войне данного периода люди, побывавшие в нацистском плену и дожившие до победы, воспринимаются своими соотечественниками как личности, достойные уважения, к ним нет пренебрежительного отношения, они не подвергаются какой-либо дискриминации из-за своего прошлого, им позволено беспрепятственно вернуться к мирной жизни. Однако в реальной жизни все было далеко не так идеально. В этом отношении, стоит отметить фильм «Чистое небо» (1961, режиссер Г. Чухрай). Главный герой фильма, летчик Алексей Астахов, попавший в плен во время Великой Отечественной войны, долгое время после возвращения на родину считался «изгоем»: к нему относятся с подозрением, как к человеку, «запятнавшему свою честь», его не берут на работу по профессии[2]. Только после смерти И. В. Сталина справедливость восторжествует: Алексея награждают медалью «Золотая Звезда» и предоставляют возможность возобновить свою деятельность в авиаотряде, проводя испытания самолетов.

В период «оттепели» изменились конкретные исторические условия, позволившие коренным образом пересмотреть отношение к военнопленным. В частности, разоблачение культа личности, публичная констатация неудач и промахов конкретно И. В. Сталина и его окружения позволили сделать всенародными героями военнослужащих, оказавшихся в нацистском плену не по собственной вине или трусости, а из-за просчетов высшего командования, оставивших солдат в безвыходном положении. Таким образом, если в годы войны и послевоенное время человек, оказавшийся в плену, считался врагом народа и автоматически лишался возможности возвращения к нормальной мирной жизни, ибо был заклеен позорным титулом «предатель», то во второй половине 1950-1960-х гг. в общественном сознании на примере рассмотренных художе-

ственных фильмов происходила качественная перестройка отношения к людям, оказавшихся по воле случая во вражеском плену.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баландина Н. П. Конец 50-х годов: Романтика против Героики. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.kinozapiski.ru/ru/article/sendvalues/482/> (дата обращения: 22.03.2021).
2. Зоркая Н. М. История отечественного кино. XX век. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.litres.ru/neya-zorkaya/istoriya-otechestvennogo-kino-xx-vek/> (Дата обращения: 05.03.2021).
3. Сенявская Е. С. Противники России в войнах XX века: эволюция «образа врага» в сознании армии и общества. М.: РОССПЭН, 2006. 287 с.
4. Федорова А. Г. Особенности советского кинематографа в период «оттепели» в освещении Великой Отечественной войны // В сборнике: Молодежь и наука XXI века. Актуальные вопросы истории России: проблемы и перспективы развития. Материалы II Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 75-летию исторического факультета КГПУ им. В. П. Астафьева. Ответственный редактор: И. Н. Ценюга; Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева. 2017. С. 218-222.
5. Woll J. Real Images: Soviet Cinema and the Thaw. London: I. B. Tauris, 2000. 267 p.

УДК 94(47).084.8

А. А. ХАЛИМОВ

aunwavingkh@mail.ru

Науч. руковод. – ст. преп. К. Р. ГАББАСОВА

Уфимский государственный авиационный технический университет

ПОИСКОВОЕ ДВИЖЕНИЕ

Аннотация. В статье обобщаются итоги научно-исследовательского проекта «Научись помнить» по изучению поискового движения России. Рассказывается об истории появления и развития поискового движения, основах, задачах поисковой деятельности. Анализируется история формирования общественного движения «Поисковое движение России».

Ключевые слова: Великая Отечественная война; поисковое движение; «Поисковое движение России»; смертный медальон; инструменты поисковика; боевые захоронения; память.

Великая Отечественная война являлась сложным испытанием для советского народа. Она коснулась каждой семьи. 22 июня 1941 года враг напал на нашу Родину. Четыре страшных года советский народ мужественно и отчаянно бился с врагом, неумолимо приближая час освобождения. Сколько людей погибло и сколько душевных шрамов осталось в сердцах!

С каждым годом ветеранов, людей, которые прошли через все ужасы войны и подарили нам свободу, становится все меньше и меньше. А многие из молодых людей не знают не только основные даты и события Великой Отечественной войны, но даже о том, есть ли в семье свои герои той страшной войны. Они не знают ни их имен, ни их фамилий, не говоря о том, что произошло с их прадедами.

В 2019 году нами проводился научно-исследовательский проект «Научись помнить».

Цель проекта состояла в воспитании патриотизма и сохранении исторической памяти у современного поколения.

В ходе проекта мы:

– изучили историю поискового движения, опросив родителей, членов поискового отряда «Пионер»;

– изучили основы поисковой деятельности:

- что из себя представляет смертный медальон;
- основные инструменты при поисковой деятельности;
- какие бывают виды захоронений;

В данной статье подводятся итоги данного научно-исследовательского проекта.

Так сложилось, что после Великой Отечественной войны власти не уделили должного внимания проблеме поиска и захоронения погибших. Нужно было восстанавливать страну после разрухи. Конечно, проводились официальные мероприятия «Никто не забыт и ничто не забыто», но, по сути, в это самое время трактора запахивали человеческие останки и строили над ними линии электропередач.

На полях сражений Великой Отечественной войны до сих пор лежат сотни тысяч советских солдат. В архиве напротив их имен короткая строчка – «пропал без вести», а родные ничего не знают об их судьбе. Но имена героев, отдавших жизнь за Победу, возвращают поисковики. Более 40 тысяч поисковиков всех возрастов объединяет общероссийское общественное движение по увековечению памяти погибших при защите Отечества «Поисковое движение России». Это крупнейшая в нашей стране организация, занимающейся полевой и архивной поисковой работой.

История поискового движения началась с людей, которым была не безразлична судьба тех, кто отдал свою жизнь за нашу Родину. На свой страх и риск, они объединялись в небольшие разрозненные отряды, ходили в «проклятые места» и хоронили бойцов и командиров Красной Армии.

В 50-60-х годах XX века был объявлен «Всесоюзный поход комсомольцев и молодежи по местам революционной, боевой и трудовой славы», целью которого стало воспитание подрастающего поколения на примерах подвигов, совершенных в годы Великой Отечественной войны. Были организованы и проведены тысячи походов по местам боевых действий. В рамках этих мероприятий подростки встречались с фронтовиками, записывали

воспоминания местного населения, изучали мемуары участников сражений Великой Отечественной войны.

Постепенно неорганизованные поисковые группы объединялись, и 15 марта 1988 г. в Калуге на Первом Всесоюзном сборе представителей поисковых отрядов Советского Союза было принято решение о создании Всесоюзного координационного Совета поисковых отрядов при ЦК ВЛКСМ. В это же время происходило изменение форм патриотического воспитания: на смену «Всесоюзному походу по местам боевой, революционной и трудовой славы» приходят «Вахты Памяти» по розыску и перезахоронению павших защитников Отечества.

В декабре 1995 года в результате реорганизации Ассоциация получила название «Союз поисковых отрядов России», который объединил более 500 поисковых формирований из двадцати двух областей и пяти республик. Новым этапом в поисковом движении стало принятие 16 февраля 2001 г. государственной программы «Патриотическое воспитание граждан Российской Федерации на 2001—2005 годы». В этой программе предусматривалось проведение поисковых работ в 2001—2005 гг. Конкретного финансирования по пунктам госпрограммы предусмотрено не было, но, тем не менее, на пять лет эта программа стала отправным документом для выделения средств на поисковую работу.

22 января 2006 г. Президент РФ В. В. Путин подписал Указ № 37 "Вопросы увековечения памяти погибших при защите Отечества" (рис.1), в котором на Министерство обороны РФ были возложены полномочия по увековечению памяти погибших при защите Отечества и обязанности уполномоченного федерального органа исполнительной власти в этой сфере. В том же 2006 г. стартовал интернет-проект Министерства обороны РФ - Объединенный Банк Данных "Мемориал", открывший широкий доступ к информации о погибших и пропавших без вести в годы Великой Отечественной войны. На сегодняшний день в ОБД введено свыше 12 млн. цифровых копий

документов о безвозвратных потерях периода Великой Отечественной войны из 35 980 архивных дел ЦА МО РФ, ЦВМА, РГВА, ГА РФ, региональных архивов Росархива и 31 590 паспортов воинских захоронений существующих мест воинских захоронений в Российской Федерации и за ее пределами.

В настоящее время поисковое движение России включает 5 межрегиональных, 50 республиканских, краевых и областных объединений — всего более 600 поисковых отрядов общей численностью более 40 тысяч человек. За шесть лет работы Движения, его участниками были найдены останки более 120 тыс. советских солдат и офицеров, установлены более 6 тыс. имен и судеб защитников Отечества.

Главная общая цель поисковиков — найти смертный медальон или документы, позволяющие установить имя бойца, а затем найти его родных и известить их о судьбе солдата.

Смертный (опознавательный) медальон военнослужащего, чаще называвшийся смертным медальоном или просто «смертником», был введен в Красной армии приказом Реввоенсовета в 1925 году и предназначался для хранения всех необходимых сведений о бойце для идентификации его личности в случае ранения или смерти.

Изначально солдатский смертный медальон в РККА был введен по аналогии с «ладанкой», недолго просуществовавшей в 1917 году в царской армии до революции, и представлял собой подвесную прямоугольную коробочку из оцинкованной жести размером 50×33×4 мм, в которую вкладывался пергаментный листок с полным именем, адресом, воинским званием, группой крови и другими необходимыми личными данными, за исключением наименования воинской части, указывать которую в медальоне было запрещено. Затем во время Великой Отечественной войны «ладанка» была заменена на закручивающийся текстолитовый, эбонитовый, а иногда пластмассовый цилиндрический пенал, в который листок с персональными данными вкладывался в двух экземплярах. В случае гибели военнослужащего

один экземпляр передавался в канцелярию штаба, а второй оставался с телом погибшего и после похорон отправлялся его семье.

Однако для поисковых групп, ведущих раскопки на местах сражений Великой Отечественной войны, смертные медальоны – находка нечастая. Ведь на практике такой способ хранения личной информации, как ношение опознавательного медальона, во многом себя не оправдал. За отсутствием пергамента солдаты часто оставляли свои данные на обычной бумаге или на клочке газеты, да и сам медальон был недостаточно герметичен и не жаростоек, так что вкладыш быстро приходил в негодность. Кроме того, солдаты нередко считали ношение смертного медальона дурной приметой и либо сами выбрасывали его, либо использовали не по назначению: приспособляли пенал для хранения иголок и других мелких бытовых предметов, переделывали в мундштук и т.п. А в ноябре 1942 года опознавательный медальон и вовсе официально упразднили, заменив его красноармейской книжкой, после чего его ношение могло инициироваться военнослужащими исключительно по собственному желанию.

Основными инструментами поисковика являются щуп, лопата, нож и металлоискатель.

Для успешной работы в период полевых работ поисковику необходимы навыки владения щупом, как основным инструментом. В поиске непременно будут встречаться предметы, не относящиеся к предметам солдатской экипировки, это, в основном, камни и корни деревьев. Поэтому необходимо тренироваться, уметь определять щупом разницу между звуками камня и дерева, звуки костей и кожи.

Прошло много времени после окончания боевых действий, природа и время старательно скрыли следы тех событий. Поиск останков солдат становится все более затруднительным. Поскольку каждый солдат непременно имел при себе какие-либо металлические предметы, то хорошим помощником поисковика стал металлоискатель.

В ходе зачистки останков и подъемного материала в раскопе не обойтись без ножа. Для этих целей подойдет любой прочный нож, желательнее с коротким и широким лезвием. Для хранения и ношения ножа в поиске необходимо иметь чехол или ножны.

И, наконец, самый главный инструмент – лопата. Наиболее практична в верховом поиске и при зачистке грунта малая саперная лопата.

В ходе полевых работ поисковики, так или иначе, имеют дело не только с не захороненными («верховыми») останками, но в большей степени с различными захоронениями.

Ассоциация «Военные мемориалы» историко-архивного отдела ГШ ВС России в руководстве по поисковым и эксгумационным работам классифицирует захоронения как боевые, санитарные, плановые, мемориальные и временные. К названным следует добавить медицинские и стихийные. Все виды захоронений могут быть групповыми (братскими) и индивидуальными.

Боевые захоронения устраивались боевыми товарищами (сослуживцами) погибших в стихийном порядке в условиях, когда для погребения убитых не представлялось возможным эвакуировать трупы с поля боя и соблюсти общепринятые традиции или установленные ритуальные предписания. Погибших хоронили там, где диктовали условия, в качестве могил использовались готовые углубления в грунте – воронки, землянки, траншеи. В связи с этим боевые захоронения часто имеют сходство с санитарными.

Отличить боевое от санитарного захоронения можно по некоторым характерным признакам. Например, при погребении погибших в боевых условиях старались соблюсти элементарные этические и традиционные нормы. Тела укладывались упорядоченно, дно «импровизированной» могилы устилалось еловым лапником, перед засыпкой тела накрывались подручными средствами. Чаще всего ими служили шинели или плащ-накидки. Документы у погибших изымались. Однако, нередко с убитыми в силу различных причин оставались медальоны или другие документы. Кроме того, с убитым мог оставаться меда-

льон с одним экземпляром вкладыша, что соответствовало предписанию директивы о порядке погребения. К числу боевых захоронений относятся и места, где погибшие оказывались погребенными случайно, в силу боевых обстоятельств. Останки погибших, случайно погребенных, могут быть обнаруженными на различной глубине в местах инженерных сооружений (траншея, блиндаж, землянка, стрелковая ячейка и т.д.). Как правило, с останками, как и в случае с «верховыми», остаются все имеющиеся у военнослужащего на момент гибели предметы.

Санитарными захоронениями являются погребения трупов с целью предотвращения развития инфекций. Выполнялись подобные погребения обеими противоборствующими сторонами силами санитарных и трофейных команд, непосредственно на полях сражений или в неглубоком тылу. С этой целью часто привлекалось гражданское население, при этом хоронили и своих, и чужих. Места под санитарные захоронения выбирались, исходя из наименьшего расстояния транспортировки трупов. Для этого использовались расположенные вблизи готовой ямы – воронки, траншеи, блиндажи, силосные ямы и т.д. Характерным признаком санитарного захоронения является хаотичное расположение останков, отсутствие признаков соблюдения установленных и традиционных правил. В одной могиле могут быть обнаружены останки военнослужащих обеих противоборствующих сторон и гражданского населения.

С убитых нередко снималось верхнее обмундирование, но не в обязательном порядке. Документы и смертные медальоны у погребенных чаще отсутствуют, но нередко они оставались у убитых. Нередко в такие погребения хаотично сбрасывались и предметы экипировки и вооружения.

Плановые захоронения представляют собой воинские кладбища, под устройство которых командованием частей и соединений отводились конкретные участки земли в качестве армейского, дивизионного или полкового пункта погребения погибших военнослужащих.

Стихийные захоронения. К ним относятся места погребения погибших, останки которых были случайно обнаружены гражданским населением или

группами следопытов, проводивших неорганизованные поисковые работы. Здесь могут быть захоронены как найденные поблизости не захороненные останки, так и эксгумированные из любого другого вида захоронения.

Не захороненными (верховыми) останками являются останки, обнаруженные под растительным (дерновым) слоем грунта. С останками, как правило, находятся предметы экипировки, фрагменты обмундирования, личные вещи и вооружение военнослужащего.

Групповые (братские) захоронения. К таковым относятся все виды захоронений, если в могиле погребены более одного трупа.

Индивидуальные захоронения также могут относиться ко всем видам захоронений и являются индивидуальными, если в могиле погребено не более одного трупа.

Статистика результатов поисковых работ говорит о том, что из общего числа обнаруженных останков погибших на полях сражений на долю не погребенных приходится не более трети.

Следовательно, поисковики в большей степени имеют дело с захоронениями разной классификации, и большинство обнаруженных останков эксгумируются из захоронений. Таким образом, итогом работы поисковиков главным образом следует считать перезахоронение.

В 2015 году в Подольске опытным поисковиком Михаилом Федоровичем Богдановым был организован поисковый отряд «ПИОНЕР». За время существования отряда М. Ф. Богдановым была собрана команда инициативных людей разного рода деятельности. Среди поисковиков отряда есть и мои родители.

Основными зонами поисковой деятельности ПО «ПИОНЕР» являются Ржевский и Зубцовский районы, а также Смоленская область, на местах кровопролитных боев 1941-1943гг.

«Как Вы находите останки солдат?» Этот вопрос я задал своему папе, который является активным участником поискового движения. «Вначале по архивным документам и картам изучаем историю боев в данном районе. После

осуществляем разведку на местности, определяем район поиска. Опрашиваем местных жителей, если они есть. Очевидцев тех событий практически не осталось, как правило, общаемся с их детьми и внуками, которые могли слышать от старших, где хоронили солдат после боя. Информация не точна, но мы стараемся проверить указанные места, даже если это противоречит данным архивным документам. И как показывает практика - не зря!

Осматривая местность, прежде всего, обращаем внимание на места с просевшим грунтом, это может быть засыпанная воронка, окоп, силосная яма или погреб – туда чаще всего стаскивали тела погибших. Такие места исследуем щупом – специально изготовленным металлическим стержнем, которые при соприкосновении с костью дает характерный звук. Но самым надежным способом является копание шурфа – узкой траншеи шириной около 70 см. Металлоискатель, вопреки расхожему мнению, далеко не всегда помогает в поиске погибших т.к. большинство солдат захоранивалось без снаряжения.

Большая удача - медальоны бойцов. Особенно редки случаи, когда в медальонах сохраняется записка солдата, по которой можно установить личность.»

Каждый россиянин может узнать о судьбе своих родных и близких, погибших или пропавших без вести в годы Великой Отечественной войны в объединенных базах данных Министерства обороны Российской Федерации: «Память народа», «Мемориал» и «Подвиг Народа».

За последние пять лет отрядом “Пионер”, в котором состоят мои родители, было поднято более 1500 красноармейцев и командиров РККА. Идентифицированы 82 бойца. Найдены родственники многих из них.

Изучив историю поискового движения, я пришел к выводу, что поисковое движение зародилось относительно недавно, но его масштабы велики. Оно получило признание и государственную поддержку.

Следует отметить, что Великая Отечественная война затронула каждую российскую семью, и, несмотря на то, что со дня ее окончания прошло уже

более 75 лет, эта тема до сих пор находит широкий отклик в сердцах наших соотечественников. В «Поисковое движение России» ежедневно обращаются люди со всей страны и даже из-за рубежа, которые хотят узнать о судьбах своих родных, пропавших без вести на полях сражений.

Я надеюсь, что поисковые экспедиции помогут молодому поколению осознать важность того, что сделали наши деды и прадеды во время Великой Отечественной войны, и каждый будет мотивирован к изучению истории своей страны.

В заключении, хочу поблагодарить своих родителей, которые оказали мне огромную помощь в работе над проектом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бирюзов Ю.Л. Поисковое дело. Основы и методы работы в поисковых экспедициях. Туймазы: ГУП РБ РИК «Туймзинский вестник», 2012. – 216 с.
2. <http://samara-tr.gazprom.ru/press/nasha-pobeda.-moya-istoriya./my-pomnim/>
3. <https://forum.wv2.ru/index.php?showtopic=182938>
4. <https://ribalych.ru/2016/04/06/soldatskie-medalony/>
5. <https://obd-memorial.ru/html/>
6. <http://pnzreg.ru/news/federalnye-novosti/151307/>
7. <https://infourok.ru/issledovatel'skaya-rabota-poiskovoe-dvizhenie-2247360.html>

УДК 908

Э. У. ХАЛИТОВА

enzhahalitova@yandex.ru

Науч. руковод. – д-р ист. наук, проф. У. Б. ГАЙСИН

Уфимский государственный авиационный технический университет

ОТКРЫТИЕ ПАМЯТНИКА НАРОДНОМУ ГЕРОЮ БАШКОРТОСТАНА ГЕНЕРАЛУ ШАЙМУРАТОВУ

Аннотация. В статье рассматривается значимое событие в общественно-политической жизни республики – установление памятника славному сыну башкирского народа генералу Шаймуратову на его Родине.

Ключевые слова: Война; героизм; сражения; окружение; прорыв; дивизия; корпус.

11 сентября 2015 года в селе Шаймуратово Кармаскалинского района состоялось открытие мемориала воинской славы, посвященного 112-й Башкирской кавалерийской дивизии и ее командиру генерал-майору Минигали Шаймуратову. К сожалению, многие знают о подвиге генерала только из песни на музыку Загира Исмагилова, а кто-то даже ее не слышал. А ведь Минигали Шаймуратов был очень яркой личностью. Он окончил Военную академию имени Фрунзе, знал несколько языков, в том числе английский и китайский, был военным атташе в Турции и Китае, командиром особого полка по охране Кремля. До последнего дня носил с собой саблю, подаренную Буденным.

Генерал-майор Минигали Мингазович Шаймуратов (1899–1943) в годы Великой Отечественной войны командовал 1-м Особым кавалерийским полком, а с декабря 1941 года – 112-й Башкирской кавалерийской дивизией, которая прошла с боями от Дона до Эльбы свыше 4 тысяч км. 3 860 воинов дивизии награждены орденами и медалями, 78 из них стали Героями Советского Союза и пятеро – полными кавалерами ордена Славы. Сам комдив был удостоен двух орденов Красного Знамени, ордена Красной Звезды и медалей. Героически погиб в феврале 1943 года в боях под Ворошиловградом (ныне – Луганск).

Возглавив 112-ю Башкирскую кавалерийскую дивизию, он не отсиживался в штабе и не прятался от пуль, а воевал вместе со всеми и погиб, как герой, в неравном бою.

23 февраля 1943 года, в шестом часу утра, когда до линии фронта оставалось всего 3 км, дивизия под командованием Шаймуратова возглавила прорыв корпуса. Из-за того что разведка, по вине командования корпуса, не была проведена, дивизия попала в огневую засаду. Около 9 часов утра Минидали Мингазович погиб от попадания пули в голову. На следующий день его бойцы вышли из окружения [1].

Следует особо отметить, ни в одном сухопутном воинском подразделении Советской Армии не было такого количества Героев Советского Союза, как в 112-й Башкирской кавалерийской дивизии, 78 человек! Генерал-майору Минидали Шаймуратову звание Героя Советского Союза тогда не присвоили. После многолетних и настойчивых обращений жителей республики, а также в связи с 75-летием Великой Победы, указом Владимира Владимировича Путина 30 марта 2020 года ему было присвоено звание Героя России (посмертно).

В церемонии открытия памятника 11 сентября 2015 года участвовали министр культуры России Владимир Мединский, глава республики Рустэм Хамитов, заместитель премьер-министра РБ Салават Сагитов, председатель Курултая РБ Константин Толкачев, министры республики, ветераны, кадеты, школьники. А также бойцы той самой легендарной 112-й Башкирской кавалерийской дивизии: сапер Габдулхай Зарипов и связист Галей Кинзякеев.

Памятник представляет собой постамент, на котором установлена монументальная фигура всадника. Всадник, выполненный в полный рост, стал второй по величине конной скульптурой в Башкирии после памятника Салавату Юлаеву. Мемориал высотой около 3 метров и массой почти 3 тонны отлит из бронзы в Москве. Автором памятника стал российский скульптор-монументалист и архитектор Денис Стритович. Мемориал создан на средства гранта главы РБ, Российского военно-исторического общества, председателем которого является Владимир Мединский, а также добровольных пожертвований жителей республики.

Глава российского министерства культуры Владимир Мединский отметил, что для него «большая честь присутствовать сейчас, в год 70-летия нашей Победы в селе Шаймуратово при открытии памятника нашему легендарному генералу Шаймуратову». Министр напомнил, что именно благодаря самоотверженности башкирских воинов зимой 1943 года соседние дивизии вышли из прорыва.

– Хотел бы, чтобы наши с вами дети, глядя на этот памятник, вспоминали подвиг шаймуратовцев – ведь и после гибели своего командира дивизия называлась «шаймуратовской», и с боевым кличем «шаймуратовцы, вперед!» до 1945 года дошли они до Эльбы, - заметил министр.

Как оказалось, Владимир Мединский прекрасно осведомлен о биографии и подвигах башкирского полководца. Министр культуры РФ отметил, что генерал Шаймуратов был настоящим военным интеллигентом, «военной косточкой», и при этом блестящим полководцем, душой своей дивизии.

– Хотел бы, чтобы наши дети, глядя на этот памятник, стремились учиться так, как учился Шаймуратов, - высказал он пожелание. – Ведь это был высокообразованный человек. Он знал несколько иностранных языков: свободно говорил на китайском, уйгурском. Долгие годы работал в военной разведке, о чем мало известно.

Глава республики Рустэм Хамитов обратился со словами благодарности ко всем, кто проявил заинтересованность к судьбе памятника, отметив, что появление на земле Башкортостана монумента легендарному комдиву – очень важное и значимое событие для села Шаймуратово Кармаскалинского района республики и страны «в дни, когда нашу страну пытаются испытывать на прочность, когда нас обкладывают санкциями, когда пытаются преуменьшить значение Победы советского народа в Великой Отечественной войне».

Глава региона поблагодарил скульптора Дениса Стритовича за то, что он «вложил душу в это произведение».

– Надеюсь, что этот сквер и деревня Шаймуратово станут местом паломничества тысяч людей, которые будут приезжать, смотреть на памятник и понимать, что патриотизм, слава России – это не пустые слова, а вечная категория, - выразил пожелание Рустэм Закиевич.

В свою очередь автор монумента Денис Стритович рассказал, как шла работа над образом генерала. Создавая облик Минигали Шаймуратова по фотографиям, которые в огромном количестве получил от жителей Башкирии, в своей работе он опирался на традиции русской скульптуры начала XX. Скульптор прислушивался к советам научных консультантов, стараясь как можно точнее передать детали костюма героя и конской сбруи.

– Я горд, что мне удалось выполнить для своей родины такую значимую работу. Это, наверно, одна из самых главных моих скульптур, - сказал он.

Сын политрука легендарной 112-й башкирской дивизии, погибшего в одном бою со своим генералом, председатель республиканской организации ветеранов войны, труда и правоохранительных органов Марат Муллагалямов поблагодарил всех за увековечение памяти достойного сына Башкортостана.

Владимир Мединский напомнил всем, что «шаймуратовская дивизия была совершенно необычной», поскольку в ней было больше героев Советского Союза, чем в любой другой дивизии сухопутных войск Красной армии - 78 человек.

– Мы рассуждали с Рустем Закиевичем, почему так произошло, - рассказал он. – Потому, что эти люди защищали свою родную землю, потому что они не боролись за абстрактный интернационализм, за абстрактную идеологию, не сражались за какие-то вымышленные, навязанные средствами массовой информацией идеалы. Они сражались за свой дом, за свою семью, за своих детей, за свою судьбу. И каждый из них в сердце нес свою маленькую родину

Прославленный генерал, бесстрашный сын башкирского народа Минигали Шаймуратов оставил глубокий след в героической истории страны. Константин Симонов написал о нем в очерке «В Башкирской дивизии». Именем

генерала Шаймуратова в Башкортостане названы улицы в городах Уфе, Стерлитамаке, Салавате, Ишимбае и Октябрьском. На Донбассе его имя носят площадь и улицы в городе Петровское, а также в поселке Чернухино (Луганская область). В 1964 село Биштяки, родная деревня генерала в Кармаскалинском районе Башкортостана, переименована в село Шаймуратово.

В с. Шаймуратово с 1972 при шаймуратовской школе действует музей Боевой славы, носящий его имя. В 1999 шаймуратовской средней школе присвоено имя М.М. Шаймуратова. Школа № 22 в г. Петровское носит имя Шаймуратова. В 2005 в г. Уфе открылся музей 112-й (16-й гвардейской) Башкавдивизии, командиром которой он был.

19 ноября 2013 года бюст Шаймуратова установлен на территории 29-го отряда специального назначения Внутренних войск МВД России (г. Уфа, мкр. Затон). Скульптор В.А. Дворник. Также образ Шаймуратова запечатлен в живописи. А.В. Храмов является автором картины "Генерал Шаймуратов" (1963), Г.М. Круглов – автор картин "В штабе дивизии М. Шаймуратова" (1989) и "Последний бой генерала Шаймуратова" (2006).

В Республике Башкортостан Шаймуратов считается народным героем, он воспет в башкирской песне «Шаймуратов-генерал» (муз. Загира Исмагилова, сл. Кадыра Даяна), ставшей народной. Песня была впервые исполнена солистом Башкирского государственного театра оперы и балета Габдурахманом Хабибуллиним в марте 1942 года (на башкирском языке) [2].

*Шли полки башкир в атаки,
Провожал седой Урал.
Впереди — на аргамаче
Шаймуратов-генерал.*

Памятник знаменитому военачальнику – это не просто признание и память. Минигали Мингазович верхом на коне как олицетворение Победы в войне напоминает о подвиге всего народа. Историки и ветераны надеются, что

увековеченный образ легендарного генерала станет настоящим примером для молодого поколения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гумеров Ф.Х. Генерал Шаймуратов. — Уфа: Китап, 1999.-312 с.
2. Насыров А.Х. Подвиг генерала: Воспоминания командира эскадрона 112-й башкирской кавалерийской дивизии. — Уфа: Китап, 2006.-345 с.

УДК 908

К. Р. ХАНАФИНА

kathanafina@mail.ru

Науч. руковод. – д-р ист. наук, проф. У. Б. ГАЙСИН

Уфимский государственный авиационный технический университет

ЛИ КУАН Ю – ВЫДАЮЩИЙСЯ ПОЛИТИК, ПОБЕДИВШИЙ КОРРУПЦИЮ

Аннотация. В статье рассматривается событие, имеющее мировое значение, а именно: победа коррупции и превращение бедной и отсталой страны в процветающее во всех отношениях государство.

Ключевые слова: коррупция; искоренение; реформы; инвестиции; инновации; законы; нормативные акты; судебная система; ответственность.

Республика Сингапур – город-государство, расположенный на одноименном острове и еще нескольких десятках более мелких островов. За 50 лет эта страна превратилась из нищей в одну из самых богатых в мире. Феномен Сингапура – самое, пожалуй, известное экономическое чудо Азии.

Как удалось добиться этих результатов в столь короткие сроки – за время правления одного человека, всего за пару десятков лет? Модернизацию Сингапура обеспечили усилия в четырех ключевых направлениях, таких как: экономические реформы, задавшие вектор инвестиционно-инновационного развития, социальная модернизация, эффективная борьба с коррупцией и политическая стабильность. В чем феномен Сингапура и как страна справилась с коррупцией?

Придя к власти, Ли Куан Ю развернул план, который уже описывали абсолютно везде – это «Сингапурское экономическое чудо». Если коротко: перестроив весь госаппарат, свободно пуская в страну инвесторов и создав центр торговли, Ли Куан Ю разработал уникальную систему, которая вывела нищий Сингапур в лидеры по уровню жизни, и доходам. При Ли Куан Ю правительство сурово выдавливало из общественной жизни всех противников системы и разработало законодательство, которое удивляет другие страны.

Все это – из-за особых отношений между государством и его народом. Для сингапурцев власть – не жестокий босс, но суровый родитель. Она дает

людям социальный комфорт и надежность, требуя взамен полный контроль над ситуацией. Хотя законы Сингапура унаследованы от законов Великобритании и , включая многие элементы английского общего права , в стране существуют законы, ограничивающие свободу слова, запрещающие высказывания, которые могут породить недоброжелательность или вызывать дисгармонию в много-расовом, многоконфессиональном обществе Сингапура.

В 1996 были внесены поправки в действующую конституцию, которые ограничивали компетенции президента республики. Парламент получил право отвергать вето президента большинством в две трети голосов. Правительство могло вводить законы с помощью референдума.

Способы и этапы искоренения коррупции. Сегодня Сингапур – одна из наименее коррумпированных стран в мире. Можно сказать, что сегодня коррупции попросту нет, во всяком случае, в верхних эшелонах власти подобные случаи практически единичны. И, это в стране, которая еще недавно считалась одной из самых коррумпированных стран мира. В 1950-е годы взятки брали открыто, это было традицией местных властей. Новое правительство поставило задачу искоренить коррупцию, невзирая на личные связи и не делая исключений. Власть, буквально объявила крестовый поход против коррупции, наказание за коррупцию в стране сделали неотвратимым. Законы сделаны обязательными для всех. Ни у кого нет иммунитета против расследования: ни у депутатов, ни у министров, ни у президента. В этой борьбе Ли Куан Ю не пожалел ни проштрафившихся близких родственников, ни давних соратников. Он сам подавал пример личной честности, отказавшись от льгот, служебного автомобиля, прислуги. Ли понимал, без веры в честность и неподкупность власти, ему не получить доверия и поддержки сингапурцев.

В стране было создано специальное Бюро по борьбе с коррупцией, подчинявшееся лично премьер-министру. Сотрудники бюро были наделены широкими полномочиями, имели право задерживать и обыскивать подозреваемых в коррупции, проводить расследования в отношении их родственников и поручи-

телей, расследовать любые правонарушения, вскрывшиеся в ходе разработки коррупционного дела.

Объектом антикоррупционных расследований становились члены кабинета министров и даже родственники премьер-министра. В результате ряд высших чиновников оказались в тюрьме, некоторые отбывают наказание до сих пор. Многие коррупционеры бежали из страны.

Когда близкого друга премьер-министра уличили в коррупции, Ли Куан Ю отправил его в тюрьму. В прессе широко освещался случай, когда министр социального развития, пойманный на взятке в 315 тысяч долларов, после разговора с Ли Куан Ю совершил самоубийство.

Другим направлением борьбы с коррупцией стало упрощение регулирования и повышение престижа госслужбы. Полномочия чиновников были детально регламентированы, для них установили целый ряд запретов и ограничений, процедуры принятия решений стали намного проще и прозрачнее.

Были подняты зарплаты судей и госслужащих. Так, зарплата сингапурского судьи достигла нескольких сот тысяч долларов в год (в 1990-е годы она превысила миллион долларов в год). Зарплаты госслужащих, занимающих ответственные посты, были повышены до уровня, сравнимого с доходами топ-менеджеров частных корпораций.

Ли Куан Ю утверждал, что людям на политических постах стоит платить большие зарплаты: они заслужили это тем, что представляют порядочное и честное правительство. Если им недоплачивать, им будет проще поддаться соблазну, считал премьер-министр. При пересмотре в 1989 и 1994 годах зарплат высшим государственным служащим Сингапура их повысили до такой степени, что они стали самыми большими в мире.

Сегодня с чиновниками проводят регулярные беседы о ловушках коррупции. Они систематически получают советы о том, как случайно не оказаться вовлеченным в коррупционные схемы. Чиновников предостерегают об ответственности в рамках закона о предотвращении коррупции. Сотрудники бюро

регулярно читают студентам колледжей лекции об опасности коррупционных схем как для них самих, так и для всего общества.

Госслужащие ежегодно подают специальную декларацию об отсутствии у них долгов. Предоставление чиновником ложных сведений в такой декларации приводит к увольнению с государственной службы.

Конечно, впечатляющие успехи в борьбе с коррупцией были достигнуты благодаря эффективной экономической политике, где приоритетными стали высокотехнологичные отрасли, включая фармацевтику и биотехнологий.

Важнейшую роль в модернизации страны сыграла реформа системы образования, которая прошла в 1960 –1970-е годы. Были созданы обязательные для всех школ минимальные образовательные стандарты. Кроме прочего, обязательным стало изучение английского языка и преподавание на нем целого ряда предметов. Правительство инвестировало средства в обучение сингапурских студентов в лучших университетах мира, параллельно создавая ведущие научно-образовательные центры у себя на родине. Сейчас в Сингапуре работают четыре университета, пять технических вузов, ряд частных институтов и отделения многих зарубежных университетов.

Еще один важный социальный аспект – успешная жилищно-коммунальная реформа. Государство сделало ставку на то, чтобы граждане покупали квартиры в собственность, а не жили в съемном жилье. За четыре десятилетия независимости более 90% сингапурцев переселились в построенные при участии государства многоквартирные жилые дома. В результате этой программы страна, занимающая второе место в мире по плотности населения, обеспечила каждого своего жителя не просто жильем, а жильем, которое у нас называют не иначе как элитным, то есть 4-5 комнатные квартиры в суперсовременных небоскребах с подземным гаражом, бассейном, фитнес-центром, детской площадкой и т.д.

В стране была создана оригинальная пенсионная система. Благодаря все тому же Центральному резервному фонду, еще одному предмету гордости Ли,

пенсионер там не просто обеспеченный, а богатый человек. По достижении пенсионного возраста на счете накапливается столь солидная сумма, что можно жить и не тужить до глубокой старости. Вообще, нужно отдать должное Ли Куан Ю, он создал, пожалуй, уникальную систему накопления денежных средств граждан, которая стала не только серьезным источником внутренних инвестиций, но и подспорьем социальных программ.

Итак, современный Сингапур – один из мировых лидеров в высокотехнологичных отраслях, таких как электроника и фармацевтика, крупнейший финансовый и нефтеперерабатывающий центр. Номинальный ВВП на душу населения по паритету покупательной способности страны в 2017 году достиг 93 тысяч долларов – третье место в мире после Катара и Люксембурга. С 2016 года показатель вырос на 4,8 тысячи, или на 5,38%. Почти 3% населения страны – долларовые миллионеры.

Внешнеполитический курс страны был ориентирован на укрепление экономического положения страны в мире. Выгодную позицию государству обеспечило и то, что Сингапур имеет расположение на пересечении морских торговых путей и оснащен одним из самых больших портов мира, что дает ему преимущество в торговой сфере. Так же Сингапур зарекомендовал себя как экономически стабильное и не коррумпированное государство, что убедило многие страны инвестировать деньги именно в него.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ли Куан Ю. Из третьего мира в первый. История Сингапура (1965-2000): М.:МГИМО,2005 год.-216с.
2. Academy of Corporate Management [Электронный ресурс]//режим доступа <https://singapore-academy.org/>

УДК 316.6

Л. М. ХАРИСОВА

craftsman-0@bk.ru

Науч. руковод. – канд. филос. наук, доц. Н. Б. ХИДИЯТОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ПЕРФЕКЦИОНИЗМ – НАХОДКИ И ТУПИКИ ЛИЧНОСТНОГО РАЗВИТИЯ

Аннотация. В статье освещается взгляд на возможные здоровое и патологическое проявление перфекционизма как стремления к совершенству.

Ключевые слова: совершенство; перфекционизм; личностный потенциал; личностное развитие.

Тысячелетиями кряду, в ногу с развитием общества, бытует легенда о безграничных возможностях человека, о потенциальной силе его ума и тела. В средневековье легенда обнаруживала себя в религиозном отождествлении человека с богом («обожение»), а в современности нашла отражение в кругах науки как теория о «незадействованных, сокрытых способностях человеческого мозга». [1] Нет числа случаям, когда фактор острого либо вынужденного перманентного стресса способствовал проявлению сверхчеловеческих способностей: мать, спасающая ребенка из-под груды тяжелейших обломков; люди войны, выживавшие в условиях многолетнего голода; мальчишки, вызволившие пострадавших из лап огня и воды. Однако героизм – это, скорее, «верхняя точка кипения», нежели нормальное состояние реализовавшей свой потенциал личности, и длительное пребывание в данной точке приведет к абсолютному истощению физических и ментальных ресурсов.

Безграничностью возможностей характеризуется понятие идеала. В идеальном образе нет места неспособности. Он предполагает отсутствие недостатков, завершенную, безукоризненную форму. Достижим ли идеал? Реальные представления о физиологии ставят легенду бескрайних способностей под вопрос с большой долей вероятности отрицательного ответа. Потенциал человека ограничен рамками разума и тела. Их можно расширить, но лишь до опреде-

ленного, весьма незначительного предела. В экзистенциализме Ж.-П. Сартра индивид в жизненном течении рассматривается как процесс и лишь посмертно становится завершенным объектом. С данной точки зрения достижение идеала возможно лишь по прекращении существования, потому как идеал – завершенное, непогрязимое совершенство, финальная точка на пути развития. В таком случае наша жизнь как процесс – суть стремление к идеалу, что по определению являет собой *перфекционизм*.

Понятие перфекционизм сформировалось в европейском философском обществе в девятнадцатом столетии, однако корнями уходит в античность, где в переводе с латинского *perfectio* есть «совершенство». По своей сути перфекционизм – стремление к идеалу как «к наилучшему, завершенному состоянию какого-либо явления». [2]

Весьма интересен вопрос двойственного понимания перфекционизма, связанного с возможностью противоположного трактования понятия. Функции и влияние перфекционизма с различных перспектив приобретают специфическое значение: он может быть представлен как стимул к действию, либо как парализующий яд. Бывает, что личностью осознается непостижимость идеала, и перфекционизм уступает место оптимализму, в обратном случае человек может уверовать в достижимость совершенства. Обратимся подробнее к некоторым из теорий для более детального рассмотрения вопроса.

Поиск совершенства – качество, сопровождающее человека в его истории. Размышления об идеале находят след у истоков западной философии. [3] Платон утверждал, что предметы есть отпечаток идеального в материи: «идея есть сущность вещи», а идеал – это совершенная модель, позволяющая сделать выводы о недостатках материальных вещей. На ее достижение следует направить все усилия. Позднее философы нового времени, в том числе Кант и Гегель, в своих трудах писали о совершенствовании данных человеку качеств как главной цели его жизни. Идеал по Канту – это прообраз в голове человека, в сравнении с которым происходит оценка действительности [4], и достичь его можно

лишь в искусстве как сфере эстетики, потому как именно оно способно «соединять (примирять) всеобщее и единичное, должное и сущее, типичное и характеристичное». Гегель описывал идеал как единство противоположностей вещи в себе, как «вечное, никогда не завершаемое обновление духовной культуры человечества, происходящее через выявление противоречия в составе наличной стадии знания и нравственности и через разрешение этого противоречия – в рождении новой стадии, в свою очередь чреватой противоречием и потому также подлежащей снятию». [5]

Феномен стремления к совершенному увязывается иными с биологической природой человека. К. Г. Юнг представление об идеале связал с влиянием архетипа: «стремление к совершенству является не только допустимым, но и просто врожденным свойством человека, одним из самых мощных корней цивилизации». А. Адлер трактовал перфекционизм как отражение «врожденного характера стремления к совершенству в смысле некоторого драйва, и совершенствование как направление для развития личности в целом». Таким образом, один вариант объясняет перфекционизм как благое устремление к развитию, «это настойчивость воли в достижении оптимального качества духовного, умственного, физического и материального бытия». Перфекционист «не обязательно верит, что можно достичь идеальной жизни или состояния жизни. Он, скорее, проявляет непоколебимую настойчивость в достижении наилучшего возможного уровня жизни». [6]

В противовес этому, согласно одной из психоаналитических теорий, разработанной практикующим психоаналитиком О. Демчук, идеал достижим в «точке безусловного счастья». [7] Сложное устройство нашего мира предполагает возможность полного совпадения реального с идеальным лишь в воображаемом мире, в созданном индивидом «убежище». Чтобы сохранить целостность убежища личность отвергает любые проявления действительности, противоречащие ее представлениям о совершенстве, и эти противоречия начинают казаться нападением извне. Личность, обнаруживая проявления, которые отка-

залась принимать, ощущает себя обманутой. Тело становится главным врагом как приемник сигналов действительности, как основной источник связи с ней. Отвергая телесность, легче игнорировать реальность и погружаться в веру правдивости воображаемого идеала. Возможно, с этим связана практика аскетического образа жизни, приверженцы которого через угнетение телесности теряют связь с действительностью в поисках идеала. К. Хорни писала о патологическом перфекционисте как личности, которая «стремится не только к ретушированию, но и к переплавке себя в совершенство особого вида, предписываемое специфическими чертами идеализированного образа». Перфекционист максималистичен: либо все, либо ничего; всегда недостаточно хорошо, поэтому действовать – больно; не стоит и пытаться. Представление о себе идеальном становится преградой на пути воплощения истинного потенциала, заложенного в личности. Любая попытка проявить активность становится нестерпимо болезненной, и личность, избегая ощущения неполноценности, прячется за апатией и возвращается в фантазийный мир, где уже воплотился идеал, уничтожая возможность приблизиться к нему посредством систематических действий. Перфекционизм превращает сокровища души в пыль и обращает взор человека к дальним, холодным звездам. Перфекционизм – словно золотые наручники на запястьях души или грозный цербер, охраняющий изваяние идеального образа, поднимающий сердитый рык при любой попытке личности неуклюже проявить потенциал. Примечательно, что порой, голос, зовущий душу к совершенствованию, принадлежит запечатленному в ней значимому объекту, которому она некогда подчинялась. Тогда самосовершенствование становится сродни погоне за призраком. Душа застывает в бетоне фундамента для постройки абсолютно чуждого ей дома, безумного цирка, царства кривых зеркал. Как видно, с оборотной стороны перфекционизм из «настойчивости воли» перевоплощается в парализатор, стоящий на пути развития и блокирующий активность.

К большому счастью, из ловушки стремления к ложному совершенству существует выход. Но для этого придется заглянуть в зеркало без цветных линз,

без прикрас – увидеть себя и мир такими, какие они есть, и учиться боль от несовершенства, несоответствия преобразовывать в интерес к узнаванию реального. Так альтернативой патологическому перфекционизму служит здоровый оптимализм, и если в первом неудача, отрицательные эмоции, успех и реальность отторгаются, то в последнем они признаются приемлемыми как часть материального мира.

Вновь обратимся к словам Адлера о двойственном значении перфекционизма: *«сильное чувство неполноценности, или комплекс неполноценности, может затруднить позитивный рост и развитие. Однако умеренное чувство неполноценности побуждает ребенка расти, стать таким же сильным или даже сильнее других, стремиться к совершенствованию, к превосходству, к развитию своих способностей. Т.е. стремление преодолеть комплекс неполноценности запускает процесс развития человека»*. [8] Важно стремиться к тому, чтобы понятие об идеале для каждой личности стало сугубо индивидуальным и заключалось в полной реализации ее потенциала. В таком случае стремление к совершенству не заморозит душу в безумном мире фантазий, а станет легким, приятным бризом, дающим силу парусам способностей человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 5 мифов о мозге. // ПостНаука. 2014. URL: <https://postnauka.ru/faq/36261>
2. Идеал. // Академик. URL: https://dic.academic.ru/dic.nsf/dic_fwords/16710/ИДЕАЛ
3. Перфекционизм. Логико-семантический анализ. // Социальная научная сеть. 2017. URL: <https://www.science-community.org/ru/node/184728>
4. Кормин Н.А. И. Кант: совершенство в структуре эстетического поля метафизики. // Научная электронная библиотека «КиберЛенинка». 2021. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/i-kant-sovershenstvo-v-strukture-esteticheskogo-polya-metafiziki/viewer>
5. Таскин Е. «В сравнении»: что такое идеал? Версии Канта и Гегеля. // Concepture. 2017. URL: https://concepture.club/post/rubrika_2021/v-sravnenii-cto-takoe-ideal-versii-kanta-i-gegelja
6. Перфекционизм (философия). // Википедия. URL: [https://wikichi.ru/wiki/Perfectionism_\(philosophy\)](https://wikichi.ru/wiki/Perfectionism_(philosophy))
7. Демчук О. «Только этого мало». О жадности, пустоте, голодных единорогах и потребностях. // Psy Practice. 2020. URL: <https://psy-practice.com/publications/psikhicheskoe-zdorove/tolko-etogo-malo-o-zhadnosti-pustote-golodnykh-edinorogakh-i-potrebnostyakh/>
8. IMPsi. Индивидуальная психология Альфреда Адлера. // Психология. Лекции, советы, материалы для студентов. 2018. URL: <https://impsti.ru/general-psychology/individualnaya-psihologiya-alfreda-adlera/>

СЕКЦИЯ 7.2 СОВРЕМЕННАЯ ФИЗИКА

УДК 631.544.4:620.9

А. А. АГЛИУЛЛИН
agliullin.arsen@mail.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. М. М. АБРАМОВА

Уфимский государственный авиационный технический университет

АВТОНОМНАЯ ТЕПЛИЦА НА БАЗЕ КОНТРОЛЛЕРА ARDUINO И МИКРОКОМПЬЮТЕРА RASPBERRY

Аннотация. На сегодняшний день в России выращивается лишь 70% потребляемых фруктов и овощей, остальное импортируется из других стран. При этом для сохранения качества продукции овощи часто подвергаются обработке специальными веществами, которые сохраняют их внешний вид, но при этом могут негативно сказаться на организме человека. Для увеличения доли свежих овощей, произведенных в нашей стране, можно использовать теплицы. С учетом сурового климата, использование теплиц значительно может увеличить количество и качество производимых овощей. Применение автономных же теплиц может снизить трудо- и энергозапраты. В данной работе был сконструирован лабораторный макет автономной теплицы, осуществляющий капельный полив, а также имеющий возможность автономного проветривания и включения дополнительного освещения.

Ключевые слова: автономная система; удаленный доступ; капельный полив.

Ежегодно в нашей стране выращивают 14–16 млн т овощей (без учета картофеля), что составляет около 106 кг на человека при медицинской норме на уровне 140 кг. Для сравнения: в странах Евросоюза (кроме Скандинавии) и США собирают по 200 кг на человека, а в Китае — 450 кг. Характерной особенностью современного овощеводства России является тот факт, что население производят почти 70 % овощей, выращиваемых в стране. То есть, сельхозпредприятия обеспечивают потребности продовольственного рынка менее чем на треть. Недостаточная обеспеченность внутреннего потребительского рынка в овощах компенсируется за счет импорта. Например, в 2014 г. было импортировано 2,4 млн т овощей [1,2].

Причинами дефицита отечественной продукции является целый комплекс проблем, возникших с развалом системы колхозов, не решенных до сих пор.

Вот самые основные из них:

1. технологическое отставание большинства сельхозпредприятий от современного уровня европейских стран;
2. чрезмерное использование ручного труда;
3. недостаточный уровень субсидирования отрасли со стороны государства.

Все это приводит к тому, что промышленное овощеводство в России имеет слишком высокую себестоимость. Для сравнения, в настоящее время такая маленькая по площади суши (33760 км²) страна как Голландия с высокой плотностью населения (примерно 406 человек на 1 км²) занимает 2 место в мире среди поставщиков продуктов питания за счет тепличных комплексов. Голландия расположена в 1600 км от северного полярного круга, что в свою очередь говорит о некоторой схожести погодных условий. Несмотря на это, занимает 1 место в мире по поставкам томатов, картофеля, лука. 3 место в мире по поставкам семян.

С 2000 года голландским фермерам удалось практически полностью отказаться от применения пестицидов, а с 2009 года сократить использование антибиотиков в птицеводстве и животноводстве на 60%. Урожай растений собирается в теплицах за счет климат-контроля круглогодично. Тепличные хозяйства в основном семейного типа. Голландцы создают сельское хозяйство будущего, больше всех в мире вкладываясь в научные исследования. Они мировые лидеры по внедрению высоких технологий в сельском хозяйстве.

Исходя из вышеизложенного, развитие тепличного производства в нашей стране с ее суровым климатом — это путь решения проблемы продовольственной безопасности, обеспечения населения разнообразными, экологически чистыми и доступными продуктами питания, при условии внедрения современных наукоемких инженерных технологий.

В данной работе была сконструирована лабораторная модель автономной теплицы. Для осуществления автономной работы были использованы:

- Контроллер Arduino Nano– 1 шт.

- Одноплатный микрокомпьютер Raspberry Pi3-1 шт.
- Дисплей MEGA2560 20X4 LCD2004- 1шт.
- RPi Camera(G).Видеокамера для Raspberry Pi3-1 шт.
- Датчик температуры и влажности BME280-1шт.
- Силовое реле (4канала) -1 шт.
- Кулер от ПК – 1 шт.
- Помпа на 12 В.-1 шт.
- Электромагнитный клапан.
- Датчик уровня воды
- Емкости для воды, грядки, гидросистема, провода и тд.
- Солнечная батарея 12В.
- Свинцовый аккумулятор 12В.
- Драйвер моторов TB6612

Данная конструкция макетной Автономной теплицы (рис. 1) является первой ступенью для создания более сложной конструкции: Автономной теплицы загородного участка.



Рис. 1. Макет автономной теплицы

В данном макете был осуществлен капельный полив. Капельный полив считается рациональным, с точки зрения локального конечного полива на каждый конкретный куст. Меньше воды - меньше испарения – больше экономии воды и энергоресурсов. Для реализации капельного полива использовался универсальный контроллер-таймер для теплицы и других мест, где нужна автоматизация по таймеру или показателям микроклимата/другим датчикам, имеет 10 отдельно настраиваемых каналов управления, собран из недорогих китайских компонентов и заменяет несколько “магазинных” контроллеров разного назначения: управление поливом, освещением, открытием дверей и многого другого. Может использоваться как для теплиц/грядок, так и для аквариумов, террариумов, инкубаторов и прочих автоматических систем. При этом осуществляется капельный полив в соответствии с нуждами культур, при превышении температуры выше установленного порога, производит проветривание, при недостаточном освещении, включает дополнительное освещение.

Удаленный доступ осуществляется микрокомпьютером Raspberry Pi3, установленном внутри теплицы. К Raspberry Pi подключается видеокамера.

Платформа Arduino Nano, построенная на микроконтроллере ATmega328 (Arduino Nano 3.0) или ATmega168 (Arduino Nano 2.x), имеет небольшие размеры и может использоваться в лабораторных работах. Программирование процесса осуществлялось самостоятельно [3]. Данная платформа имеет ряд преимуществ:

Во-первых, в нем содержится уже 3 датчика: отсюда способность измерять температуру, давление и влажность. Модуль работает через I2C или SPI интерфейс.

Во-вторых, модуль рассчитан на использование в различных мобильных устройствах и проектах. Поэтому он занимает немного места и расходует мало энергии. Отсюда и питание модуля требует напряжения всего лишь в 1.71 — 3.6 В, что несколько отличает его от большинства датчиков, которые питаются от 5 В.

Использование поплавкового датчика уровня воды - позволяет контролировать уровень воды проверяя выходную цепь на электрическое замыкание. Датчик замыкает цепь, сигнализируя о том, что он «утонул».

Датчики освещенности (освещения), построенные на базе фоторезисторов, довольно часто используются в реальных Arduino проектах. Они относительно просты, не дороги, их легко найти и купить в любом интернет-магазине. Фоторезистор Arduino позволяет контролировать уровень освещенности и реагировать на его изменение.

Датчик влажности почвы состоит из двух датчиков, которые используются для измерения объемного содержания воды. Два зонда позволяют току пройти через почву, которая дает значение сопротивления, что позволяет в итоге измерить значение влаги. Когда есть вода, почва будет проводить больше электричества, а это значит, что будет меньше сопротивление. Сухая почва плохо проводит электричество, поэтому, когда воды меньше, почва проводит меньше электричества, а это значит, что сопротивление будет больше.

Таким образом, в рамках выполнения работы была сконструирована лабораторная модель автономной теплицы, обеспечивающая капельный полив, в зависимости от степени влажности почвы, что, в свою очередь, существенно уменьшает трудозатраты, а также сильно экономит воду. Существенно сокращает затраты на электроэнергию. И в совокупности всех факторов, автономная теплица позволяет получать экологически чистые продукты с меньшими затратами сил и средств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Груздева, В.В. Некоторые аспекты потребления продуктов питания в регионе / В.В. Груздева, А.Н. Игошин // Вестник НГИЭИ. – 2017. – № 9 (76). – С. 110–118.
2. Юдаев, И.В. Автономная теплица, функционирующая на возобновляемых энергоресурсах / И.В. Юдаев, М.Ю. Попов, Р.В. Попова // Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование. – 2020. – №1 (49). – С. 33-42.
3. Джон Бокселл. Изучаем Ардуино; 65 проектов своими руками / Джон Бокселл. – СПб.: Питер, 2017.– 480с.

УДК 544.22

А. В. ГАЛАКТИОНОВА

g-arina@yandex.ru

Науч. руковод. – д-р физ.-мат. наук, проф. Р. Г. ЧЕМБАРИСОВА

Уфимский государственный авиационный технический университет

ЭВОЛЮЦИЯ ЧАСТИЦ ВТОРИЧНЫХ ФАЗ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Cu-Cr-Zr С ПРЕДЕЛЬНО НИЗКОЙ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ ТВЕРДОГО РАСТВОРА В ПРОЦЕССЕ ДЕФОРМАЦИОННО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Аннотация. Методами аналитического моделирования проведен анализ эволюции частиц вторичных фаз в процессе равноканального углового прессования и последующего отжига сплава Cu-0.6 вес.% Cr-0.1 вес.% Zr с предельно низкой концентрацией твердого раствора. Показано, что в процессе деформирования происходит фрагментация частиц вторичных фаз. В результате последующего отжига – выделение атомов Cr в мелкие частицы из матрицы и коагуляция сформировавшихся ранее частиц. Выявлен характер их влияния на предел прочности исследуемого сплава.

Ключевые слова: медные сплавы; частицы вторичных фаз; предел прочности.

Введение. Использование медных сплавов для изготовления проводников электрического тока предъявляет к этим сплавам такие требования, как высокая механическая прочность и высокая электрическая проводимость. На эти важные физико-механические характеристики оказывают значительное влияние в частности такие дефекты кристаллической решетки, как частицы вторичных фаз, эволюционирующие в процессе различных деформационно-термических обработок [1-2].

Целями данной работы явились анализ эволюции частиц вторичных фаз в процессе равноканального углового прессования (РКУП) и последующего отжига в течение 1 часа при температуре 450°C сплава Cu-0.6 вес. % Cr-0.1 вес. % Zr, полученного в результате отжига при температуре 450°C в течение 4,5 часов, и их влияния на характер изменения его предела прочности.

1. Экспериментальные характеристики сплава Cu-0.6Cr-0.1Zr в ходе деформационно-термической обработки. Детали методов обработки сплава Cu-0.6 вес. % Cr-0.1 вес. % Zr и экспериментального изучения его физико-механических свойств представлены в работах [3, 4]. Образцы сплава

выдерживали при температуре 450°C в течение 4,5 часов, после чего подвергали РКУП при комнатной температуре по схеме Вс с углом пересечения каналов 90°. Последующий отжиг проводился при температуре 450°C в течение 1 часа. В результате отжига сформировалась исходная крупнокристаллическая (КК) структура сплава с минимальной концентрацией твердого раствора (ТР). Известные экспериментальные данные о сплаве Cu-0.6 вес. % Cr-0.1 вес. % Zr. в различных структурных состояниях отражены в таблице 1. В сплаве наблюдались частицы различной морфологии и химического состава: стержневидные хромовые, квадратные медно-циркониевые, овальные и круглые медно-хромовые частицы.

Таблица 1

Параметры микроструктуры и значения предела прочности сплава Cu-0,6Cr-0,1Zr в различных структурных состояниях

Состояние	КК	8РКУП	8РКУП+А
d , нм	$(47.2 \pm 1.5) \cdot 10^3$	110±15	140±15
D_s , нм	8.3	5.9	5.5
L_s , нм	120±5	60	42±2
D_h , мкм	2.0	1.53	1.13
L_h , мкм	18.0±0.2	12.0±0.3	16.0±0.3
q , м ⁻²	$(0.3-2) \cdot 10^{13}$ [5]	$4.0 \cdot 10^{14}$ [5]	$2.8 \cdot 10^{14}$ [5]
$\sigma_{\text{уexp}}$, МПа	300 [5]	655	705

После 8 проходов РКУП (состояние 8РКУП) сформировалась ультрамелкозернистая (УМЗ) структура. Среднее расстояние между крупными частицами уменьшилось. В состоянии 8РКУП удельная электрическая проводимость составляла 78% IACS, в то время как в исходном состоянии она была равна 84% IACS. По предположению авторов [3, 4], падение удельной электропроводимости явилось следствием деформационно – индуцированного растворения частиц и формирования ТР. В результате последующего отжига (состояние 8РКУП+А) наблюдался процесс коагуляции и роста крупных частиц. Увеличение плотности мелких частиц после отжига объяснялось авторами увеличением концентрации ТР в результате деформационно –

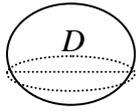
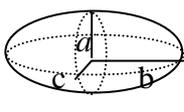
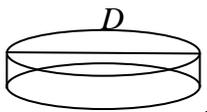
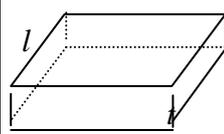
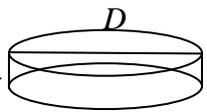
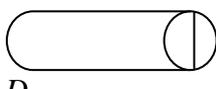
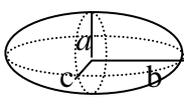
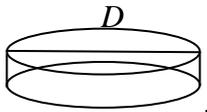
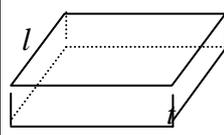
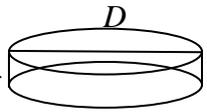
индуцированного растворения частиц в процессе РКУП [3, 4]. Удельная электропроводимость в состоянии 8РКУП+А составила 86% IACS.

2. *Моделирование прочности сплава в исходном состоянии.* Отжиг сплава в состоянии поставки приводит к распаду пересыщенного ТР и выделению частиц вторичных фаз, содержащих Cr и Zr [6]. Модельное представление частиц в исходном отожженном состоянии сплава Cu-0.6 вес. % Cr-0.1 вес. % Zr было описано в работе [7]. Морфология частиц в исходном состоянии отражена в таблице 2.

Таблица 2

Модельное представление частиц вторичных фаз в сплаве

Cu-0.6 вес.% Cr-0.1 вес.% Zr, взятом в исходном и 8РКУП состояниях

Cr	CuCr ₄	CuCr	Cu ₅₁ Zr ₁₄	Cu ₅ Zr
Крупные частицы				
Исходное состояние				
 $D = 2.00 \text{ мкм}$	 $a = c = 0.3 \text{ мкм}$ $b = 1.0 \text{ мкм}$	 $t = 0.30 \text{ мкм}$ $D = 2.00 \text{ мкм}$	 $t = 0.32 \text{ мкм}$ $l = 2.00 \text{ мкм}$	 $t = 0.32 \text{ мкм}$ $D = 2.00 \text{ мкм}$
Состояние 8РКУП				
$D = 1.53 \text{ мкм}$	$a = c = 0.23 \text{ мкм}$ $b = 0.77 \text{ мкм}$	$t = 0.23 \text{ мкм}$ $D = 1.53 \text{ мкм}$	$t = 0.24 \text{ мкм}$ $l = 1.53 \text{ мкм}$	$t = 0.24 \text{ мкм}$ $D = 1.53 \text{ мкм}$
Мелкие частицы				
Исходное состояние				
 $D = 1.86 \text{ нм}$ $l = 8.30 \text{ нм}$	 $a = c = 1.25 \text{ нм}$ $b = 4.15 \text{ нм}$	 $t = 1.24 \text{ нм}$ $D = 8.30 \text{ нм}$	 $t = 1.33 \text{ нм}$ $l = 8.30 \text{ нм}$	 $t = 1.33 \text{ нм}$ $D = 8.30 \text{ нм}$
Состояние 8РКУП				
$D = 1.32 \text{ нм}$ $l = 5.90 \text{ нм}$	$a = c = 0.89 \text{ нм}$ $b = 2.95 \text{ нм}$	$t = 0.88 \text{ нм}$ $D = 5.90 \text{ нм}$	$t = 0.94 \text{ нм}$ $l = 5.90 \text{ нм}$	$t = 0.94 \text{ нм}$ $D = 5.90 \text{ нм}$

Крупные частицы вторичных фаз расположены во внутренних областях зерен на расстоянии L_h . Вдоль ГЗ они расположены гораздо плотнее. Расстоя-

ния между ними L_{gb} имеют значения порядка размера самих частиц [8]. В прочность сплавов в исходном состоянии вносят вклад напряжение Пайерлса-Набарро [9, 10], твердорастворное упрочнение [11-13], упрочнение частицами вторичных фаз [10, 14-17], дислокационное упрочнение [18].

Мелкие частицы распределены по размерам [3, 4]. Предполагалось, что мелкие частицы размера $D=5.5$ нм, содержащие Cr, перерезаются дислокациями. Когерентные частицы вторичных фаз i повышают прочность сплава на значения σ_{secc1} , σ_{secc2} , σ_{secc3} , представленные в таблице 3. Считалось, что крупные частицы во внутренних областях зерен огибаются дислокациями, что повышает прочность сплава на σ_{secnch} . Огибание частиц в области ГЗ – на $\sigma_{secncgb}$. Вклад в прочность сплава некогерентных мелких частиц составил σ_{secncs} , вклад дислокационного упрочнения – σ_{disl} (Таблица 3).

Согласно проведенным оценкам $L_{gb} \approx 2.4$ мкм, что согласуется с экспериментальными наблюдениями [8].

3. Моделирование прочности сплава в состоянии 8РКУП.

Предполагалось, что в состоянии после 8 проходов РКУП в момент достижения предела прочности плотность дислокаций имеет значение, равное $q \approx 4.0 \cdot 10^{14} \text{ м}^{-2}$. Считалось, что в процессе РКУП происходила фрагментация частиц вторичных фаз. При этом пропорции размеров частиц сохранились. Соответственно, массовые доли выделившихся в частицы вторичных фаз легирующих элементов, оставались такими же, что и в исходном состоянии. Растворения частиц не происходило.

Согласно расчетам, в состоянии 8РКУП средний размер некогерентных мелких частиц составил $D_{snc} \approx 15.5$ нм, среднее расстояние между ними – $L_{snc} \approx 79.463$ нм. Расстояние между крупными частицами после РКУП уменьшилось. При этом считалось, что они являются барьерами на пути скользящих дислокаций и способствуют их накоплению внутри зерен.

4. Моделирование прочности сплава в состоянии 8РКУП+А.

Известно, что в результате повторного отжига происходит коагуляция частиц [19]. Предполагалось, что отжиг привел в то же время к выделению из раствора атомов Cr. При этом их массовая доля в матрице уменьшилась до нуля.

Расстояние между некогерентными мелкими частицами в состоянии 8РКУП+А составило [20]: $L_{\text{snca}} \approx 56.1$ нм.

Вклады всех факторов в упрочнение в состоянии 8РКУП+А представлены в таблице 3.

Таблица 3

Упрочняющие факторы, модельные значения пределов прочности σ_{ui} , истинные значения экспериментальных пределов прочности σ_{uiexp} сплава в различных структурных состояниях

Состояние сплава Факторы	Исходное КК	8РКУП	8РКУП+А
σ_p , МПа	13.8	13.8	13.8
σ_c , МПа	0.0192	0.0192	–
σ_{secc1} , МПа	17.13	43.38	70.37
σ_{secc2} , МПа	18.82	47.47	47.47
σ_{secc3} , МПа	29.59	74.72	74.72
σ_{secncs} , МПа	163.45	281.75	335.90
σ_{secnch} , МПа	2.631	–	–
σ_{disl} , МПа	54.571	244.05	204.19
σ_{secncgb} , МПа	107.99	–	–
σ_{uiexp} , МПа	408.00	687.75	775.50
σ_{ui} , МПа	408.00	705.19	746.45

Заключение

Проведенный методами аналитического моделирования анализ предела прочности сплава Cu-0.6 вес. % Cr-0.1 вес. % Zr с предельно низкой концентрацией твердого раствора позволил сделать вывод о том, что согласующееся с экспериментальными данными увеличение предела прочности исследуемого сплава после РКУП возможно при условии фрагментации частиц вторичных фаз. Дальнейшее увеличение предела прочности в результате последующего отжига обусловлено практически полным выделением оставшихся в растворе

атомов Cr из матрицы и формированием мелких частиц Cr и сохранением достаточно высокого значения плотности дислокаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Илларионова А.Г., Гриб С.В. [и др.] Связь структуры, фазового состава, физикомеханических свойств в закаленных сплавах системы Ti–Nb // ФММ. 2019. № 2. С. 161–168.
2. Бродова И.Г., Ширинкина И.Г. [и др.] Эволюция структуры закаленного Al–Zn–Mg–Fe сплава в процессе интенсивной пластической деформации и отжига // ФММ. 2020. № 9. С. 987–994.
3. Фаизов И.А., Мулюков Р.Р. [и др.] Растворение частиц вторых фаз в низколегированном медном сплаве системы Cu–Cr–Zr при обработке методом равноканального углового прессования // Письма о материалах. 2018. Т. 8, №1. С. 110 - 114.
4. Фаизов И.А. Фазовые превращения “растворение-выделение” в низколегированных сплавах системы Cu–Cr–Zr при интенсивной пластической деформации // Дисс. на соискание ученой степени канд. физ.-мат. наук. Уфа. ФГБОУ ВО “УГАТУ”. 2018. 158 с.
5. Морозова А.И. Эволюция структуры и физико-механических свойств низколегированных сплавов системы Cu–Cr–Zr в процессе деформационно-термической обработки // Дисс. на соискание ученой степени канд. физ.-мат. наук. Белгород. НИУ “БелГУ”. 2018. 144 с.
6. Шаньгина Д.В. Закономерности получения ультрамелкозернистых медных сплавов с повышенными прочностными и эксплуатационными свойствами // Дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук. Москва. ИМЕТ. 2018. 142 с.
7. Чембарисова Р.Г., Галактионова А.В., Ямилева А.М. Эволюция частиц вторичных фаз в сплавах системы Cu–Cr–Zr с предельно низкой концентрацией твердого раствора в процессе деформационно-термической обработки // ФММ. 2021. Т. 122, №1. С. 45–52.
8. Sarkeeva E.A., Sitdikov V.D, Raab G.I, Wei W. and Alexandrov I.V. // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. and Eng. 2018. V. 447. 012065
9. Peierls R. // Proc. Phys. Soc. 1940. Vol. 52. P. 34–37.
10. Чембарисова Р.Г., Александров И.В., Ямилева А.М. Влияние структурных факторов на прочность и электропроводность объемных наноструктурных медных сплавов // ЖТФ. 2019. Т. 89, № 2. С. 192 – 201.
11. Хаазен П. // Физическое металловедение. М.: Мир, 1968. С. 248–326.
12. Флейшер Р., Хаббард У. В сб.: Структура и механические свойства металлов / Под ред. В.А. Алексеева. М.: Metallургия, 1967. С. 85.
13. Чембарисова Р.Г. Влияние границ зерен на электропроводность медных сплавов // ЖТФ. 2020. Вып. 4. С. 618–626.
14. Gerold V. // Dislocations in Solids / Ed. by F.R.N. Nabarro, North Holland. 1979. V. 4. P. 220.
15. Ardell A.J. // Metall. Trans. A. 1985. V. 16. P. 2131–2162.
16. Liu P., Kang B.X., Cao X.G., Huang J.L., Gu H.C. // J. Mater. Sci. 2000. V. 35. P. 1691–1694.
17. Хирш П.Б., Хэмпфри Ф.Дж. // Физика прочности и пластичности. 1972. С. 158–186.
18. Конрад Х. // Сверхмелкое зерно в металлах / Под ред. Л.К. Гордиенко. 1973. С. 206.
19. Hatakeyama M., Toyama T., Nagai Y., Hasegawa M., Eldrup M., Singh B.N. Nanostructural Evolution of Cr-rich Precipitates in a Cu–Cr–Zr Alloy During Heat Treatment Studied by 3 Dimensional Atom Probe // Mater. Trans. 2008. V. 49, №3. P. 518–521.
20. Чембарисова Р.Г. Приватное сообщение

УДК 537:53.04

Р. Г. ГУБАЙДУЛЛИН, С. Р. ЯГАФАРОВ

radik1998.GRG@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. З. А. ЯГАФАРОВА

*Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета
Уфимский государственный авиационный технический университет*

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ИССЛЕДОВАНИЯ БИОПОТЕНЦИАЛОВ

Аннотация. Рассмотрены физическая суть возникновения электрических импульсов в сердечной мышце и принципы метода графической регистрации биопотенциалов.

Ключевые слова: биопотенциалы; электрокардиография; электрический импульс.

Электрокардиография является методом графической регистрации электрических явлений (биопотенциалов), возникающих в сердечной мышце при ее возбуждении. Годом основания электрокардиографии (ЭКГ) считается 1903г., когда голландский электрофизиолог Эйнтховен сконструировал струнный гальванометр и записал первую кардиограмму.

Известно, что мышца сердца состоит из клеток двух видов – клеток проводящей системы и сократительного миокарда. В связи с этим сердце обладает рядом функций: способностью вырабатывать импульсы, вызывающие возбуждение (автоматизм), способностью проводить импульсы от места их возникновения до сократительного миокарда (проводимость), способностью возбуждаться под влиянием импульсов, во время возбуждения сердца образуется электрический ток (возбудимость), который регистрируется гальванометром в виде ЭКГ, способностью сокращаться под влиянием импульсов (сократимость), невозможностью возбужденных клеток миокарда снова активироваться при воздействии дополнительного импульса (рефрактерность). ЭКГ позволяет изучить автоматизм, проводимость, возбудимость и рефрактерность сердечной мышцы.

Возбуждение проводящей системы сердца начинается в правом предсердии, где генерируются импульсы с частотой 60–90 в минуту, вызывающие возбуждение и сокращение всего сердца. Далее импульс достигает миокарда пред-

сердий. По предсердиям возбуждение распространяется преимущественно по трем путям: переднему (Бахмана), среднему (Венкебаха), заднему (Тореля).

Возникновение электрических явлений в сердечной мышце связано с движением ионов калия (K^+), натрия (Na^+), кальция (Ca^{2+}), хлора (Cl^-) через клеточную мембрану. Основную роль при этом играют катионы K^+ , Na^+ и Ca^{2+} . В электрохимическом отношении клеточная мембрана представляет собой оболочку с разной проницаемостью для различных ионов. Во внеклеточной жидкости высока концентрация катионов Na^+ и Ca^{2+} , что создает положительный заряд наружной поверхности мембраны клетки, находящейся в состоянии покоя. В состоянии покоя внутренняя поверхность мембраны имеет отрицательный заряд, обусловленный разнородными органическими молекулами. В невозбужденной клетке мембрана более проницаема для ионов K^+ .

Калий поступает в клетку и вызывает нивелировку отрицательного заряда мембраны. Высокая концентрация катионов K^+ внутри клетки приводит к тому, что в силу концентрационного градиента калий выходит из клетки. Создается K^+ – равновесный потенциал, составляющий в норме около -90 мВ, что соответствует трансмембранному потенциалу покоя. Таким образом, в состоянии покоя наружная поверхность мембраны клетки заряжена положительно, а внутренняя – отрицательно.

Под воздействием электрического импульса открываются быстрые натриевые каналы, Na^+ быстро устремляется внутрь клетки (быстрый натриевый ток). При этом внутренняя поверхность мембраны на данном участке становится заряженной положительно, а наружная – отрицательно за счет преобладания анионов.

Этот процесс носит название деполяризации и связан с потенциалом действия (ПД). Таким образом, при возбуждении миокардиальная клетка становится электрическим диполем. Отведение токов от невозбужденного и возбужденного участков обуславливает разность потенциалов. Электрокардиограф записывает отклонение от изоэлектрической линии – зубец деполяризации. Диполь продуцирует ток и создает в окружающей волокно проводящей среде электри-

ческое поле, ориентация которого соответствует ориентации диполя от «минуса» к «плюсу».

Снижение уровня ПД до -50 мВ приводит к закрытию быстрых Na^+ – каналов, открываются медленные Na^+ и Ca^{2+} –каналы, по которым в клетку медленно поступают катионы Na^+ и Ca^{2+} , а K^+ выводится из клетки. Это приводит к завершению процессов деполяризации. Вся наружная поверхность клеточной мембраны заряжается отрицательно, а внутренняя — положительно. Регистрируемый зубец возвращается к изоэлектрической линии. После деполяризации происходит уравнивание потенциалов ионных потоков, входящих (Na^+ , Ca^{2+}) и выходящих (K^+) из клетки, вследствие чего электрокардиограф будет регистрировать изоэлектрическую линию. В дальнейшем происходит резкое уменьшение проницаемости клеточной мембраны для Na^+ и Ca^{2+} и значительный рост для K^+ . Преобладание перемещения ионов K^+ из клетки приводит к восстановлению прежней поляризации мембраны: наружная поверхность вновь заряжается положительно, а внутренняя — отрицательно. Этот процесс называется быстрой реполяризацией. В этот момент электрокардиограф регистрирует меньший по амплитуде зубец реполяризации. Электрическая систола заканчивается полным восстановлением исходной поляризации мембраны клетки. В конце реполяризации и в фазу систолы происходит восстановление исходной концентрации K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Cl^- внутри и вне клетки благодаря действию « Na^+ – K^+ –насоса».

Процессы деполяризации и реполяризации в целом миокарде протекают гораздо сложнее, чем в одиночном мышечном волокне. В миокарде деполяризация начинается в эндокарде и распространяется к эпикарду. Возбуждение в целом миокарде — это непрерывный процесс. Процесс реполяризации в обоих желудочках начинается у эпикарда и распространяется к эндокарду.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голдбергер А.Л. Клиническая электрокардиография. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 328 с.
2. Кук-Суп Со. Клиническая интерпретация ЭКГ. – М.: МЕДпресс-информ, 2015. – 248 с.
3. Ослопов В.Н., Богоявленская О.В., Милославский Я.М., Ахунова С.Ю. Инструментальные методы исследования сердечно-сосудистой системы. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. – 656 с.

УДК 669.35: 539.25

Л. И. ЗАЙНУЛЛИНА, Е. А. САРКЕЕВА

ZaynullinaLI@yandex.ru

Науч. руковод. – д-р физ.-мат. наук, проф. И. В. АЛЕКСАНДРОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЛАВА CU-2 ВЕС.% ВЕ, ПОДВЕРГНУТОГО ИПД

Аннотация. В данной работе исследованы микроструктура, механические свойства и электропроводность сплава Cu – 2 вес.% Ве, подвергнутого интенсивной пластической деформации (ИПД). Установлены закономерности влияния ИПД и последующего искусственного старения на параметры микроструктуры, микротвердость и электропроводность сплава. Показано, что интенсивная пластическая деформация кручением (ИПДК) и дальнейшее старение приводят к формированию ультрамелкозернистых наноструктурных (УМЗ НС) состояний, характеризующихся повышенными прочностными свойствами и электропроводностью.

Ключевые слова: ИПДК; бериллиевая бронза; электропроводность; наноструктура.

Бериллиевые бронзы являются перспективными сплавами, широко применяемыми для производства изделий ответственного назначения. Они обладают превосходными конструкционными и функциональными свойствами, в том числе: высокими прочностью, упругостью, пределами текучести и усталости, а также электро- и теплопроводностью, сопротивлением коррозии и износостойкостью [1]. Растворимость атомов Ве в медной матрице уменьшается при понижении температуры. В связи с этим бериллиевые бронзы относятся к дисперсионно-твердеющим сплавам. Классическая обработка включает отжиг твердого раствора в диапазоне температур от 700°C до 800°C с последующими закалкой и низкотемпературным старением в диапазоне температур от 280°C до 350°C. В процессе старения реализуется следующая последовательность превращений: однородные зоны Гинье-Престона → когерентные метастабильные γ'' фазы → последующие γ' фазы → равновесная γ фаза [2]. В результате бериллиевые бронзы приобретают твердость до 400 HV, предел текучести ~1100 МПа при электропроводности ~15-20% IACS [3].

Методы интенсивной пластической деформации (ИПД) убедительно демонстрируют возможность формирования ультрамелкозернистых (УМЗ) наноструктурных состояний, характеризующихся привлекательными свойствами, в

различных металлических материалах [4]. Результаты исследования влияния ИПД кручением (ИПДК) под высоким давлением на микроструктуру, механические свойства и особенности деформационного старения бериллиевой бронзы Cu-2 вес.% Be представлены в статье [5]. Авторами установлено, что ИПДК, реализованная при комнатной температуре с числом оборотов, равным 5, и последующее старение обеспечивают формирование нанокристаллического (НК) состояния, характеризующегося максимальным значением микротвердости, равным 465 ± 4 HV. Полученные значения существенно превышают значение микротвердости, равное 390 HV и характерное для крупнозернистых сплавов системы Cu-Be, подвергнутых старению при оптимальных условиях.

Обеспечение сочетания высокой прочности и электропроводности имеет не только фундаментальный интерес, но и большое практическое значение для инновационных применений медных сплавов в электротехнике. Как показано ранее, в случае сплавов системы Cu-Be основное внимание до настоящего времени уделялось повышению прочности за счет ИПД и последующего старения. При этом внимания увеличению значений электропроводности не уделялось. Целью исследований, результаты которых представлены в настоящей статье, явилось изучение влияния ИПДК и последующего старения на формирование УМЗ структуры, твердость и электропроводность бериллиевой бронзы Cu-2 вес.% Be.

В качестве материала исследований были выбраны термически обработанные прутки сплава Cu – 2 вес.% Be, полученные по режиму: отжиг при 780°C в течение 30 минут с закалкой в воду. Старение исходного закаленного состояния проводили при температуре 300°C в течение часа.

От прутков перпендикулярно их продольной оси методом электроэрозионной резки были отрезаны диски диаметром 10 мм и толщиной 1,5 мм. ИПДК реализовали при комнатной температуре под давлением 6 ГПа с числом оборотов 10 и со скоростью вращения одного из бойков, равной 0,2 об/мин.

Исследования тонкой структуры проводили на просвечивающем электронном микроскопе (ПЭМ) JEM-2100 в темном и светлом полях при ускоря-

ющем напряжении 200 кВ. Исследования были выполнены в плоскости, параллельной плоскости дисков на расстоянии 2,5 мм от центра диска. Фольги для ПЭМ исследований получали путем утонения образцов методом струйной электролитической полировки на установке Tenipol-5 с использованием электролита следующего состава: 1/3 часть HNO₃ и 2/3 части метанола при температуре -30°C. Микротвердость по Виккерсу определяли с использованием микротвердомера Struers Duramin. К образцам прикладывали нагрузку 100 граммов в течение 10 секунд. Микротвердость измеряли в точках, отстоящих от центра дисков на расстоянии 2,5 мм. Полученные значения усредняли по результатам не менее 20 измерений. Электропроводность измеряли согласно ГОСТ 27333-87, вихретоковым методом с использованием измерителя электропроводности ВЭ-27НЦ/4-5. Поверхность образцов для измерений была параллельна плоскости полученных дисков. Погрешность измерения составила ±2%.

Исходное закаленное состояние сплава (рисунок 1, а) характеризовалось средним размером зерна равным 51±2 мкм (таблица 1). Наличие в равноосной зеренной микроструктуре двойников отжига указывает на то, что это микроструктура рекристаллизованного состояния. Также в теле зерен наблюдаются равномерно распределенные частицы NiBe. В результате искусственного старения средний размер зерна практически не изменился и стал равным 53±1 мкм (таблица 1, рисунок 1, б). Характер распределения частиц NiBe также не изменился.

Таблица 1

Параметры микроструктуры, электропроводность и микротвердость исследуемого сплава Cu-2 вес.% Be

	Средний размер зерна $D_{ср}$, нм	Микротвердость, HV	Электропроводность %, IACS
Исходное состояние	$(51\pm 2)\cdot 10^3$	122±3	17.8±0.4
Исходное состояние + старение	$(53\pm 1)\cdot 10^3$	370±6	18.3±0.4
ИПДК-10	22±1	452±5	14.5±0.3
ИПДК-10+ старение	31±1	525±8	27.5±0.6

В результате ИПД кручением в исследуемом сплаве сформировалась наноразмерная структура (таблица 1, рисунок 1, в). Для состояния после 10 оборотов ИПДК характерна микроструктура со средним размером зерна 22 ± 1 нм. Дальнейшее старение состояния после ИПДК привело к формированию микроструктуры со средним размером зерна 31 ± 1 нм (таблица 1, рисунок 1, г). В обоих состояниях прослеживаются наноразмерные деформационные двойники.

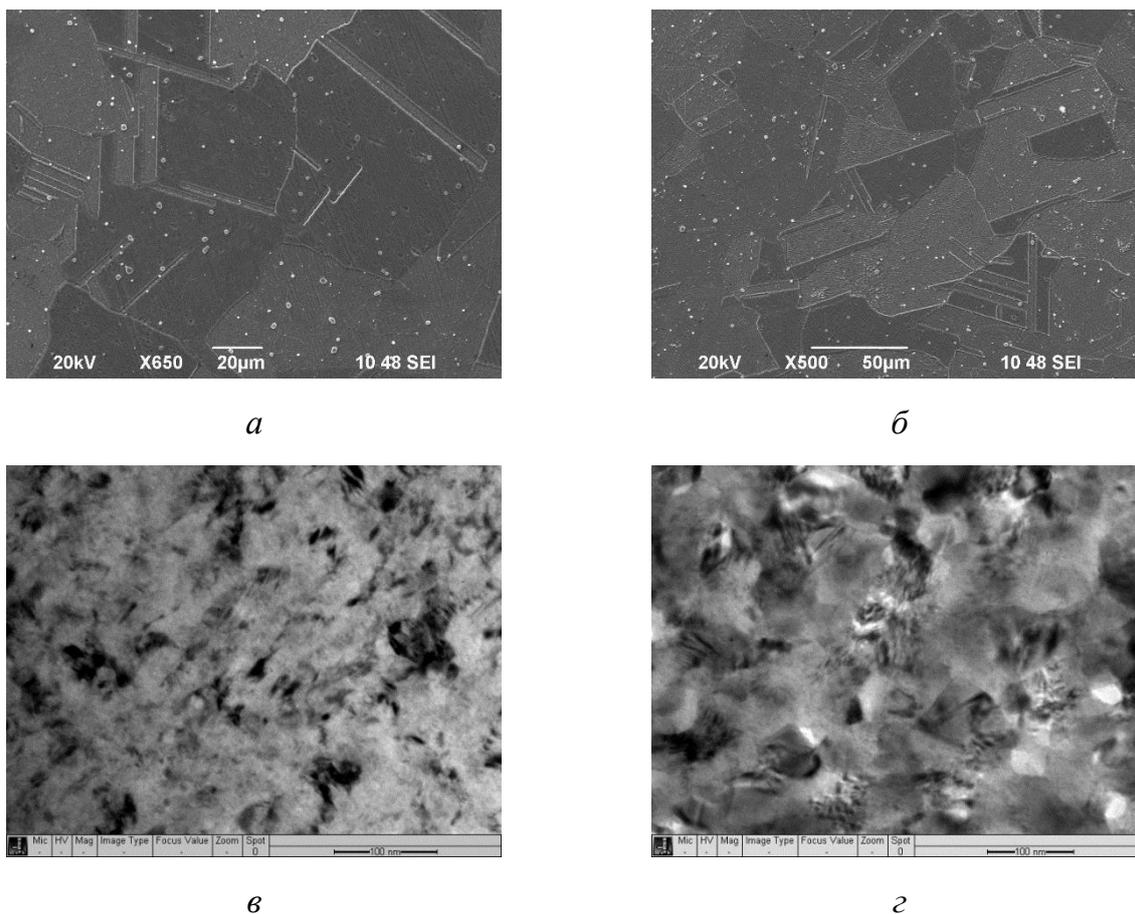


Рис. 1. Микроструктура в исходном состоянии (*a*), после старения (*б*), после ИПДК (*в*), после ИПДК + старение (*г*)

Измерения микротвердости исходного состояния показали невысокие значения, равные 122 ± 3 HV (таблица 1). В результате старения исходного состояния произошел резкий рост микротвердости с 122 ± 3 HV до 370 ± 6 HV (таблица 1), что, по-видимому, связано с формированием в тонкой структуре выделений Cu₃Sn, препятствующих перемещению дислокаций, и созданию полей больших напряжений. Рост микротвердости в результате ИПДК (таблица 1) обусловлен нарастающим с увеличением числа оборотов (ростом степени де-

формации) измельчением микроструктуры, трансформацией малоугловых границ в высокоугловые границы зерен. При этом микротвердость выросла с 122 ± 3 HV до 452 ± 5 HV. Отметим, что полученные значения микротвердости для данного состояния превышают значения микротвердости, полученные для состояний после ИПДК с числом оборотов 10 при комнатной температуре и 150° C и равные 400 и 430 HV, в работе [6], а также в работе [5] после ИПДК с числом оборотов, равным 5, где микротвердость достигла значения 390 HV. В результате старения состояния после ИПДК произошел рост микротвердости с 452 ± 5 HV до максимального значения 525 ± 8 HV (таблица 1), что может быть объяснено главным образом дисперсионным упрочнением.

Электропроводность исходного состояния оказалась низкой и составила $17,8 \pm 0,4$ %IACS (таблица 1). Дальнейшее старение исходного состояния практически не изменило величину электропроводности (таблица 1). Ее значение оказалось все таким же низким и равным $18,3 \pm 0,4$ %IACS. По-видимому, в данном случае наблюдается баланс между перераспределением легирующих атомов в решетке матрицы, связанным с формированием выделений CuBe, и другими изменениями в решетке. Электропроводность сплава после ИПДК составила $14,5 \pm 0,1$ %IACS (таблица 1). Стоит отметить, что ИПДК привела к некоторому снижению электропроводности по сравнению с исходным состоянием. Таким образом несмотря на то, что ИПДК привела к формированию более развитой сетки высокоугловых границ зерен, зернограничный и дислокационный вклады понизили электропроводность. При этом следует учесть возможный вклад в эволюцию электропроводности трансформации малоугловых границ в высокоугловые границы зерен, а также формирование сегрегаций примесных атомов на сформированных границах зерен в результате ИПДК. Новым моментом является обнаруженное заметное повышение электропроводности в результате старения данного состояния. Электропроводность возросла с $14,5 \pm 0,3$ %IACS до значения $27,5 \pm 0,6$ %IACS (таблица 1). Это может объясняться, во-первых, при старении НС состояния происходит большой распад пересыщен-

ного твердого раствора, либо как показано в статье [5] после ИПДК при старении происходит выделение стабильной фазы непосредственно из твердого раствора, которая не когерентна с границами матрицы и, следовательно, вносит меньший вклад в электросопротивление сплава.

Таким образом, в результате проведенных исследований продемонстрировано положительное влияние ИПДК и последующего искусственного старения на формирование в сплаве Cu-2 вес.% Be HC состояния, характеризующегося максимально высокими значениями электропроводности $27,5 \pm 0,6$ %IACS и микротвердости 525 ± 8 HV.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках проекта 0838-2020-0006 «Фундаментальное исследование новых принципов создания перспективных электромеханических преобразователей энергии с характеристиками выше мирового уровня, с повышенной эффективностью и минимальными удельными показателями, с использованием новых высокоэффективных электротехнических материалов».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Price R.J., Kelly A. Deformation of age hardened crystals of copper-1.8 wt.% beryllium // Acta Metall., 1963. V. 11. P. 915–922.
2. Baburaj E.G., Kulkarni U.D., Menon E.S.K., Krishnan R. CuBe precipitation in Cu-Be alloys // Phase Transitions, 1979. V. 1(2). P. 171–197.
3. Smith W.F. Structure and Properties of Engineering Alloys // McGraw-Hill, New York, 1981.
4. Валиев Р.З., Александров И.В. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией // М.: Логос, 2000. С. 5–19.
5. Lomakin I., Castillo-Rodriguez M., Sauvage X. Microstructure, Mechanical Properties and Aging Behaviour of Nanocrystalline Copper – Beryllium alloy // Mat. Sci. and Eng.: A, 2019. V. 744. P. 206-214.
6. Watanabe C., Monzen R., Ii S., Tsuchiya K. Microstructure and aging behavior of Cu-Be alloy processed by high-pressure torsion // Materials Science Forum, 2014. V. 783-786. P. 2707-2712.

УДК 537.61; 537.62

М. В. ИВАНОВ, Р. Д. ГАЛИЕВ

miha192002@mail.ru, ramagaliev@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. М. Т. ХАТМУЛЛИНА

Уфимский государственный авиационный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ФЕРРОМАГНИТНОГО ОБРАЗЦА 2000НМС

Аннотация. В статье рассматривается постановка лекционной демонстрации при изучении раздела «электричество-магнетизм» на кафедре физики УГАТУ силами студентов. В качестве образца взят сердечник ферромагнитный 2000 НМС. Демонстрация позволяет изучить петлю гистерезиса и наблюдать температуру, при которой происходит фазовый переход II рода.

Ключевые слова: петля гистерезиса; ферромагнетик; температура Кюри; магнитная проницаемость; магнитная индукция; напряженность поля; фазовый переход; намагниченность; парамагнетик; зависимость.

Одной из сложных для понимания тем при изучении магнитного поля в веществе в курсе физики технического вуза является изучение свойств ферромагнетика [1-2]. Данная лекционная демонстрация по этой теме позволяет студентам наблюдать изменение петли гистерезиса и с помощью этой кривой определить значение температуры Кюри по мере охлаждения нагретого ферромагнетика.

1. Демонстрационная установка ФДЭ001М

Установка реализована в настольном исполнении. На диэлектрическом основании 1 на стойке с подставкой 2 закреплен сердечник 5 из электротехнической стали. На сердечнике установлены две катушки 9 (первичная и вторичная обмотки трансформатора), в которые установлен демонстрируемый сердечник 10. При помощи стоек 6, прижимной планки 8 и винтов 7 демонстрируемые сердечники тесно прижимаются к стационарному сердечнику 5. На основании с помощью пружинных фиксаторов 3 размещены сердечники 4 из других материалов.

На стойке 14 закреплен трансформатор с ферромагнитным сердечником 15. Под сердечником, при помощи фиксирующего кольца 12 можно менять рас-

стояние между держателем и сердечником сухого горючего, в зависимости от высоты пламени.

Питание и управление режимами работы проводится при помощи блока коммутации 11. На передней панели блока находятся сетевой выключатель 17 и ручка 18, которая меняет вид петли гистерезиса. На верхней панели блока расположен переключатель режимов работы 19 (ТОЧКА КЮРИ – ПЕТЛЯ ГИСТЕРЕЗИСА) и клеммы и гнезда, для подключения амперметра, разверток осциллографа X и Y , вольтметра и ЛАТРА. Параметры установки: $R_1=10\text{Om}$, $R_2=39\text{KOm}$, $N_1=2140$, $N_2=45$, $S=0.00024\text{m}^2$, $l=0.035\text{m}$, $C=3.3\mu\text{F}$

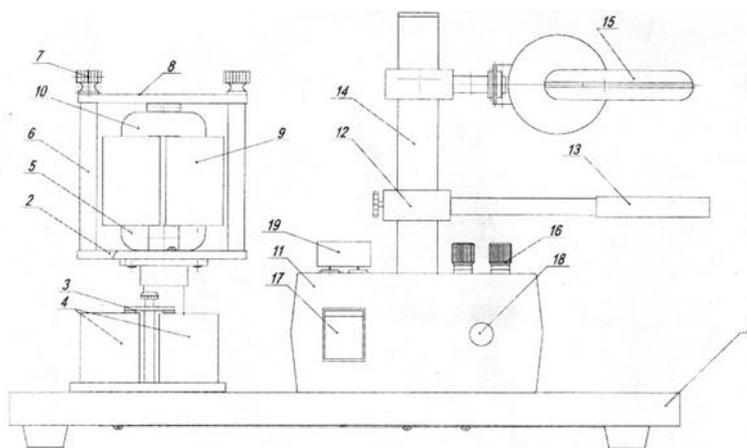


Рис. 1. Блок-схема установки ФДЭ001М

2. Поведение ферромагнетика в переменных магнитных полях.

При увеличении напряжения U потенциометром R , возрастает амплитуда колебаний H , при этом на экране можно наблюдать последовательный ряд различных по площади петель гистерезиса. Верхняя точка петли гистерезиса находится на кривой $B(H)$.

Величины магнитной индукции B и напряженности поля H выражаются следующим образом:

$$B = \frac{R_2 C u_y n_y}{N_2 S}; H = \frac{N_1 u_x n_x}{l R_1} \quad (1)$$

– где координаты n_x и n_y вершины петель гистерезиса, u_x и u_y – напряжения, вызывающие отклонение электронного луча на одно деление в направлении осей X и Y соответственно.

Магнитная проницаемость μ выражается так:

$$\mu = \frac{B}{\mu_0 H} \quad (2)$$

Намагниченность J образца:

$$J = (\mu - 1)H \quad (3)$$

На графиках показаны зависимости магнитной индукции от напряженности внешнего магнитного поля (рис. 2), кривая намагничивания (рис. 3), зависимость магнитной проницаемости от напряженности поля (рис. 4).

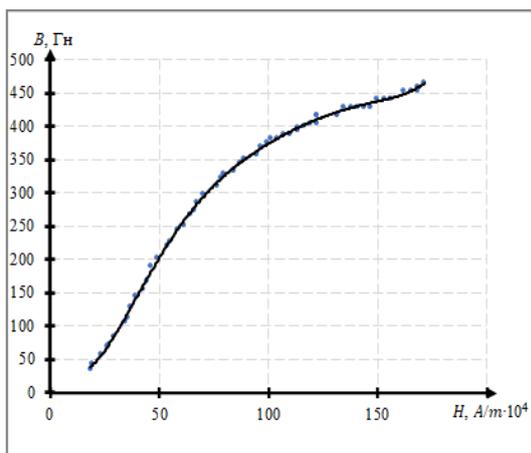


Рис. 2. Зависимость индукции магнитного поля от напряженности для исследуемого образца

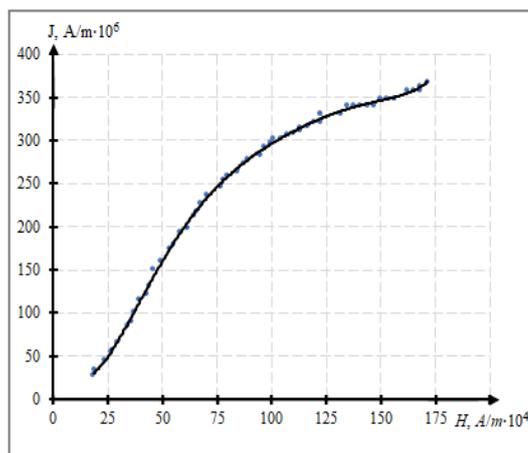


Рис. 3. Основная кривая намагничивания ферромагнетика

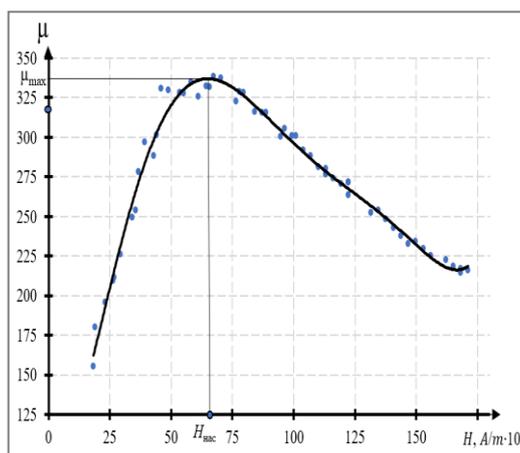


Рис. 4. Кривая зависимости магнитной проницаемости от напряженности внешнего поля

Магнитная проницаемость достигает максимального значения $\mu = 338$ при $H_{нас} = 672500 \text{ A/м}$.

3. Измерение температуры Кюри

Температуру Кюри можно определить по зависимости намагниченности от температуры, применяя для этого экстраполяцию крутой части зависимости магнитной проницаемости к оси температур. Для точности измерения, ферромагнетик нагревают до температуры, при которой происходит фазовый переход II рода. На экране осциллографа петля гистерезиса превращается в прямую линию. Затем, термопарой измеряется температура в обратном направлении, до восстановления образца в ферромагнетик. По мере остывания феррита аудитория может наблюдать, как плавно прямая вырождается в петлю гистерезиса.

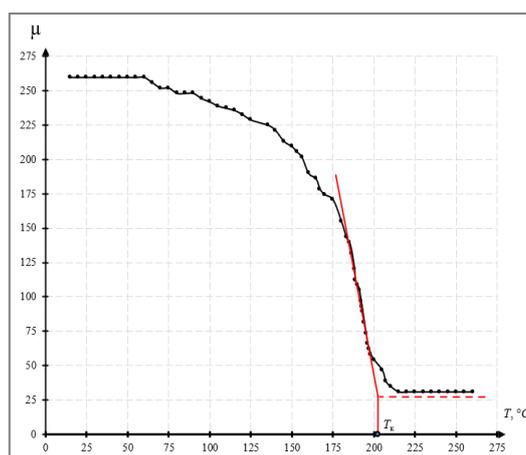


Рис. 5. График зависимости магнитной проницаемости исследуемого образца от температуры

После снятия показаний, строится зависимость магнитной проницаемости от напряженности внешнего поля (рис. 5). Магнитный материал плавно переходит в парамагнетик, начиная с поверхности, несмотря на крутизну характеристики в окрестности точки Кюри (T_K). При этом образец становится словно двухслойным: слой ферромагнетика под слоем парамагнетика с достаточно резкой границей раздела сред. Это объясняется неравномерностью нагрева феррита в поперечном сечении и сильно зависит от интенсивности проявления поверхностного эффекта.

Фазовый переход второго рода сопровождается уменьшением величины магнитной проницаемости μ , т.е. магнитные свойства образца меняются.

Точка Кюри определяется по температурной зависимости от магнитной проницаемости. Измерения проводились в интервале температур от 15°C до 260°C . Опираясь на график, можно сделать вывод, что для исследуемого ферромагнетика $T_k = 202 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

4. Заключение

Выше были описаны свойства ферромагнетиков и явление фазового перехода II рода. Некоторые свойства были описаны с помощью первого опыта, в котором демонстрируется зависимость площади петли гистерезиса от амплитуды напряженности внешнего магнитного поля. В ходе второго опыта была выяснена температура Кюри и продемонстрирована зависимость магнитной проницаемости от температуры.

Все приведенные зависимости, показанные на графиках, предполагаются быть выведенными на экран.

В работе представлены экспериментальные результаты измерений температуры Кюри сердечника ферромагнитного 2000 НМС. Постепенное изменение формы петли гистерезиса и ее вырождение в прямую, при изменении температуры феррита, позволяет зафиксировать точку Кюри.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трофимова Т. И., Курс физики. М.: Издательский центр «Академия». 2014. 558с.
2. Детлаф А. А., Яворский Б. М. Курс физики. М.: Издательский центр «Академия». 2014. 720с.

УДК 537.61; 537.62

М. В. ИВАНОВ, Р. Д. ГАЛИЕВ

miha192002@mail.ru, ramagaliev@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. М. Т. ХАТМУЛЛИНА

Уфимский государственный авиационный технический университет

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ КЮРИ ФЕРРОМАГНЕТИКА

Аннотация. В ферромагнетике, нагретом выше температуры Кюри, спонтанная намагниченность исчезает, и он становится парамагнетиком. Существует ряд методов, определяющие переходы из ферромагнитного состояния в парамагнитное.

Ключевые слова: ферромагнетик; температура Кюри; магнитная проницаемость; магнитная индукция; напряженность поля; фазовый переход; намагниченность; парамагнетик; зависимость.

Для магнитоупорядоченных веществ (ферро- и ферримагнетиков, антиферромагнетиков) существует некоторая критическая температура, выше которой они переходят в парамагнитное состояние с самопроизвольной намагниченностью, равной нулю, соответствующая температура для ферромагнетиков называется температурой Кюри, или точкой Кюри [1-2]. Цель данной работы – исследовать методы определения точки Кюри ферромагнетиков.

В соответствии с теорией фазовых переходов, переход из магнитоупорядоченного состояния в парамагнитное состояние является переходом 2-го рода, связанным со скачкообразным изменением магнитной симметрии вещества. Вблизи точки перехода II рода в веществе могут происходить специфические изменения различных физических свойств.

Методы определения температуры Кюри

Каждый магнитный материал обладает своей собственной температурой Кюри, при достижении этой температуры наблюдается магнитофазовый переход и вещество полностью теряет свои магнитные свойства. На данный момент, существует ряд методов, используемых для выявления магнитофазовых переходов в магнитных материалах, к таким методам относятся: индуктивный, магнитометрический, метод Зилова-Ренкина, термогравиметрический.

1. Индуктивный метод

В переменное магнитное поле постоянной амплитуды $H = H_0 \cos(\omega t)$ (1) помещается измерительная катушка с числом витков n , в которой находится исследуемый образец. Индукция образца B и магнитный поток Φ тоже оказываются периодическими функциями времени:

$$\Phi = B_0 S \cos(\omega t) \quad (2)$$

Таким образом, внутри измерительной катушки возникнет переменный магнитный поток, который согласно закону электромагнитной индукции Фарадея, вызывает в ней ЭДС индукции:

$$\varepsilon_{\text{инд}} = -n \frac{d\Phi}{dt} \quad (3)$$

или

$$\varepsilon_{\text{инд}} = n B_0 S \omega \sin(\omega t) \quad (4)$$

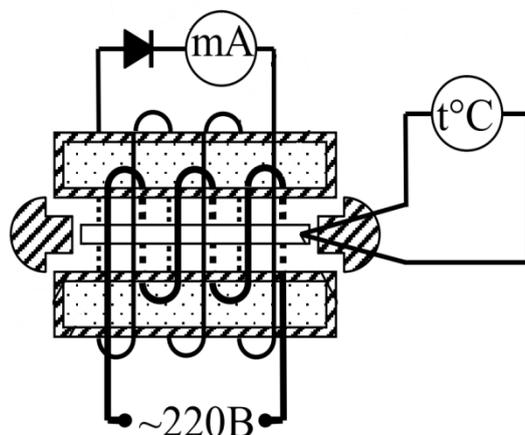


Рис. 1. Экспериментальная установка к индукционному методу.
[https://swsu.ru/sveden/files/MU_Fizika_LR8.pdf]

В действительности из-за нелинейности петли гистерезиса поле H и индукция B оказываются искаженными синусоидами.

Таким образом, ЭДС индукции $\varepsilon_{\text{инд}}$, возникающая в измерительной катушке, прямо пропорциональна амплитудному значению индукции образца. Поскольку индукция B складывается из индукции внешнего поля и намагни-

ченности, то при скачкообразном уменьшении намагниченности в точке Кюри, когда образец становится парамагнитным, резко уменьшится и ЭДС индукции.

2. Магнитометрический метод

Магнитометр предназначен для измерения намагниченности. С помощью этих измерений можно построить кривую намагничивания, петлю гистерезиса и определить коэрцитивную силу, остаточную намагниченность и др.

Если рассматривать изменение намагниченности при повышении температуры магнитных материалов. При температуре $T = 0$ образец находится в состоянии насыщения, благодаря наличию обменного взаимодействия между магнитными моментами, все атомные магнитные моменты выстроены вдоль одного направления и намагниченность образца равна:

$$I = nM \quad (5)$$

где n - концентрация атомов в единице объема магнетика; M – магнитный момент одного атома.

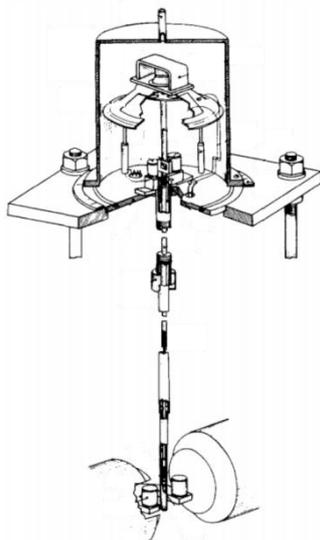


Рис. 2. Экспериментальная установка к магнитометрическому методу.
[<http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/27439/1/TPU159068.pdf>]

При постепенном повышении температуры хаотическое тепловое движение магнитных моментов приводит к тому, что параллельность магнитных моментов нарушается. С повышением температуры намагниченность будет уменьшаться все быстрее и быстрее. При достижении определенной температу-

ры, когда энергия теплового движения становится сравнима с энергией обменного взаимодействия, тепловое движение окончательно разрушает магнитный порядок, и ферромагнетик переходит в парамагнитное состояние. Температура T_C , при которой происходит этот переход, называется температурой Кюри. Эта область температур характеризуется изменением как магнитных, так и немагнитных свойств ферромагнетика.

3. Метод Зилова-Ренкина

Температуру Кюри ферромагнитного образца можно определить с помощью магнитных весов. Принцип действия, которых основан на измерении механической силы F , которая возникает при помещении образца в неоднородное магнитное поле $\frac{dH}{dx}$, создаваемое магнитом

$$F = (M + m \cdot \chi \cdot H) \cdot \frac{dH}{dx} \quad (6)$$

где F – механическая сила; M – магнитный момент; χ – магнитный восприимчивость; m – масса образца.

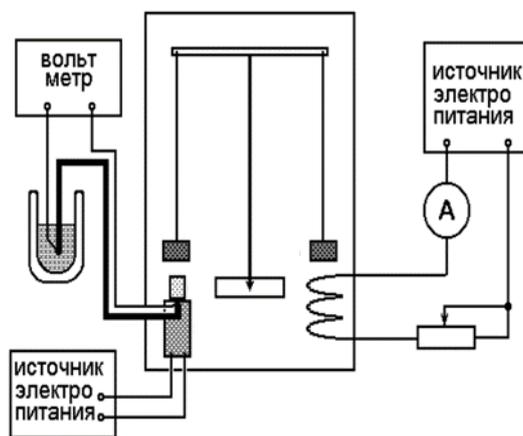


Рис. 3. Экспериментальная установка к методу Зилова-Ренкина.
[<http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/27439/1/TPU159068.pdf>]

Метод Фарадея измеряет силу действующий на образец, а метод Зилова-Ренкина, измеряет силу действующий на магнит. Метод Зилова-Ренкина, сравнительно с другими методами, позволяет измерять в более широком интервале температур и полей.

4. Термогравиметрический метод

Данный метод использует эффект возрастания восприимчивости в слабых магнитных полях с ростом температуры. Образец помещается в измерительную секцию. Основным узлом секции является воздушный трансформатор, состоящий из двух обмоток, намотанных на соосные стеклянные трубки диаметром 10 мм и 6 мм. На внутренней трубке расположена первичная обмотка, а на внешней – две встречно включенных одинаковых вторичных обмотки. Во внутренней трубке закреплена термопара. На первичную обмотку трансформатора подается от генератора типа ГЗ-112 напряжение частотой 1000 Гц. В отсутствие образца вследствие эквивалентности встречно включенных катушек напряжение на вторичной обмотке равно нулю.

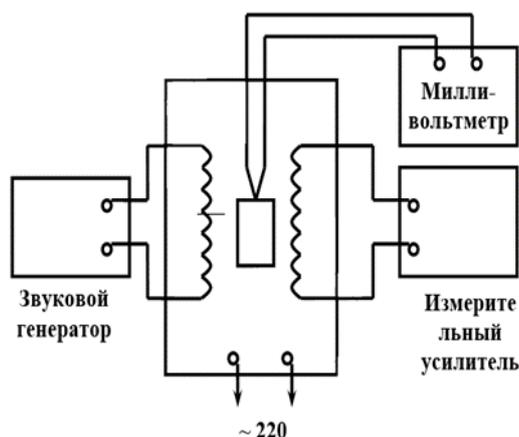


Рис. 4. Экспериментальная установка к термогравиметрическому методу.
[https://studbooks.net/1840698/matematika_himiya_fizika/eksperimentalnaya_chast]

Поведение восприимчивости в районе точки Кюри описывается, согласно существующим теориям, в виде:

$$\chi \sim \gamma(T - T_c) - 1 \quad (7)$$

где γ может изменяться в пределах от 1,26 до 1,4. Из (7) следует, что при $T > T_c$ величина $\chi > 0$. Максимум зависимости $\chi = \chi(T)$ хорошо выражен только для чистых ферромагнитных веществ. [3-4]

Заключение

Выше были описаны распространенные способы определения точки Кюри ферромагнетиков. Во всех методах определения фазовых переходов II рода в веществе показано исчезновение того или иного вида атомного «порядка». Вблизи точки Кюри в веществе происходят специфические изменения многих физических свойств, что обычно и используется для точного определения температуры фазового перехода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трофимова Т. И., Курс физики. М.: Издательский центр «Академия». 2014. 558с.
2. Детлаф А. А., Яворский Б. М. Курс физики. М.: Издательский центр «Академия». 2014. 720с.
3. Чэнь Ф.: Контроль температуры Кюри магнитных материалов термомагнитометрическим методом. – 2019.
4. Полесья А. Ф., Олефир А. И., Иванченко Ю. А.: Способ определения температуры Кюри. – 1987.

УДК 537.61; 537.62

М. В. ИВАНОВ, Р. Д. ГАЛИЕВ

miha192002@mail.ru, ramagaliev@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. М. Т. ХАТМУЛЛИНА

Уфимский государственный авиационный технический университет

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТОЯННОЙ АВОГАДРО В ОПЫТАХ ПЕРРЕНА

Аннотация. Перрен в своих рассуждениях исходил из представления о том, что средняя кинетическая энергия броуновских частиц зависит только от температуры жидкости, в которой они находятся. Температура равна средней кинетической энергии поступательного движения молекул жидкости и определяется формулой, которую он получил из зависимости значения числа газовой постоянной и постоянной Больцмана.

Ключевые слова: число Авогадро; броуновские частицы; шарики гуммигута; распределение Больцмана; газовая постоянная; постоянная Больцмана.

До конца XIX в. реальность существования атомов и молекул не могла быть подтверждена из-за невозможности непосредственно их измерить и взвесить. Считалось, что атомно-молекулярное учение не отражает объективной реальности, а введено в науку для облегчения понимания химических процессов. Этим сомнениям был положен конец опытами французского физика Жан Батиста Перрена. Перрен вычислив количество шариков в единице объема на различных уровнях, установил, что оно точно соответствует закону уменьшения концентрации газов с высотой. Этот закон был выведен из кинетической теории газов, в основе которой лежало атомно-молекулярное учение.

Число Авогадро — это число частиц в одном моле любого вещества (атомов, молекул, ионов и др.). Моль — это стандартная единица измерения количества вещества, в котором есть столько же частиц, сколько атомов в 12 г. уг-

лерода. В одном моле $N_A = 6,8 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}$ молекул.[2]

1. Следствие о молекулярном весе

При равных объемах любые газы вмещают одинаковое число молекул, следовательно, молекулярный вес m газа будет пропорционален его плотности d :

$$m = k \cdot d \quad (1)$$

где k – коэффициент пропорциональности.

При одинаковых температурах и давлении объем газа V прямо пропорционален количеству газа n :

$$k = \frac{V}{n} \quad (2)$$

где k – коэффициент пропорциональности.[3]

2. Выдвижение гипотезы, оценки и определение постоянной Авогадро

В 1811 А. Авогадро (1776–1856) выдвинул гипотезу, которая значительно упрощала анализ того, как из элементов образуются соединения, и устанавливала различие между атомами и молекулами. Его мысль состояла в том, что равные объемы газов, находящиеся при одинаковых температуре и давлении, содержат одно и то же число молекул.

Первые экспериментальные определения числа Авогадро — это опыты Перрена с суспензией гуммигута. Ж. Б. Перрен в период 1908-1913 гг. занимался экспериментальным исследованием броуновского движения. С помощью ультрамикроскопа ученый наблюдал за движением частиц, отмечал и потом зарисовывал в масштабе на листе бумаге положение частиц через равные интервалы времени. Перрен провел сотни опытов с различными частицами в дисперсионных средах разной вязкости и вычислял N_A . Хорошее совпадение полученных значений является убедительным свидетельством реального количества молекул.[1]

3. Определение Перреном числа Авогадро

Микроскоп наводился на верхний слой эмульсии (рис. 1), делали через микроскоп мгновенную фотографию, подсчитывали число броуновских частиц на фотографии. Далее тубус микроскопа опускали на 0,01 мм, снова фотографировали и подсчитывали число броуновских частиц на фотографии. Оказалось, что на дне сосуда броуновских частиц больше, на поверхности эмульсии меньше, а в целом распределение броуновских частиц по высоте соответствует распределению Больцмана. Так как шарики гуммигута находятся в жидкости

(эмульсии), то потенциальная энергия их с учетом выталкивающей силы Архимеда можно записать:

$$U = (m_0 - m_{жс})gh \quad (3)$$

где m_0 – масса шарика, $m_{жс}$ – масса объема жидкости, вытесненной шариком. Тогда распределение Больцмана можно записать:

$$n = n_0 e^{-\frac{(m_0 - m_{жс})gh}{kT}} \quad (4)$$

$$n_1 = n_0 e^{-\frac{(m_0 - m_{жс})gh_1}{kT}} ; n_2 = n_0 e^{-\frac{(m_0 - m_{жс})gh_2}{kT}} \quad (5)$$

$$m_0 - m_{жс} = (p_0 - p_{жс})V = p_0 V \frac{p_0 - p_{жс}}{p_0} = m_0 \frac{p_0 - p_{жс}}{p_0} \quad (6)$$

где p_0 и $p_{жс}$ – плотности материала шариков и эмульсии.

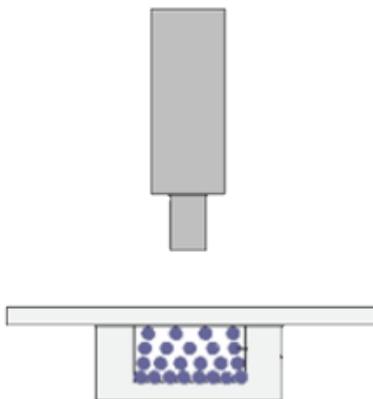


Рис. 1. Броуновское движение частиц под микроскопом
[<https://studfile.net/preview/4242245/page:35/>]

Определив экспериментально постоянную Больцмана k , Перрен получил

из зависимости значение числа Авогадро $N_A = 6,8 * 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}$:

$$R = kN_A \rightarrow N_A = \frac{R}{k} \quad (7)$$

где R – газовая постоянная. [4]

Заключение

Воспользовавшись идеей распределения молекул по высоте, Перрен исследовал Броуновское движение частиц. Он доказал, что они имеют распределение по высоте.

Вычислив количество шариков в единице объема на различных уровнях, ученый установил, что оно точно соответствует закону уменьшения концентрации газов с высотой. А этот закон был выведен из кинетической теории газов, в основе которой лежало атомно-молекулярное учение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новиков С. М.: Физика: пособие по выполнению лабораторных работ СТ–1К «Броуновское движение», СТ–4К «Распределение Больцмана»(опыты ЖБ Перрена). – 2014.
2. Гелясин А. Е., Гелясина Е. В.: Экспериментальное определение числа Авогадро на факультативных занятиях в профильных классах. – 2016.
3. Кикоин А. И., Кикоин И. К.: Молекулярная физика. – Directmedia. – 2016.
4. Климонтович Ю. Л.: Нелинейное броуновское движение //Успехи физических наук. – 1994. – Т. 164. – №. 8. – С. 811-844.

П. И. МАРТЫНОВА, А. Ф. ШИШКИНА
Polina.martynova.20019@gmail.com

Уфимский государственный авиационный технический университет

УТИЛИЗАЦИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В РОССИИ

Аннотация. В работе рассматриваются актуальные для современного общества вопросы утилизации радиоактивных веществ. Приводится классификация радиоактивных отходов, обсуждаются способы их утилизации, в том числе и в нашей стране.

Ключевые слова: радиоактивность; радиоактивные отходы; атомная энергетика; ядерное топливо; сборка; отработанное ядерное топливо.

В конце двадцатого века в 1896 году французским физиком Антуаном Анри Беккерелем было открыто явление самопроизвольной радиоактивности урана. После начались стремительные открытия Эрнеста Резерфорда о различных типах лучей: альфа и бета, испускаемых солью урана. Открытия и изобретения этих ученых, а также Гейгера, Кюри и многих других дали начало развитию ядерной физики и использованию ядерной энергии в двадцатом веке.

Именно в двадцатом веке была освоена ядерная энергия – энергия нового вида, аналогов которой до этих пор не существовало. Эта энергия многократно превышает энергию топлива, применявшуюся человечеством в течение всей его истории (нефть, газ, уголь).

С 1939-х годов начались масштабные исследования, направленные на изучение возможности использования ядерной энергии. В истории человечества не было научного события, более значительного по своим последствиям, чем проникновение в мир атома и овладение его энергией.

Первая в мире атомная электростанция появилась в СССР в г. Обнинске в 1954 году. С этого момента началась эра атомной энергетики. Естественно, атомная энергетика развивалась не только в мирных целях. После Второй Мировой Войны между СССР и США началась гонка вооружений. С тех времен и до наших дней в России остались накопленные радиоактивные отходы (РАО) от атомных подлодок, которые никак не утилизировались, а хранение их никак

нормативно не регулировалось. РАО буквально были оставлены будущим поколениям, которые столкнулись с настоящей проблемой, требующей немедленного решения.

Радиоактивные отходы не предназначены для дальнейшего использования, это действительно отходы в прямом смысле этого слова. К ним относятся технологические и нетехнологические отходы, которые образуются в процессе использования радионуклидов, при создании ядерного топлива утилизации различных источников ионизирующего излучения и т.д.

По агрегатному состоянию радиоактивные отходы делятся на жидкие (ЖРО), твердые (ТРО) и газообразные (ГРО). К жидким РАО относятся радиоактивные жидкости, в которых содержание удельной активности радионуклидов более чем в 10 раз превышает значение уровня вмешательства. Здесь уровень вмешательства (УВ) – это уровень радиационного фактора, при превышении которого следует проводить определенные защитные мероприятия.

К твердым РАО относятся различные материалы, изделия, загрязненные радионуклидами, которые не предназначены для дальнейшей выработки или иного использования. К ГРО относятся газы и аэрозоли, которые образуются при различных производственных процессах. Для них установлен специальный предельно допустимый уровень выбросов в атмосферу.

По составу излучения отходы делятся на:

– Альфа. Оно образовывается зачастую при распаде сложных ядер атомов (радия, урана или тория).

– Бета. Получаются в результате превращение одного элемента в другой. При этом изменяются свойства протонов и нейтронов.

– Гамма. Представляет собой энергетическое излучение в виде фотонов. Такое излучение часто называют электромагнитным.

– С нейронными частицами. Такое излучение появляется в результате взрыва реакторов. Отходы АЭС часто относят к веществам с нейронным излучением.

По времени жизни они делятся на: короткоживущие (<1 года), среднеживущие (от 1 года до 100 лет), долгоживущие (более 100 лет)

Кроме обычных РАО существует отработанное ядерное топливо (ОЯТ), отработавшее цикл в реакторе АЭС. Оно содержит в себе уран-235, его изотопы и другие трансурановые элементы, а также активированные конструкционные материалы, которые не выгорели до конца в процессе работы реактора

В тепловыделяющих сборках продолжают происходить ядерные превращения, которые сопровождаются повышенным радиоактивным излучением и постоянным (слабо снижающимся в течении времени) выделением тепла в течение определенного времени.

Сложившаяся в России система обращения с ОЯТ включает хранение, транспортировку и переработку ОЯТ.

Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) сформулировало несколько требований по утилизации радиоактивных отходов и обращения с ними, приведем некоторые из них:

№ 5: Требования в отношении мер физической безопасности. Принимаются меры по обеспечению применения комплексного подхода к безопасности и физической безопасности при обращении с радиоактивными отходами перед захоронением.

№9: Определяются и контролируются все радиоактивные отходы. Образование радиоактивных отходов удерживается на минимальном практически достижимом уровне.

№10: Радиоактивный материал, для которого не предусматривается дальнейшего использования и характеристики которого делают его непригодным для санкционированного сброса, санкционированного использования или освобождения от регулирующего контроля, перерабатывается как радиоактивные отходы.

№11: Отходы хранятся таким образом, чтобы можно было обеспечить их инспектирование, мониторинг, извлечение и сохранение в состоянии, пригодном для последующего обращения с ними.

В СССР не занимались переработкой ядерных отходов. Создавались сотнями атомные подводные лодки, которые впоследствии не утилизировались должным образом, и просто оставались плавать в водах морей и океанов. Даже подписанная в 1972 году Лондонская конвенция, запрещающая выбрасывать ядерные отходы в море, не остановила СССР – случаи выброса РАО продолжались.

Уже в Российской Федерации процессы использования, хранения и уничтожения отработанных ядерных материалов стали контролироваться государством. Требования к обращению с радиоактивными отходами утверждены законом об использовании атомной энергии — ФЗ № 170 от 21.11.1995 г. редакция 30.11.2011.

Статья 48

При хранении или при захоронении радиоактивных отходов должны быть обеспечены их надежная изоляция от окружающей среды, защита настоящего и будущих поколений, биологических ресурсов от радиационного воздействия сверх установленных нормами и правилами в области использования атомной энергии пределов.

Хранение или захоронение радиоактивных отходов допускается только в специально предназначенных для этого пунктах хранения. Хранение или захоронение радиоактивных отходов должно предусматриваться проектной или технической документацией в качестве обязательного этапа любого цикла ядерной технологии.

Сегодня существуют разные способы и этапы переработки и дальнейшей утилизации РАО. Их применение зависит от конкретного вещества и его активности. К первому этапу переработки можно отнести различные виды обработки РАО: выпаривание; фильтрация; остекловывание; сжигание; уплотнение; цементирование; битумирование. Ко второму этапу относится захоронение РАО. РАО помещают в пункт захоронения и оставляют там, больше не изымая. Захороненные РАО должны находиться под контролем в течение всего срока активности – потенциальной опасности.

С ОЯТ дела обстоят несколько иначе. Переработку можно разделить на два вида: замкнутого и открытого типа. В самом начале отработанное ядерное топливо погружают в реакторный бассейн, где сборка остывает и постепенно уменьшает активность. После сборки отправляют в хранилища на АЭС.

Существуют варианты утилизации ОЯТ: длительное хранение под постоянным контролем; захоронение в могильниках; переработка.

В РФ переработкой РАО занимается корпорация РОСАТОМ. РАО, имеющие низкую активность, сначала сжигаются, затем фильтруются, остатки заливаются стеклом, цементом или бором, складируются в контейнеры и размещаются в могильниках.

Сейчас в России накоплено около 7×10^{19} БК различных радиоактивных отходов, большинство из них – это отходы от предприятий по изготовлению ядерного топлива. На данный момент в РФ нет глубинного ПЗРО, которое позволяло бы хранить РАО 1-2 класса до момента их разактивации, но уже начато строительство подземной лаборатории в 6 км от города Железногорска. Принцип глубинного ПЗРО в том, чтобы захоронить отходы 1-2 класса в горных породах глубоко под землей, так как в настоящее время невозможно построить такое хранилище, которое бы простояло несколько миллионов лет, это решение является оптимальным.

Переработкой ОЯТ в России в настоящее время тоже занимаются. Одним из могильников является «Маяк», расположенный в Озерске в Челябинской области. В переработке принимают участие Сибирский химический комбинат, Северск, Россия; Горно-химический комбинат, Железногорск, Россия; 569-я береговая техническая база, Мурманск, Россия

В 2019 году в Россию начали поставлять ядерные отходы из немецкой уранообогатительной фабрики Urenco для дальнейшей переработки. Естественно это вызвало негодование и непонимание у многих активистов и экологов. Однако стоит сказать, что к нам привозят обедненный гексафторид урана (ОГФУ) – отходы обогащения урана, которые в дальнейшем могут использоваться для переработки. Раньше подобные вещества действительно подверга-

лись только захоронению как отходы, но нынешние технологии могут решить эту проблему. Поэтому ввоз ОЯТ выгоден в экономическом и экологическом смысле обеим сторонам.

Ядерная энергетика – это реальная возможность для человечества перестать истощать ресурсы лесов и недр, загрязнять и уничтожать атмосферу и климат на планете. Но несмотря на все позитивные аспекты, радиоактивные отходы могут нанести еще больший вред всей экосистеме. И, к сожалению, все радиоактивные аварии и выбросы происходят по вине человека – человеческий фактор является решающим в этих вопросах. В такой отрасли ошибки стоят дорого и потому должны быть сведены к минимуму. К сожалению, технологии пока еще недостаточно развиты, чтобы на 100% обезопасить человечество от непредвиденных обстоятельств. Поэтому нельзя с уверенностью сказать, что хранение и переработка РАО являются абсолютно безопасными. Всегда остается вероятность, что в случае каких-либо новых чрезвычайных ситуаций, население будет не вовремя оповещено и не полностью защищено от угрозы.

Однако в России процессы переработки РАО совершенствуются с каждым годом. Не у всех европейских стран есть такие технологии, какие имеются сейчас в нашей стране. Развитие науки и техники в данном направлении имеет очень важное значение не только для нашей страны, но и в целом для всего человечества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пронкин Н.С., Шарафутдинов Р.Б., Гераскин Н.И. «Регулирование безопасности обращения с радиоактивными отходами» 2011 г. [Режим доступа 06.04.2021].
2. Нормы МАГАТЭ по обращению с радиоактивными отходами перед захоронением часть 5 [Режим доступа 06.04.2021]
3. Алиев Р.А., Калмыков С.Н. Радиоактивность: учебное пособие для вузов, 2021 г.
4. Федеральный закон от 11 июля 2011 г. №190 –ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
5. Ж. Бруно и М. Вестерлинд, «Безопасность ядерных технологий и окружающей среды», №3, 2012, с.24-28.
6. Адамов Е.О., Джалавян А.В., Лопаткин А.В. и др. «Концептуальные положения стратегии развития ядерной энергетики России в перспективе до 2100 г.», Атомная энергия, 2012, т.112, вып. 6, с. 319-331.

УДК 551.524

А. В. МУЛИНА, А. И. ДЕНМУХАММАДИЕВА
alina.mulina297@gmail.com alan.lichtenberg@yandex.ru
Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. Д. Ю. ВАСИЛЬЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

НЕОДНОРОДНОСТЬ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ В КОНЦЕ XX – НАЧАЛЕ XXI ВЕКОВ

Аннотация. В работе представлены результаты исследования пространственных и временных колебаний приповерхностной температуры воздуха с помощью линейных трендов. Проведен сравнительный анализ линейных трендов по физико-географическим районам России. Период наблюдений за состоянием температуры составил 70 лет (с 1950 по 2019 гг.)

Ключевые слова: изменение климата; приповерхностная температура воздуха; линейные тренды.

Изменение климата – актуальная проблема современной климатологии и метеорологии. На изменение приземной температуры воздуха влияют различные факторы: циркуляция воздушных масс, особенности орографии и растительного покрова, рельеф, географическая широта, а также антропогенное воздействие. Последние 100 лет происходило глобальное потепление, которое ускорилось в конце XX века и замедлилось в начале XXI века [1]. Изменения температуры воздуха в России происходит быстрее, чем во всем мире. Так, Средняя скорость роста среднегодовой температуры воздуха на территории России в 1976-2019 гг. составила $0.47^{\circ}\text{C}/10$ лет. Это более чем в два с половиной раза больше скорости роста глобальной температуры за тот же период: $0.18^{\circ}\text{C}/10$ лет, и более чем в полтора раза больше средней скорости потепления приземного воздуха над сушей Земного шара [2]. Также по данным [3] крупномасштабные положительные аномалии зимней температуры воздуха на Севере Евразии вносят наиболее значительный вклад в среднее по Северному полушарию. Цель данного исследования – анализ неоднородности температурного поля Северной Евразии.

На рис. 1 представлен многолетний ход среднегодовой температуры воздуха, дающий представление о характере колебаний данной характеристики за

период 1950–2019 гг. На рис. 2 представлен многолетний ход приземной температуры воздуха по сезонам за период 1950-2019 гг.

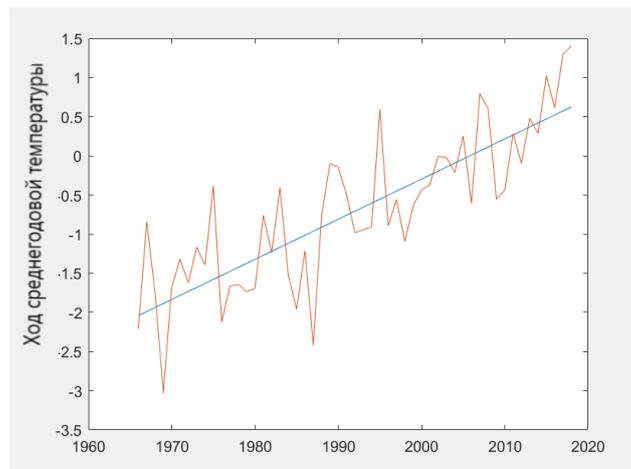


Рис. 1. Изменение температуры, °С., синяя линия – линейный тренд показан за гг.

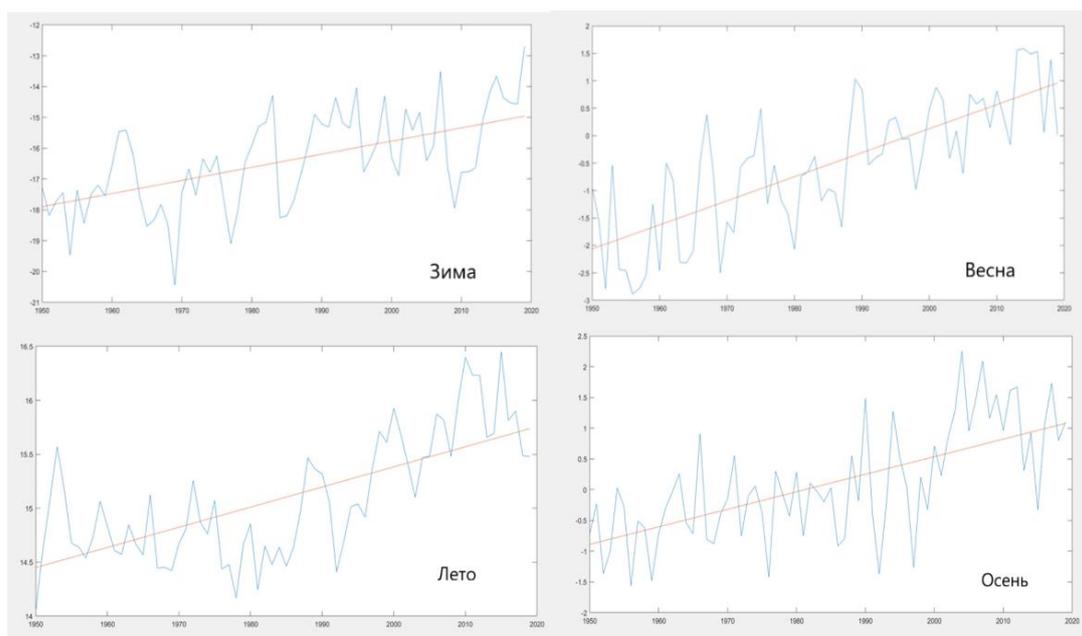


Рис. 2. Изменение температуры по сезонам, °С., Оранжевая линия – линейный тренд показан за гг.

На основании полученных графиков можно сделать вывод о том, что с 1950 года рост температуры по России составил 2.5° или $0,36^{\circ}\text{C}/10$ лет. Весной на 3.02° ($0,43^{\circ}\text{C}/10$ лет), зимой на 2.7° ($0,38^{\circ}\text{C}/10$ лет), летом 1.33° ($0,19^{\circ}\text{C}/10$ лет), осенью 1.95° ($0,29^{\circ}\text{C}/10$ лет).

Также можно отметить, что с начала времени наблюдений и до начала 1970-х годов наблюдается “похолодание” – небольшие кратковременные периоды падения температуры. Наиболее интенсивное повышение температуры происходит с 1970 г. По 2019 г.

Для наглядности представим пространственные распределения коэффициентов линейных трендов (рис. 3). Распределения построены путем интерполяции постанционных значений на регулярную сетку с помощью программы Matlab. Жирными линиями выделены изолинии статистически значимые на уровне 95%. Коэффициент линейного тренда характеризует среднюю скорость изменения температуры на рассматриваемом интервале времени.

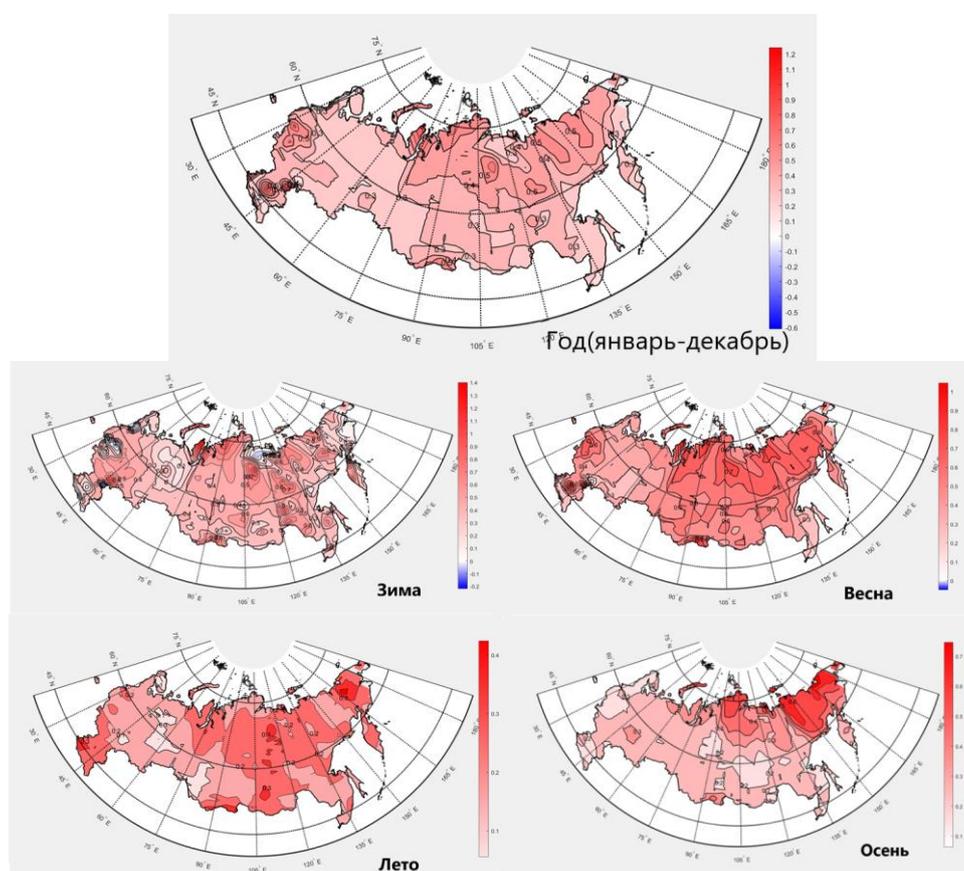


Рис. 3. Коэффициент линейного тренда среднегодовой и средних сезонных значений температуры приземного воздуха на территории России за период 1950-2019 гг. ($^{\circ}\text{C}/10$ лет), с указанием статистически значимых изолиний на уровне 95% (жирными линиями)

Потепление продолжается на всей территории России в целом за год и во все сезоны, кроме зимы (рис. 3). Летом и осенью имеются области, где оно вы-

ражено слабо. Скорость роста осредненной по России среднегодовой температуры (линейный тренд) составила $+0,36^{\circ}\text{C}/10$ лет (вклад в общую изменчивость 50%). Наиболее быстрый рост наблюдается весной ($+0,43^{\circ}\text{C}/10$ лет), но на фоне межгодовых колебаний тренд больше всего выделяется летом ($+0,19^{\circ}\text{C}/10$ лет: описывает 42% суммарной дисперсии).

Среднегодовые температуры растут во всех физико-географических регионах. Наибольшая скорость роста среднегодовой температуры отмечается в Европейской части России ($+0,48^{\circ}\text{C}/10$ лет: описывает 24% суммарной дисперсии). Весной и осенью максимум потепления наблюдается в Западной Сибири на побережье Восточно-Сибирского моря. Зимой самое быстрое потепление происходит на побережье Карского моря, а летом – в Западной Сибири и на юге Европейской части России. Минимум потепления за год наблюдается на юге Западной Сибири.

Зимние тренды в целом по РФ за 1950-2019 гг. положительные. Но в целом по России, а также для Европейской части и Западной Сибири данные тренды не значимы на 1% уровне.

Анализ данных наблюдений за период 1950-2019 гг. показал, что тенденция потепления климата подтверждается ростом температуры воздуха как в целом за год, так и за многолетний период времени. Это может означать то, что многолетнее изменение приземной температуры воздуха для России имеет однонаправленный характер. Так, изменение температуры воздуха происходит со скоростью $0,36^{\circ}\text{C}/10$ лет. Однако повышение температуры на территории России происходит неоднородно. Так, наибольшая скорость роста среднегодовой температуры наблюдается в Европейской части России, а весной на Дальнем Востоке.

Полученные результаты подтверждают, что с 1970-х гг. по настоящее время происходит более мощное потепление по сравнению с более поздним периодом наблюдений (1950-1969 гг.).

Все результаты, полученные в ходе работы, свидетельствуют о тенденции повышения температуры в районе Северной Евразии в конце XX – начале XXI веков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. МГЭИК: Изменение климата, 2013 г.: Физическая научная основа. Вклад рабочей группы I в Пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата / под ред. Т.Ф. Стокера, Д. Куина. Кембридж, Нью-Йорк: МГЭИК, 2013. 1535 с.
2. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2019 год. – Москва, 2020. – 97 стр.
3. Thompson D.W.J., Wallace J.M., Hegerl G.C. Annularmodes in the extratropical circulation: Pt II. Trends //J. Climate. 2000. V. 13. P. 1018–1036.
4. Каган Р.Л. Осреднение метеорологических полей Л.: Гидрометеиздат, 1979. 204 с.
5. Исаев А.А. Статистика в метеорологии и климатологии. М.: Изд-во МГУ, 1988. 248 с.

УДК 551.524

А. В. МУЛИНА, А. И. ДЕНМУХАММАДИЕВА
alina.mulina297@gmail.com alan.lichtenberg@yandex.ru
Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. Д. Ю. ВАСИЛЬЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ НАД ТЕРРИТОРИЕЙ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ В КОНЦЕ XX – НАЧАЛЕ XXI ВЕКОВ

Аннотация. Статья посвящена анализу изменчивости количества атмосферных осадков на территории Северной Евразии за временной интервал 1966–2019 гг. Проведенная работа позволила выявить пространственно-временную неоднородность осадков, определить ее изменчивость в течение года, сезонов и месяцев. Для статистических оценок использованы длиннорядные данные многолетних наблюдений 491 метеорологических станций за 1966–2019 гг. *Ключевые слова:* атмосферные осадки; линейные тренды; коэффициенты линейных трендов.

Осадки — наиболее изменчивое во времени и пространстве метеорологическое явление, и на земной поверхности они распределяются очень неравномерно. Основное отличие осадков от других метеопараметров состоит в их пространственно-временной неоднородности и высокой степени фрагментации, что повышает неопределенность региональных прогнозов осадков на любых временных масштабах. Анализ пространственно-временной неоднородности атмосферных осадков проводился за период 1966–2019 гг. по данным 491 гидрометеорологических станций, которые располагаются на территории Северной Евразии. Наиболее однородный ряд данных по основным анализируемым характеристикам относится к интервалу времени 1966–2019 гг, так как начиная с 1966 г. ряд анализируемых характеристик содержит наименьшее количество пропусков. В проделанной работе были проанализированы данные федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, относящиеся к среднесуточным значениям осадков.

Среднегодовое количество осадков за 1966–2019 гг. на территории Северной Евразии представлено на рис. 1.

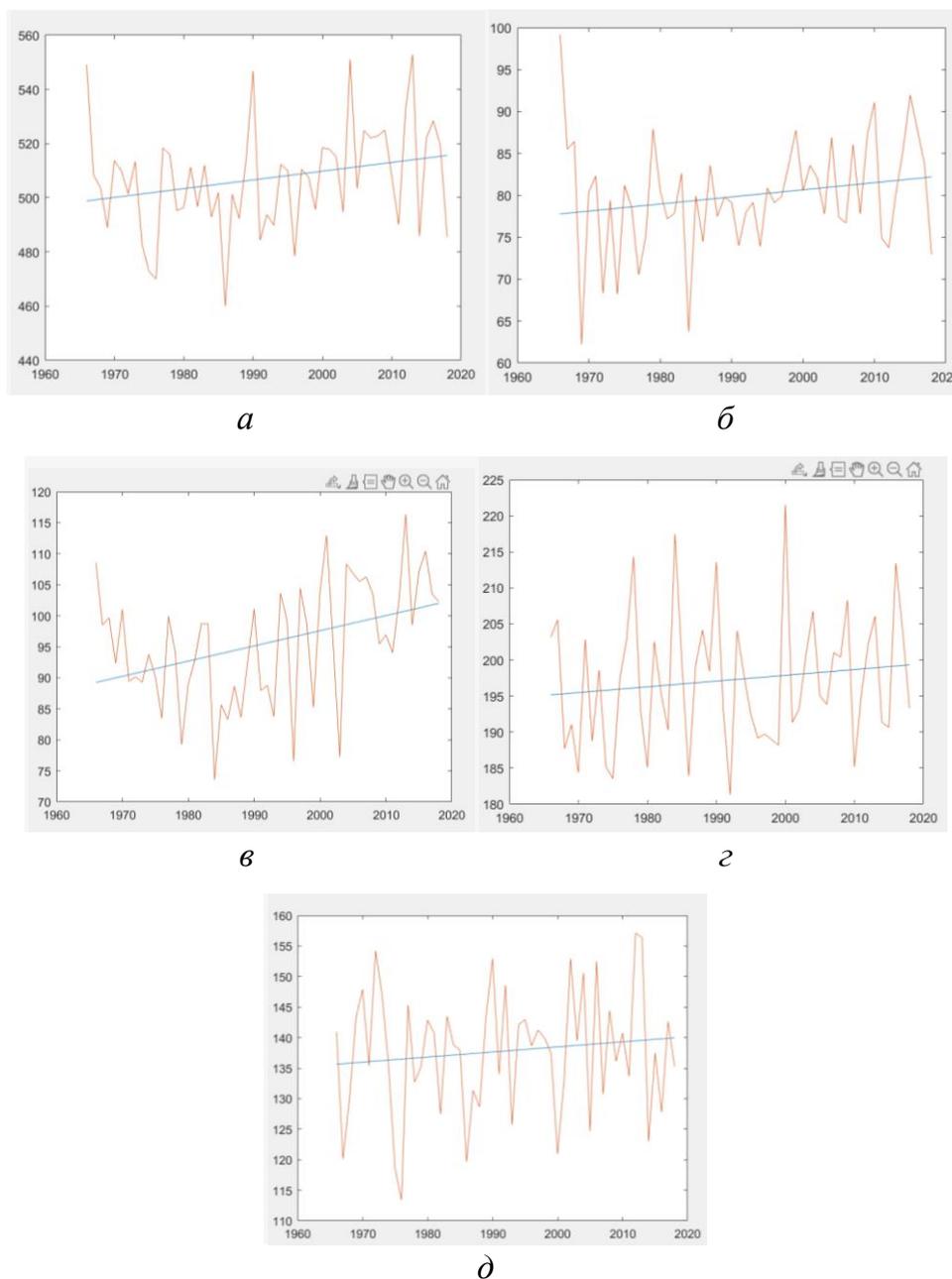


Рис. 1. Ход среднегодовых атмосферных осадков. Линейный тренд показан тонкой сплошной линией синего цвета (а); изменение атмосферных осадков за зиму 1966-2019 гг (б); изменение атмосферных осадков за весну 1966-2019 гг (в); изменение атмосферных осадков за лето 1966-2019 гг (г); изменение атмосферных осадков за осень 1966-2019 гг. (д)

Рост уровня атмосферных осадков в период с 1966 по 2019 г. составил 19 мм (или 2 мм/10 лет). По рисунку 1 видим, что стремительный рост уровня атмосферных осадков пришелся на период 1985-1990 гг. Также высокий уровень осадков приходился на 2006 и 2013 года. На рис. 2–5 представлен многолетний ход уровня атмосферных осадков за период 1966–2019 гг. по всем анализируе-

мым станциям. Рост уровня атмосферных осадков за зиму в период с 1966 по 2019 г. составил 6 мм (или 0.71 мм/10 лет). Рост уровня атмосферных осадков за весну в период с 1966 по 2019 г. составил 13 мм (или 1.19 мм/10 лет). Рост уровня атмосферных осадков лето в период с 1966 по 2019 г. составил 8.5 мм (или 0.97 мм/10 лет). Рост уровня атмосферных осадков за осень в период с 1966 по 2019 г. составил 4.2 мм (или 0.53 мм/10 лет).

На рисунке 2 приведены пространственные распределения локальных коэффициентов линейного тренда среднемесячных значений годовых сумм осадков. Оценки трендов получены по стационарным данным за период 1966-2019 гг. Жирными линиями выделены изолинии статистически значимые на уровне 0.95.

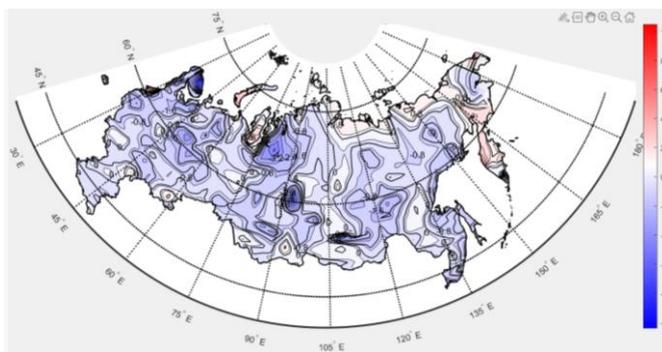


Рис. 2. Пространственное распределение коэффициентов линейного тренда атмосферных осадков за 1966-2019 гг. (%нормы/10 лет) в среднем за год

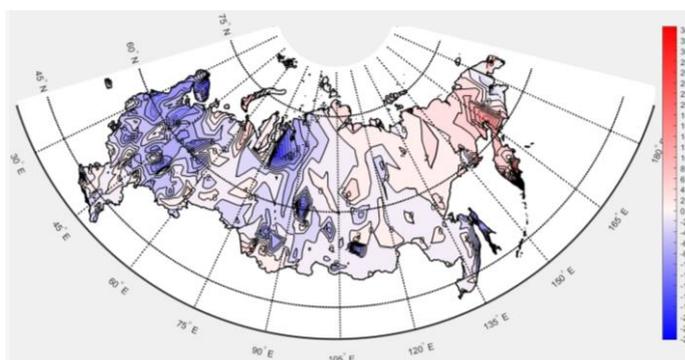


Рис. 3. Пространственное распределение коэффициентов линейного тренда атмосферных осадков за 1966-2019 гг. (%нормы/10 лет) в среднем за зиму

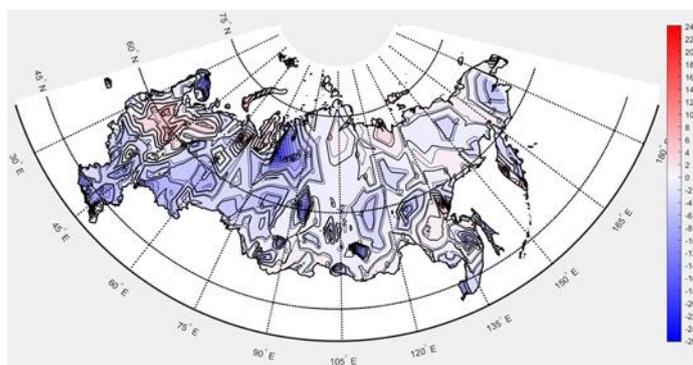


Рис. 4. Пространственное распределение коэффициентов линейного тренда атмосферных осадков за 1966-2019 гг. (%нормы/10 лет) в среднем за весну

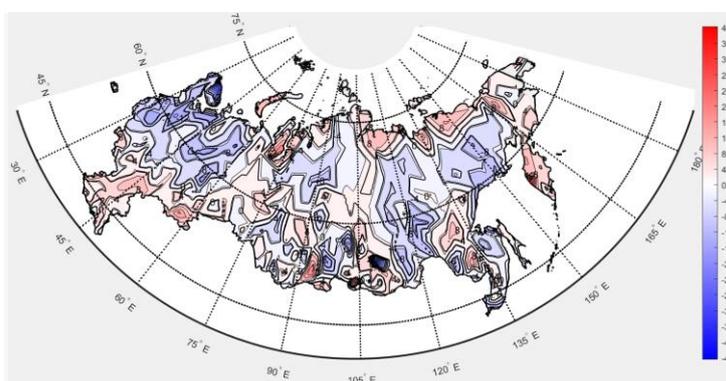


Рис. 5. Пространственное распределение коэффициентов линейного тренда атмосферных осадков за 1966-2019 гг. (%нормы/10 лет) в среднем за лето

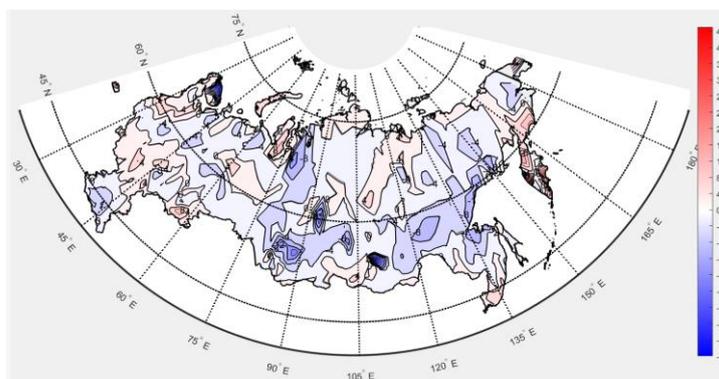


Рис. 6. Пространственное распределение коэффициентов линейного тренда атмосферных осадков за 1966-2019 гг. (%нормы/10 лет) в среднем за осень

Оценки линейных трендов за период 1966-2019 гг. указывают на наличие слабой тенденции к увеличению годовых сумм осадков на большей части рассматриваемой территории, особенно заметное в Северо-Восточной Сибири и Дальнем Востоке.

Наиболее заметна тенденция к росту осадков в районах Средней и Северо-Восточной Сибири зимой; на Восточно-Европейской Равнине весной; на Дальнем Востоке, Кавказе и юге Восточно-Европейской Равнины летом; в районе Камчатки осенью.

Понижение уровня осадков заметно на территории Европейского Севера и Западной Сибири.

Линейный тренд осадков показывает низкую долю межгодовой изменчивости, что свидетельствует об отсутствии однонаправленных тенденций в изменении осадков.

Таким образом, рост уровня атмосферных осадков в период с 1966 по 2019 г. составил 19 мм (или 2 мм/10 лет) для всех анализируемых станций.

Зимой и осенью на территории Северной Евразии заметна тенденция к увеличению уровня атмосферных осадков. Особо заметно она проявляется на Юге и Дальнем Востоке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жексенбаева А. К. Многолетние колебания осадков на севере Казахстана в XX — начале XXI в. // Молодой ученый. — 2016. — № 21 (125). — С. 241-245. — URL: <https://moluch.ru/archive/125/34708/>
2. Гаврилова С. Ю. Устранение неоднородности временных рядов атмосферных осадков и их использование для анализа изменений режима увлажнения на территории России – Санкт-Петербург, 2010. – 111 с.
3. СЕАКЦ: Обзор состояния и тенденций изменения климата – 2010. – 26 с.

УДК 620.193

Э. Р. РАМАЗАНОВА

tuktamysheva.elia@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. М. М. АБРАМОВА

Уфимский государственный авиационный технический университет

ВЛИЯНИЕ ИПД И ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ПОДШИПНИКОВОЙ СТАЛИ 110X18M

Аннотация. В работе проведены трибологические исследования при различных нагрузках коррозионностойкой подшипниковой стали 110X18M в различных структурных состояниях, полученных методами интенсивной пластической деформации (ИПД) и термической обработки (ТО). Показано, что применение ИПД и последующей ТО приводит к формированию более однородной структуры, которая позволяет повысить износостойкость стали. Работа выполнена при поддержке гранта президента РФ МК-1458.2020.8.

Ключевые слова: коррозионностойкая подшипниковая сталь; износостойкость; интенсивная пластическая деформация.

Точное машиностроение, более тонкое в технологическом плане, так же, как и вся машиностроительная промышленность, испытывает проблемы, связанные с износом и трением. Поэтому получение материалов с высокой износостойкостью, низким коэффициентом трения, однородной структурой и высокой твердостью - это особенно актуальная задача.

Методы интенсивной пластической деформации (ИПД) развиваются вслед за техникой и все более совершенствуются. В настоящем исследовании рассматривается метод ИПД, в совокупности со стандартной термической обработкой (ТО) для подшипниковых сталей.

Итак, материалом для данной работы была выбрана конструкционная нержавеющая подшипниковая сталь 110X18M-ШД стандартного химического состава. Использовался режим термической обработки (ТО) – закалка в масло с температуры 1050 °С, выдержка 1 час и низкий отпуск при 170 °С, с выдержкой 1,5 часа с последующим охлаждением на воздухе.

Изучались следующие состояния:

- 1) исходное;
- 2) исходное с последующей ТО;
- 3) ИПД;

4) ИПД с последующей ТО.

Использованы следующие методики исследования: растровая электронная микроскопия, измерение твердости, оценка износостойкости, количественный анализ.

Микроструктура в исходном состоянии представляет собой ферритную матрицу с включениями карбидных частиц. Для определения размера карбидных частиц в исходном состоянии был проведен количественный анализ. Объемная доля карбидной фазы составила 28%, твердость - 40...41 единица HRC, средний размер карбидной частицы – 2,0 и 4,0 мкм примерно одинаковое количество (по частоте).

После применения ТО в исходном состоянии структура представляет собой отпущенный мартенсит; большая часть мелких карбидов растворилась, средний размер составил 3 мкм, объемная доля карбидной фазы незначительно уменьшилась (до 26 %), твердость, как и предполагалось, возросла до 64...65 единиц HRC.

После деформации РКУП наблюдается увеличение объемной доли карбидной фазы до 30 %, средний размер карбидной частицы уменьшается до 1,0 мкм, твердость в этом состоянии – 39...40 единиц HRC.

Наконец, после деформации с ТО так же возрастает твердость – 65...66 единицы HRC, объемная доля карбидной фазы снижается до 18 %, средний размер карбидной частицы – 2,0 мкм.

Износостойкость оценивалась с позиции изменения ширины канавки (трека) образца после трибоиспытаний по режиму шарик-диск под нагрузками 5,10,15 и 20 Н, трение происходило без смазки.

Таблица 1

Нагрузка, Н	Ширина канавки (трека), мкм			
	Исходное	Исходное + ТО	ИПД	ИПД + ТО
5	949	657	604	392
10	1094	846	900	858
15	1439	1057	1424	947
20	1538	1088	1391	941

Как видно из таблицы 1, деформация в совокупности с заданной термической обработкой уменьшает ширину трека образца после трения. Чем меньше ширина трека, тем выше износостойкость стали. Наибольший интерес представляет именно последнее состояние, так как показатели структуры, твердости и износостойкости здесь значительно отличаются от первоначального (исходного) состояния.

Выводы

После проведения ИПД с последующей ТО объемная доля карбидной фазы существенно ниже, чем в исходном состоянии. Сравним: 28% и 18%. Также повышается износостойкость стали. Наблюдается тенденция к однородности структуры после проведения деформации и термической обработки.

Таким образом, проведенные исследования показали, что ИПД с последующей ТО позволяет значительно уменьшить средний размер карбидной частицы, снизить объемную долю карбидной фазы, повысить твердость и износостойкость подшипниковой стали 110X18М.

УДК 629.7

О. С. ТРОФИМОВ

olegtrofimovlupa@gmail.com

Науч. руковод. – д-р физ.-мат. наук, доц. Г. П. МИХАЙЛОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ПЕРЕХОД СОВРЕМЕННОЙ АВИАЦИИ К ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ САМОЛЕТАМ

Аннотация. Обсуждаются переход современной авиации на более экологически чистые электрические двигатели и проблемы, сопутствующие этому переходу.

Ключевые слова: электрические двигатели; электросамолеты; летательные аппараты; электрическая тяга.

Еще 20 лет назад большинство и представить не могли, что телефоны станут компактны настолько, что поместятся в карман, а их доступность позволила иметь смартфон даже ученику младших классов, так же еще 10 лет назад электрические автомобили были лишь фантазией разгоряченных умов. Дело в том, что технологии развиваются экспоненциально [1], поэтому сложно делать прогнозы на счет того, насколько научный скачок будет велик уже завтра.

Сегодня переходить к электрическому приводу пришла очередь летательных аппаратов, что является закономерным с экономической точки зрения – обслуживание электрических батарей и электродвигателей во много раз дешевле, чем двигателей на жидком топливе, а сильно меньшее как звуковое, так и экологическое загрязнение позволят размещать аэропорты еще ближе к населенным пунктам. И даже без экономического толчка идея создать полностью электрический самолет не давала спать конструкторам еще в середине прошлого века [2] – уже в 1974 году электрический самолет совершил короткий полет с человеком на борту, в прочем, за более чем в полвека реализация подобных аппаратов особо не продвинулась, в большей степени из-за несовершенства носителей заряда – батарей, даже несмотря на то, что по сравнению с прошлым аккумуляторы стали легче и объемнее.

На данный момент электродвигатели глубоко пустили корни в авиации – за последние несколько лет беспилотные аппараты успели поставить несколько мировых рекордов. К примеру, в 2001 году БПЛА «*NASA Helios*» поставил мировой рекорд среди нереактивных летательных аппаратов, поднявшись на высоту 29.5 километров [3], а Британский беспилотный летательный аппарат QinetiQ Zephyr [4] установил рекорд по длительности пребывания в воздухе: питаясь от солнечных батарей беспилотник продержался в воздухе 2 недели. Стоит также упомянуть, что БПЛА активно используются ведущими армиями в мире, сложно представить войска будущего без компактных и маневренных беспилотников. Беспилотная авиация не обошла стороной и научную сферу, упростив сбор данных в опасных для людей зонах и открыв новые горизонты для исследований [5].

В России ООО «Авиастроитель», расположенное в Пензе, уже несколько лет выпускает спортивный планер, на полностью электрической тяге - АС-4-115. Аппарат весит менее 115 кг, что позволяет планеру избежать государственной регистрации. Мощность двигателя составляет 25 кВт, что позволяет планеру самостоятельно подниматься в воздух и набирать высоту [6]. Одноместные или двухместные планеры наиболее близки к «летающим автомобилям» будущего, поскольку они легки, компактны и просты в управлении, а самое главное не требуют обслуживания высококвалифицированных специалистов.

Не обделены и более крупные машины – компания Bye Aurospace представила новую версию электросамолета «Sun Flyer 2» с силовой установкой от Siemens, предназначенного для обучения новых пилотов - переход на электродвигатели позволит в разы сократить стоимость обучения как для компании, так и для желающего получить лицензию пилота. Емкость аккумуляторов позволяют летать 1 час, при этом скорость полной подзарядки составляет около 45 минут. Перед посадкой пропеллер становится генератором, что позволяет рекумулировать до 5% заряда батареи [7].

В 2018 году словенский производитель легких спортивных самолетов Pipistrel d.o.o Ajdovščina запустил свой полностью электрический самолет *Alpha Electro*. Alpha Electro - это усовершенствованный прототип Pipistrel *WATTsUP*, который был разработан в партнерстве с Siemens AG, предоставляющим компоненты двигателя для электрических самолетов Pipistrel. Первый полет прототипа с 50 киловаттным электродвигателем Siemens состоялся 12 августа 2014 года [8].

Даже по скромным подсчетам эти два учебных самолета в 45 раз более дешевы в обслуживании, чем их аналоги, питающиеся жидким топливом. Справедливо можно заметить, что борьба сейчас идет не столько за летные характеристики, сколько за цену оборудования и его обслуживания – в некотором роде, пассажирский летательный транспорт уже достиг своего потолка в сфере скорости [9.].

Существуют и более масштабные проекты. К таким проектам относится E-Fan от компании Airbus, который, предположительно, будет выпущен к 2030 году [10]. Это самый маленький из всех самолетов, описанных в данной статье, его длина всего 6.7 метров, а размах крыльев составляет 95 метров. Самолет E-Fan использует исключительно электрическую энергию для снабжения своих двух пропеллеров мощностью 30 кВт. Крылья этого самолета, покрытые литиево-ионными ячейками, обладают энергией, достаточной для поднятия в воздух только двух человек. Именно поэтому этот самолет не обладает резервным топливным двигателем.

Несмотря на то, что каждый год какая-либо компания выпускает свою версию электрического самолета, преодолеть барьер низкой емкости аккумуляторов пока никому не под силу, эта проблема может быть решена установкой большего количества аккумуляторов, но в таком случае самолет будет слишком тяжелым для полетов на средние и дальние расстояния. Литий-ионные аккумуляторы самые распространенные, но их плотность энергии все еще недостаточно велика для длительного питания мощного электродвигателя. Более подхо-

дящим аналогом с меньшим весом может стать литий-серный аккумулятор, который имеет в несколько раз больший заряд, чем ионный, но в то же время он гораздо менее долговечный. Несмотря на это, нельзя не подметить очевидное преимущество аккумуляторов над жидким топливом – аккумуляторы можно разместить в любой части самолета без ущерба характеристикам двигателя, что во многом упрощает конструирование летательного аппарата. Английская компания Oxis Energy разработала пару лет назад литий-серную батарею с высоким показателем емкости и достаточно безопасную, чтобы использовать ее в электрических самолетах. Она обеспечивает 500 Вт·ч энергии на килограмм веса. Такая емкость позволяет вполнину сократить общую массу аккумулятора или вдвое увеличить дальность полета легкого самолета Buе Aerospace. Инженеры Oxis рассчитывают, что их аккумулятор выдержит 500 циклов в течение следующих двух лет. Это не хуже, чем литий-ионная батарея. Другое преимущество — безопасность. Литий-серные батареи устойчивы к перегреву. Один из элементов конструкции Oxis — керамический сульфид лития, который служит слоем пассивации, то есть блокирует поток электричества — чтобы предотвращать внезапную разрядку и замедлять потерю емкости во время бездействия. Кроме того, в конструкции аккумулятора используется негорючий электролит. Вероятно, это не все секретные ингредиенты батареи — Oxis получила 186 патентов и еще 87 ожидают решения регуляторов.

Таким образом, видно, что вслед за автомобилями электрический привод уже внедрился в современную авиацию и захватил нишу малых перелетов. В то же время, единственная серьезная преграда находится в области аккумуляторов, которые не способны обеспечить продолжительный полет, что не так уж и страшно учитывая то, как неумолимо движется прогресс – если всего пару лет назад литий-серные аккумуляторы выдерживали лишь 50-60 циклов заряд-разряда, то сейчас эта цифра близится к 1000. Но что можно сказать точно, в ближайшем будущем мы будем бороздить небеса если не на полностью электрических самолетах, то как минимум на гибридных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коротаев А.В., Комарова Н.Л., Халтурина Д.А. Законы истории. Вековые циклы и тысячелетние тренды. Демография, экономика, войны / Рос. гос. гуманитар. ун-т, фак. истории, политологии и права [и др.]. Изд. 2-е, испр. и доп.. М. : URSS [и др.], 2007. 255 с.
2. Тейлор, Самолет Джона У. Р. Джейна "Весь мир" 1974-75. Лондон: Ежегодники Джейн, 1974. С. 573.
3. Aviation and Space World Records. Fédération Aéronautique Internationale. <https://www.fai.org/records>
4. Беспилотник на солнечных батареях пробыл в воздухе две недели <https://lenta.ru/news/2010/07/23/zephyr/>
5. Руйбис А., Омельчуг А. Беспилотные летательные аппараты: новые разработки // Воздушно-космическая сфера. 2016. № 3(4) С. 91-97.
6. Авиостроитель – планеристам. Планер АС-4-115. <http://www.aerostreet.ru/ultra.php>
7. Испытания обновленной версии двухместного электросамолета от Bye Aurospace Sun Flyer 2 прошли в штатном режиме. <https://hightech.plus/2019/02/13/elektrosamolet-s-novim-dvigatelem-siemens-vpervie-podnyalsya-v-vozduh>
8. Уголок неба. Alpha Electro. <http://www.airwar.ru/enc/1a/alphaelectro.html>
9. Щенников В.С. Перспективы разработки сверхзвуковых пассажирских самолетов // Вестник экономической безопасности. 2018. № 2. С. 69-373.
10. Обзор гибридных и электрических самолетов: AIROBUS E-FAN, LILIUM JET, ZUNUM AERO. <https://www.aircharter.ru/about-us/news-features/blog/hybrid-and-electric-jets-the-airbus-e-fan-lilium-jet-and-zunum-aero>

УДК 53.04

А. О. ХУСНУТДИНОВ

fylhtqjumru@mail.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. З. А. ЯГАФАРОВА

Стерлитамакский филиал Башкирского Государственного Университета

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТКАНЕЙ КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ

Аннотация. Статья посвящена исследованию механического напряжения, возникающего в кровеносных сосудах человека при движении по ним крови. Из анализа результатов численного эксперимента по моделированию механических свойств сосудистой ткани получены средние значения давления в сосудах для здорового функционирования организма.

Ключевые слова: кровеносные сосуды; давление; напряжение; уравнение Ламе.

Напряжения, возникающие в сосудах, могут зависеть от нескольких факторов, включая объемную фракцию макромолекул, ориентацию молекул, а также объем или количество клеток [1].

Необходимо отметить, что механические свойства сосудистой ткани характеризуются тем, что сосуды в основном растянуты продольно под действием окружающих их тканей. Поэтому существуют отклонения этих свойств для отдельных индивидов от установленных средних значений. Напряжение, которое возникает при деформации в стенке кровеносного сосуда определяется уравнением Ламе: $\sigma = \frac{pr}{h}$ [2]. Перед нами была поставлена цель определения значений напряжения, возникающего в стенках кровеносных сосудов в зависимости от величины значений давления крови, внутреннего радиуса и от толщины стенок сосуда.

При проведении численного эксперимента по моделированию и исследованию механических свойств кровеносных сосудов из источника литературы [3] были заимствованы данные значений давления в различных тканях взрослого человека, значения радиусов и толщины стенок сосудов: артерий, артериол, венул, вен (табл. 1-2).

Таблица 1

Значения «нормального» давлений (p) в различных сосудах взрослого человека

Тип сосудов	p , давление (кПа)
Артерия	16-17.2
Артериолы	5.3-8
Венулы	1.6-2.4
Вены	0.133-1.6

Таблица 2

Значения радиуса (r) и толщины стенки (h) сосудов взрослого человека

Сосуды	Артерия	Артериола	Венула	Вена
Радиус, мм	7.5 – 10	$15 \cdot 10^{-3}$	$10 \cdot 10^{-3}$	2.5 – 15
Толщина, мм	1 – 2	$20 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	0.5 – 1.5

Расчеты проводились с использованием программного комплекса Mathcad.

На рис. 1 приводятся графики зависимости возникающего напряжения в сосудах: артериях, венах, артериолах от давления жидкости, текущего по этим сосудам.

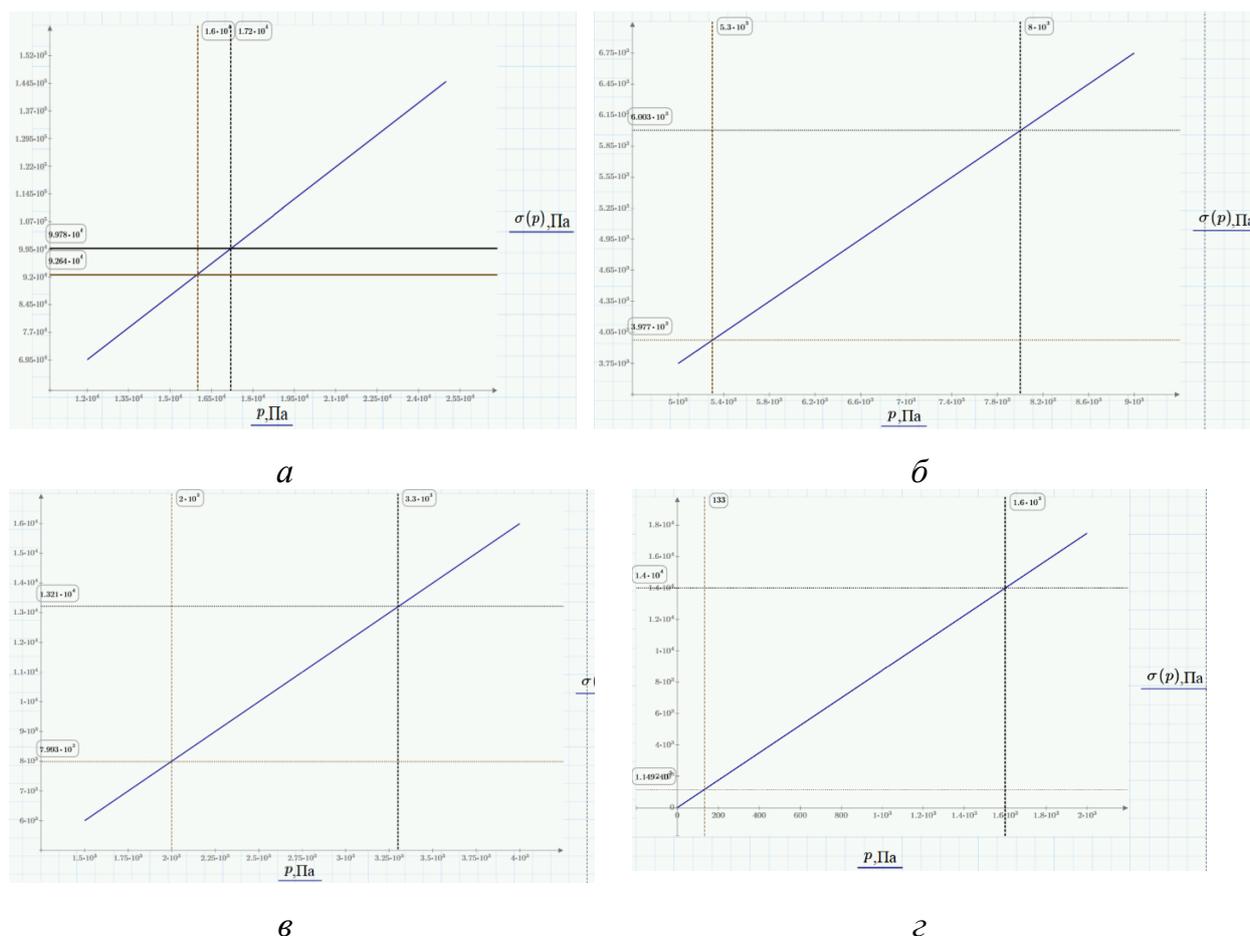


Рис. 1. Зависимость напряжения в артериях от давления крови (*а*); зависимость напряжения в артериолах от давления крови (*б*); зависимость напряжения в венулах от давления крови (*в*); зависимость напряжения в венах от давления крови (*г*)

Проанализировав зависимости $\sigma(p)$, полученные из численного эксперимента (рис. 1) были получены значения напряжения (σ), соответствующие значениям «нормального» давления (p) у взрослого человека для различных кровеносных сосудов, которые приводятся в виде табл. 3.

Таблица 3

Значения «нормального» напряжения в сосудах взрослого человека

Сосуды	σ , напряжение (кПа)
Артерия	92.64 – 99.78
Артериолы	4 – 6
Венулы	8 – 12
Вены	1.15 – 14

При обнаружении у человека заболеваний сердечно-сосудистой системы в первую очередь следует обратить внимание на состояние сосудов и на значения напряжений, возникающих в сосудах при течении крови.

В модели были рассчитаны значения предельных напряжений в сосудах различных типов, при достижении которых в организме могут возникнуть различные заболевания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сапин М.Р. Анатомия человека. - М.: Медицина, 2001-2002 в 2-х томах.
2. Новацкий В. Теория упругости. М.: Мир, 1975.
3. Дьяконова И.Н., Россельс А.Н. Венозное давление // Большая медицинская энциклопедия: в 30 т./ гл. ред. Б. В. Петровский. — 3-е изд. — М. : Советская энциклопедия, 1977. — Т. 4 : Валин — Гамбия. — 576 с.

СЕКЦИЯ 7.3
ЯЗЫКОВАЯ КОММУНИКАЦИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ
ПРОСТРАНСТВЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА

УДК 372.881.1

Д. Р. БИКМУХАМЕТОВА
dinara2017@gmail.com

Науч. руковод. – канд. пед. наук, доц. Т. Н. ШАЙХУТДИНОВА

Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ЧТЕНИЮ ПРЕССЫ
НА ИНОСТРАННОМ ЯЗЫКЕ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

Аннотация. В статье рассматривается специфика чтения прессы на занятиях иностранного языка в технических ВУЗах. В центре внимания также находятся вопросы, связанные с потенциалом систематической работы с газетой.

Ключевые слова: пресса; чтение; аутентичные материалы.

Современная реальность выдвигает перед профессионалом любой отрасли требование владения иностранным языком в качестве условия конкурентоспособности и востребованности на рынке труда. Специалисты технического профиля одни из первых почувствовали на себе влияние глобализации, повлекшее за собой потребность в развитии способности к языковой коммуникации: зачастую понимание технических моментов напрямую сопряжено с готовностью работника применить свои знания иностранного языка. Следовательно, это становится неотъемлемой частью его профессиональной подготовки, а одна из важнейших задач преподавателя иностранного языка в современном вузе – сформировать коммуникативную компетенцию у студентов.

Преподаватели иностранных языков сходятся во мнении, что чтение газет на изучаемом языке создает оптимальные условия для развития коммуникативных умений и навыков. Так, именно при работе с газетой наиболее эффективно решаются задачи, которые стоят перед студентами в области чтения, а именно: увеличение оперативной единицы восприятия текста, успешное восприятие текста с однократного предъявления, развитие скорости чтения, а также формирование умения догадываться о значении неизвестных единиц, предвосхи-

щать их, выделять существенное и «игнорировать» неизвестное, если оно мешает пониманию целого и пр.

Отмечается ряд требований к текстам, при помощи которых у студентов развивается навык чтения. Так, тексты, которые применяются в учебном процессе, должны отвечать коммуникативно-познавательным увлечениям и профессиональному профилю. На каждом этапе обучения предлагаемые тексты обязаны воссоздавать свою коммуникативную функцию в общении. Также при предпочтении текста для того или другого вида чтения играют важную роль его объем, логико-композиционная структура, сложность языкового материала.

Для изучающего чтения предпочитают, как правило, небольшие тексты (1-1,5 страницы). В техническом профиле применяются тексты описательного типа, тексты из научно-популярной и общественно-политической литературы. Эти тексты должны содержать определенные трудности на лингвистическом и экстралингвистическом (информационном) уровнях. Подобные тексты читаются со словарем (как в аудитории, так и во внеаудиторное время), а точное и полное их понимание контролируется переводом на русский язык [1]. В аудитории в процессе чтения и перевода таких текстов обучаемые под инструкцией преподавателя выполняют анализ различных трудностей лингвистических и информационных явлений. Таким образом, чтобы в дальнейшем при изучении иностранного языка они научились проходить эти трудности самостоятельно.

Крайне важно учитывать и определенную последовательность действий, которая содействует как эффективности обучения чтению, так и увеличению его общеобразовательного значения. В методике обучения чтению на иностранном языке используются три стратегии, имеющие в виду три цели: полное понимание читаемого, понимание основного содержания и выборочное понимание [3]. Одной из особенностей последнего является то, что оно осуществляется на основе аутентичных текстов и эффективно формируется умение находить в незнакомом тексте максимум опор.

Успешность обучения поисковому чтению определяется следующими условиями: цель поиска – содержательная информация, дефицит времени (очень быстрый темп), использование экстралингвистических и когнитивных опор текста, начало обучения данному виду чтения связывается с уже изученными текстами.

Прежде чем начать работу со статьями, необходимо провести предварительный опрос студентов, позволяющий выявить их интересы в отношении прессы. Как правило, предпочтение отдается журналам. Беседа начинается с общих вопросов: «Какие журналы вы знаете?», «Какие материалы вам нравится читать?», «Вам нравятся иллюстрации?», «Вы обращаете внимание на рекламу?».

Следующий этап предполагает работу непосредственно с зарубежными журналами (газетами). Студентам выдаются различные издания, затем преподаватель просит изучить обложку (или первую страницу газеты) и предлагает угадать по ней, к какой категории прессы они относятся. Изучив обложку, студенты могут открыть и полистать предложенное издание, чтобы подтвердить или опровергнуть свои предположения по поводу его содержания. На этом этапе работа может осуществляться как самостоятельно, так и в небольших группах. Изучая тематику издания в целом, студенты анализируют рекламные страницы, статью главного редактора, фотографии, для этого задаются такие вопросы как: «Для чего публикуется журнал?», «Какие цвета преобладают в оформлении?», «Какую роль играет реклама в данном издании?».

При работе одновременно с несколькими статьями, на уроке возможна организация коммуникативного взаимодействия студентов путем проведения различного рода игр. Например, каждая статья разрезается на составляющие (заголовок, текст, фотография), кусочки перемешиваются и раздаются студентам. Задание заключается в восстановлении статьи с помощью соединения нужных элементов.

Аналогично происходит организация работы с одной отдельной статьей: она предварительно разделяется на несколько частей, делаются копии фрагментов, изменив порядок их следования. В таком случае, студентам необходимо восстановить правильную последовательность событий, изложенных в статье.

Не менее интересной может быть работа с фотографиями. Возможны следующие варианты:

– Раздаются статьи с фотографиями из различных журналов и газет, сопровождаемыми легендой.

– Раздаются статьи с фотографиями из различных журналов и газет, в которых нет легенды.

– Каждый студент получает отдельно статью и фотографию, которые не связаны между собой. (Задача: восстановить, подобрать по теме, совместить, изменить и т.д.)

В заключение работы с прессой на занятии, с помощью приема «круглого стола» организуется дискуссия с целью выявления некоторых особенностей различных печатных изданий.

Помимо понимания основного содержания текста, поисковая работа способствует также выработке гипотез о значении новых лексических и грамматических единиц. Поэтому на этапе поискового чтения, не раньше, следует проводить работу по ознакомлению с новым грамматическим материалом и семантизации новой лексики [2]. При правильно организованном этапе поискового чтения объем нового лексического материала, содержащийся в тексте, уже не кажется студенту большим, а значение неизвестных грамматических явлений поддается анализу через их участие в организации текста.

Встреча с актуальными, аутентичными текстами – путь к формированию умений опытного читателя. Они помогают расширить рецептивный лексический запас студента, совершенствовать его умения чтения, умения использовать для понимания текста индивидуальные познавательные стратегии. Однако для заучивания лексики, хранения ее в памяти также абсолютно необходимы

индивидуальные словари, с которыми студенты должны систематически работать.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зимняя И. А. Взаимодействие видов речевой деятельности как психологическая основа взаимосвязанного обучения в преподавании неродного языка // Взаимосвязанные обучения видам речевой деятельности в практике преподавания русского языка как иностранного: сб. науч. тр. / М.: Моск. гос. ин-т иностр. яз. им. М. Тореза, 2011. С. 12 - 17.
2. Мильруд Р.П. Методика преподавания английского языка: Учебное пособие для вузов. М.: Дрофа, 2007. 254 с.
3. Шмидт З.Й. «Текст» и «история» как базовые категории // Новое в зарубежной лингвистике. 1978. № 8. С. 89 – 110.

А. И. ИБАТУЛЛИНА, В. Р. ГАБДУЛЛИНА

Науч. руковод. – канд. фил. наук, доц. В. Р. ГАБДУЛЛИНА

Уфимский государственный авиационный технический университет

ОСОБЕННОСТИ ТУРЕЦКОГО ЯЗЫКА И КУЛЬТУРЫ

Аннотация. В этой статье рассматриваются такие понятия, как Турция, ее особенности, культура и главные традиции.

Ключевые слова: Турция; туризм; население; менталитет; традиции; религия.

История Турции

Большая часть территорий современной Турции располагается на полуострове Малая Азия (Анатолия). Турецкая республика образовалась лишь в 1923 году, а до этого носила название Анатолия.

Первые жители появились почти 27 000 лет назад, это подтверждают следы ступней человека, которые были найдены в древних пещерах и подземельях. Есть предположение, что благодаря Анатолии древние обитатели смогли поселиться в Европе, путем миграции.

Центр и восток страны в 3 тысячелетии д.н.э. попались под влияние Вавилона, так как именно эти территории были богаты медью, и там начали образовываться колонии по ее добычи.

Что касается запада, который обогнул два моря, находится на побережье Эгейского моря и на юго-западе вдоль побережья Средиземного моря. Именно там появились крупные центры цивилизации, благодаря этому сейчас эти места востребованы туристами, так как там сохранилась особая архитектура и интересные сооружения.

Турция богата своей историей прошла через многие трудности такие как:

- греческая колонизация Анатолии (13-9 века д.н.э.)
- возвышение и падение Лидийского царства (9-6 века д.н.э.)
- персидская эпоха (546-334 года д.н.э.)
- распад османской империи (1566-1826)

- турки-сельджуки (1071-1243 года)
- война за независимость в 1919 году

Столицей Турции является Анкара, хотя многие считают, что Стамбул, но он просто считается одним из самых крупных городов страны. А так же самые крупнейшие города Измир, Адана, Конья, Анталья

Турция - туристическая страна

Турция является туристической страной, где отдыхают большинство жителей России и других стран, а также является нашим соседом по морю. Это государство привлекает в первую очередь, наверное, своим теплым и прозрачным морем и уникальной природой. Нужно заметить, что в Турции около 280 дней в году безоблачное небо и жаркое солнце, а с учетом, что почти на всех побережьях песок или мелкая галька, сюда приезжают еще чаще.

Еще одним критерием выбора именно этой страны является уникальная система «все включено», при которой вы можете пользоваться всеми услугами, барами и ресторанами на территории своего отеля совершенно бесплатно почти в любое время суток.

Население и менталитет

Еще одним плюсом этой страны являются ее доброжелательные и дружелюбные жители, которые относятся хорошо не только к своим близким, но и к туристам, они приветливы и общительны. Турки хорошо относятся к чужим традициям и не навязывают свои, всегда открыты для нового и интересного.

99% населения в Турции составляют мусульмане. Так как в данной стране большинство горожан придерживаются такой религии как ислам, жители должны соблюдать некоторые особенности такие как: женщины обязаны прикрывать все части тела кроме лица и кистей рук, а мужчины должны закрыть часть тела от пупка до колен. Нужно заметить, что современное общество отчасти диктует свои правила и поэтому в некоторых частях государства (особенно где развито туристическое направление) молодые люди не сохраняют эти традиции и все чаще носят современную одежду.

Население Турции составляет 83 614 362 человека. Распределение жителей достаточно равномерное по всей территории страны как в крупных городах, так и в мелких. Около 15% жителей страны являются представители других народов таких как татары, русские, арабы, русские, греки, армяне и т.п. поэтому данную страну можно назвать многонациональной. Можно заметить, что это страна подойдет для длительного проживания, так как турки не принижают другие народы и не ущемляют их права. Иностранцы разговаривают на своем языке, отмечают свои праздники и придерживаются своего менталитета.

Турецкий язык и его особенности

Турецкий язык не раз изменялся и брал какие-то уникальные особенности у соседних регионов и отдавал свои.

Лингвисты относят язык Турции к группе тюркских языков. А как известно то татарский, башкирский и т.п. языки тоже пришли из этой группы, поэтому обладатели этих языков, оказавшись в Турции, нередко смогут услышать похожие и знакомые слова (слова приветствия, уважения, счет)

Кроме турков, на нем разговаривает значительное количество жителей Сирии, Ливана и Ирака, некоторых островов Эгейского моря.

В турецком языке 29 букв: 8 гласных (a,ı,o,u,e,i,ö,ü) и 21 согласная (b,c,ç,d,f,g,ğ,h,j,k,l,m,n,p,r,s,ş,t,v,y,z).

В турецком языке в начале предложения всегда идет подлежащее, а потом сказуемое.

Самой главной особенностью турецкого языка является то, что в нем почти нет исключений, в отличие от английского и русского, в которых они практически в каждом правиле. Так же в том языке нет такого понятия как «род».

В турецком языке не встречаются слова с буквами o и ö в конце.

Несмотря на то, что около 80% турков разговаривают именно на турецком, то особенно в курортных зонах можно заметить, что все больше жителей стараются учить русский и английский языки для более удобного общения с туристами

Достопримечательности

Турция богата достопримечательностями и просто красивыми местами.

Сейчас рассмотрим некоторые из них.

1. Собор Святой Софии (Стамбул)

2. Голубая мечеть (Стамбул)

3. Галатская башня (Стамбул)

4. Каппадокия. Именно там можно увидеть невероятные долины, горы, что не оставит равнодушным ни одного человека.

5. Памуккале. Это не только про красоту и эстетику, но еще и про здоровье. Ведь именно там есть сероводород и окись кальция, а также открытые бассейны с различными температурами

6. Пролив Босфор (Стамбул)

7. Древний город Эфес. Его можно увить как с суши, так и с воды

8. Бассейн Клеопатры. Именно там по приданию принимала солнечные ванны сама Клеопатра

А также в Турции сохранились 18 достопримечательностей, которые попали в список UNESCO

Неудивительно почему Турция пользуется таким большим вниманием у туристов разных стран ведь она богата красивейшими и уникальными местами.

Турецкая баня

Хамам – турецкая баня, выдержанная в традиционном восточном стиле.

В хамаме гости не только моются, но и расслабляются. В парилке принято устраивать деловые встречи, общаться и обсуждать актуальные события.

Каменные лежаки, стульчаки и пол приятно отдают тепло, расслабляя мышцы и нормализуя терморегуляцию. Чтобы конденсат не капал, потолок выполняют в форме высокого купола. Вода стекает по стенкам, не нарушая отдых посетителей. В турецкой парной поддерживают высокую влажность – 100%. В сауне сырость не превышает 15%, поэтому внутри помещения сухо, тяжело и душно. Горячий, мокрый воздух хамама открывает поры и расслабляет мышцы.

Праздники

Религиозные праздники в Турции празднуются достаточно широко и крупно. Жители наряжаются в традиционную одежду, достают лучшие украшения. Развешивают и поднимают флаги, ставят религиозные декоры, и готовят праздничные блюда. Также сложилась традиция отмечать различные фестивали по любому поводу (фестиваль винограда, морковки, Мевляны, граната, фарфора, мази)

Обычаи и традиции

Несмотря на то, что в Турции много молодежи, там все равно сохранились старые нравы и обычаи к примеру, считается что если в семье большое количество сыновей, то эта семья считается более обеспеченной и высокого социального статуса. Решение заключить брак часто исходит только от родителей, а не от молодоженов.

Рождение ребенка в Турции – тайное и интимное событие. Первые сорок дней женщины вообще не встают с постели и не смотрятся в зеркало. Обрезание сыновей в 6-11-летнем возрасте остается обязательным показателем того, что юнец стал полноценным мужчиной.

Есть особая традиция, что турецкую женщину принято приветствовать на расстоянии и без всяких прикосновений, чтобы не оскорбить ее достоинство.

Кухня

Нужно заметить, что турецкая кухня входит в тройку лучших кухонь мира наряду с французской и китайской.

Есть несколько особенностей турецкой кухни. Во-первых, турецкая кухня очень разнообразна, и даже многие блюда могут подаваться в нескольких вариациях (халва). Во-вторых, традиционный прием пищи очень интересен и необычен. Так, например, обед или ужин проходит в три этапа, и все это может затянуться на несколько часов, так как в Турции не принято торопиться во время трапезы. Особенность турецких десертов состоит в том, что многие из них с большим содержанием меда.

Еще одним особым блюдом в Турции является традиционный суп. Он основан не на воде как мы привыкли, а на йогурте (суп-пюре)

Вывод:

Турция - это страна с большим колоритом. В ней множество красивых достопримечательностей и просто красивых пейзажей. Она поражает своими масштабами и уникальными традициями. Как и в каждой стране у жителей есть свой менталитет и свои особенности. Они всегда будут рады туристам, и примут вас с распростертыми руками, и покажут лучшие стороны своей страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://jj-tours.ru/articles/Turkey/turkey-istoria-2.html>
2. <https://yektahomes.ru/question-answer/11-osobennostej-turtcii/>
3. <https://zen.yandex.ru/media/turkey/10-osobennostei-tureckogo-iazyka-5ca2612cd959dc00b319beae>
4. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Турция#Население>

УДК 80

А. Р. ИБАТУЛЛИН

ibatullka@mail.ru

Науч. руковод. – О. Т. ГИНИЯТОВА

Уфимский государственный авиационный технический университет

БОРЬБА ПОКОЛЕНИЙ В РУССКОМ ЯЗЫКЕ

Аннотация. В данной статье мы попытаемся разобраться в языковом конфликте между поколениями.

Ключевые слова: русский язык; борьба поколений.

У меня, как гражданина Российской Федерации, есть вещь, которую я очень ценю, вещь, которую обязан ценить и оберегать каждый. Несмотря на то, что наша страна является многонациональной и включает в себя огромное количество культур, есть то, что объединяет всех, то, что отличает нас от приматов, позволяет нам общаться и выстраивать отношения. Как уже многие догадались, речь пойдет о русском языке.

Углубляясь в эту тему, я завел разговор с людьми почетного возраста, в течение которого понял, что все не так просто. В ходе обычной беседы меня внезапно посетила мысль о том, что мы говорим на разных языках. Не подумайте, я в полной мере понимал каждое их слово, они говорили совершенно обычно, без странных архаизмов или чего-то подобного, но когда приходила моя очередь, в их глазах читалось недопонимание. Фактически мы говорили на одном языке, но изменения, которым он подвергся за все время своего существования, поставили нас в затруднительное положение.

Итак, перейдем к основной теме моего сегодняшнего выступления :

«Борьба поколений в русском языке».

Разные компоненты языка меняются с разной скоростью, к примеру: грамматика, которая остается неизменной или практически неизменной на протяжении огромного количества времени, пунктуация, потому что нельзя просто взять и поставить запятую в рандомном месте. Возможно, у некоторых из вас встанет вопрос, что за слово я употребил в последнем предложении. «Рандом-

ном»? Вот, как раз об этом мы и поговорим. «Random – случайный» в переводе с английского. Почему же я не сказал «... запятую в случайном месте»? Все потому что я уже привык к подобным изречениям. Если вы обратите внимание, то с появлением глобальной сети и так называемой «интернет-культуры», английский язык начал просачиваться в наш язык. Вы ожидали чего-то другого? Если люди, которым 15-20 лет, огромное количество времени проводят в сети и говорят именно на этом языке. Проблема «отцов и детей» остается актуальной по сей день, и язык-один из способов лишний раз намекнуть об «испорченности нового поколения».

В наше время принято разделять поколения подобным образом:

Поколение Z: 1996 и позже

Миллениалы или поколение Y: 1981 – 1995

Поколение X: 1965 – 1979

Бэби-бумеры: 1946 – 1964

Традиционалисты: 1945 и ранее

Это пригодится нам для дальнейшего понимания темы.

Допустим небольшое отклонение и поговорим о СССР. Это была великая держава, которая пресекала всякую попытку вторгаться в свои внутренние дела и тем более коверкать свой язык. Однако в 1991-м году железный занавес пал вслед за великой державой. Попытаемся разобраться к чему это привело. После падения так называемого «железного занавеса», на все пост-советское пространство хлынула волна «американской массовой культуры». И это не могло не оставить след на нашей культуре и языке. Копии американских групп, которые пытались повторять манеру речи, повадки, и всем своим видом хотели показать, что они не хуже оригинала. Нельзя не упомянуть иностранную литературу и культовые фильмы, фразы из которых надолго заседали в головах. Но не будем вдаваться в историю и вернемся к обсуждению языка на этом фоне.

Хотелось бы обратиться к людям, которые выросли в «лихие девяностые» или как их принято называть сейчас «миллениалы». Вспомните, на что был по-

хож ваш говор тогда: фарцовка, сидюк, слаксы, трубы. Если бы не товарищи постарше, не думаю, что я бы дошел до значения этих слов самостоятельно. И как ни странно, вы подвергались осуждению со стороны старших. Так заведено, старшие осуждают младших за их внешний вид, поведение, юмор, и в особенности, за их речь, которую они просто не могут понять.

Но почему же мы не можем прийти к консенсусу? Почему у нового поколения всегда новый язык? Почему старшие поколения не пытаются понять младших?

Начнем с того, что прийти к чему-то конкретному в данном вопросе вряд ли возможно. Молодые будут стараться доказать старшим, что они не глупы и имеют полное право распоряжаться своей речью так, как сами захотят. Но почему на стыке поколений речь людей всегда идет наперекос с тем, что было раньше? Я думаю, что ответ кроется в том, что младшие никогда не хотят быть похожими на старших, они хотят быть особенными, выделяться и находить похожих по духу людей, которые ведут себя также, выглядят также и самое главное, говорят на понятном им языке.

Чтобы сделать эту работу более объективной, я решил сослаться на статью Ларисы Паутовой-управляющего директора проектов фонда «Общественное мнение», в которой она говорит достаточно интересные вещи относительно поколения Z:

«Они другие и они разные. Большое количество исследований говорит о сегментации молодежи. Поэтому нужно понять, какую группу молодежи мы хотим вовлекать. У каждой группы свои кнопки воздействия, свои крючки», — объясняет Паутова.

«Это поколение, воспитанное 40-летними, которые очень остро переживали 1993-й, 1998 год и не хотят, чтобы их дети жили в таких же условиях. В результате мы столкнулись с поколением, которое испытало на себе гиперопеку родителей. Например, в этом году мы проводили фокус-группы по всей стране,

куда собирали студентов 18-24 лет, и они приходили со своими родителями», — рассказала эксперт.

На вопрос почему русский язык меняется столь стремительно, попытался ответить и Доцент Тартуского университета филолог Роман Лейбов:

«Если говорить о той части языка, которая меняется достаточно быстро, которая редко "откладывается", то там происходит отбор. Во-первых, сама молодежь не использует этот язык во всех сферах. Понятно, что, разговаривая с директором школы, будет слишком большой наглостью начать разговаривать на этом англо-русском языке. Школьники прекрасно это понимают, и они переключают регистры. Такая неполная сфера употребления тоже не дает зафиксироваться новой терминологии в этом языке, проникнуть в другие пласты языка и, таким образом, охватить общество, как-то зафиксироваться в словарях. Шансов у такой лексики довольно мало. Конечно, влияет техника, которой стало много. И для всего этого нужны какие-то новые слова, либо заимствованные, либо переделанные, либо изобретенные.»

Могу сказать, что я солидарен с вышеизложенными позициями. Я думаю, что «старшим» нужно быть более гибкими и уметь приспособливаться к актуальному, современному русскому языку. В свою же очередь молодежи нужно постараться принять старших и относиться к их попыткам без пренебрежения. И я искренне надеюсь, что мы сможем понять друг друга!

УДК 740

Л. М. ИБРАГИМОВА

guseniy@mail.ru

Науч. руковод. – канд. филол. наук, доц. Р. В. САТТАРОВА

Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета

**МОДАЛЬНОСТЬ КАК КЛЮЧЕВАЯ КАТЕГОРИЯ ЯЗЫКОВОЙ
КОММУНИКАЦИИ В ТЕХНИЧЕСКИХ И ГУМАНИТАРНЫХ ВУЗАХ
(НА МАТЕРИАЛЕ РЕЧЕЙ АМЕРИКАНСКИХ
ПОЛИТИЧЕСКИХ ДЕЯТЕЛЕЙ)**

Аннотация. В статье рассматривается использование модальности в речи политиков Америки, осуществляется наглядное сравнение употребления типов модальности с помощью диаграммы.

Ключевые слова: модальность; типология модальности; виды модальности; языковая коммуникация.

В данной статье рассматривается модальность как средство передачи отношения к действительности в речи политических деятелей США. Склад ума условно делится на гуманитарный и технический. Поскольку современный мир переполнен техникой, быть человеком с исключительно гуманитарным образом мышления невозможно. Существует огромное количество тем, интересных для обоих типов, одной из них является политика. Дипломатия – это направление, которым действительно стоит интересоваться, чтобы жить в ногу со временем. Зарубежная политика позволяет сравнивать уровень жизни, расширяет кругозор и мотивирует на дальнейший рост. Это направление полезно как для технических вузов, так и для гуманитарных, а их выдающимися выпускниками являются отечественные и зарубежные политические деятели.

Чтобы четко понимать смысл речей зарубежных политиков в полном объеме, мы предлагаем понять суть модальности в целом. В этой интересной теме поможет разобраться данная статья. Модальность является понятийной категорией, обозначающей отношение содержания высказывания к действительности, а также отношение адресанта к содержанию высказывания, собеседнику, ситуации [1]. Существует несколько видов типологий модальности. Но в

данной работе мы выделяем 7 основных типов модальности: эпистемическую, эвиденциальную, эмотивную, деонтическую, алетическую, гипотетическую и аксиологическую [4].

Объектом данного исследования являются политические выступления американских лидеров.

Предметом данного исследования выступают виды модальности, включаемые в дискурс современным президентом США Джозефом Робинеттом Байде-ном-младшим.

Материалом исследования являются заключительные дебаты Джо Байдена и Дональда Трампа. Л.В. Татару предлагает выделить шесть типов модальности, но в данном исследовании мы будем рассматривать семь, согласно проанализированным типологиям других небезызвестных ученых [Бондарко 1990; Кобызева 2011; Татару 2015; Lawler 2010; Lewis 1967; Wodak 2018].

1) *Эпистемическая модальность* обозначает фактический статус ситуации, предположительные выводы из общеизвестных и наблюдаемых фактов; «знание/незнание», «уверенность/неуверенность»:

1) The expectation is we will have another 200 000 Americans dead. (4:18)

2) Make sure, it's total transparent have the scientists the world see it. (вводно-модальное словосочетание) (6:47)

3) The fact that there's a public option that people can choose that makes it socialist plan look. (47:13)

4) He thinks he's running against somebody else, he's running against. (humorous) (50:04)

5) I do, because I think one of the things we're going have to do is we're going have to bail them out too. (55:20)

6) The catch and release you know what he's talking about there. (1:01:45)

7) Don't reach for the glove box someone may shoot you... (1:04:43)

8) I do, I do, you know my daughter is a social worker... (1:04:10)

9) You need to have Plexiglas dividers so people cannot inflect one another.
(16:29)

10) Who's going to tell her she can't go back to community college? (37:34)

11) The leader in the US said he can't pass it, he will not be able to pass it...(52:50)

12) I don't know where he comes from... (1:23:03) [6].

2) *Эвиденциальная модальность* представляет собой изложение доказательств по отношению к речи оппонента от лица говорящего. Проанализировав заключительные дебаты Джо Байдена и Дональда Трампа, мы пришли к выводу, что современный президент США не использовал данный тип модальности.

3) *Эмотивная модальность* передает чувства и эмоции на ситуации и события:

1) I am very proud of my plan it's gotten endorsed by all the major labor.
(47:23)

2) ...how many of your home are worried and rolling around in bed tonight wondering "What in God's name you're going to do if you get sick"? (47:40)

3) I hope, he does look at me, because what's happening here...(1:10:25) (там же).

4) *Деонтическая модальность* (обязанность, разрешение, запрет, обещание, угроза, способность, волеизъявление):

1) Anyone who's responsible for that many deaths should not remain as president of the US. (03:40)

2) ...we ought to, we have to thank him. (8:58)

3) ...they have to play by the rules. (35:18)

4) ...the people worried about jobs, to support my climate plan, because it does will create millions of new good paying jobs. (1:20:23)

5) China would have to play by the rules. (35:00)

6) We can grow and we can be cleaner. (promise) (1:23:46) (там же).

5) *Алетическая модальность* (необходимость и возможность совершения действий):

1) Schools need a lot of money to open, they need to deal with ventilation system, they need to deal with smaller classes... (14:15)

2) They need the help as well as the schools need the help...(55:53) (там же).

6) *Гипотетическая модальность* (желание, сожаление, упрек, возможность, предположение):

1) What I would do is make sure we have everyone encouraged to wear a mask all the time. (04:40)

2) What I would say is I'm going to shut down the virus not the country.(13:14)

3) I would stop giving them federal subsidies (01:28:28) (там же).

7) *Аксиологическая модальность* (оценка пропозиции):

а) оценочная лексика:

1) I did my job impeccably. (31:44)

2) It is frightful!

3) ...we should fundamentally change the system.

4) Climate change and climate warming, global warming is the next essential threat to humanity. (01:19:41)

5) This is planned endorsed by every major environmental group and every labor group.(01:23:12)

6) We're going to choose to move forward because we have enormous opportunities. (01:31:13)

б) отрицание:

1) Think about what the president knew in January and didn't tell the American people.(20:12)

2) This guy trying to bribe the Ukrainian Government to say something negative about me which they would not do and did not do because it never ever happened (31:56) (там же).

Оценочную лексику можно разделить на две большие группы: положительная и отрицательная или «хорошая» и «плохая». Но в зависимости от контекста и структуры высказывания, одна и та же оценочная единица может характеризоваться как положительная, так и как отрицательная. Данную структуру можно охарактеризовать следующими примерами:

1) *I did my job impeccably*. Данная оценочная единица выступает в положительном значении. Не допускается употребление данного эксплицитного средства в отрицательном контексте.

2) *We have enormous opportunities*. В данном случае употребление слова «enormous» выступает в положительном значении, однако допускается употребление и отрицательного.

3) *It is frightful!* Данный пример очень показательный. Недопустимо употребление слова «frightful» в положительном значении.

Результаты проведенного исследования представлены в диаграмме:



Рис. 1. Использование модальности в дебатах

Замечено, что речь Джо Байдена имеет определенную структуру: она поделена на несколько отчетливых структурных блоков. Именно эту причину можно использовать в качестве объяснения факта применения того или иного типа модальности относительного данного политического выступления.

Отметим, что Джо Байден активнее всего использовал деонтическую и эпистемическую модальность. Данные типы модальности превалируют по причине жанровой характеристики политического выступления: дебаты. Иными словами, определенные жанры выступлений политиков способствуют использованию соответствующего набора языковых и дискурсивных средств. Другие типы модальности в речи Джо Байдена представлены реже.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахманова, О. С. Модальность / О. С. Ахманова // Словарь лингвистических терминов / под общ. ред. М. В. Лазовой. – М. : Советская энциклопедия, 1969. – С. 237–238.
2. Бондарко, А. В. Модальность. Вступительные замечания / А. В. Бондарко // Теория функциональной грамматики. Темпоральность. Модальность. – Ленинград : Наука, 1990. – С. 59–67.
3. Кобызева, С. В. Аксиологическая модальность и специфика ее реализации в рекламном тексте / С. В. Кобызева // Вестник Челябинского государственного университета. Серия : Филология. Искусствоведение. – 2011. – № 20. – С. 99–104.
4. Саттарова Р. В. Средства моделирования властных отношений в политическом дискурсе: дис. ... канд. филолог. наук: 10.02.04. - Башк. гос. университет, Уфа, 2019 - 274 с.
5. Татару, Л. В. Дискурсивная и модально-оценочная репрезентация оппозиции «жизнь / смерть» в повести Дж. Джеймса «Мертвые» / Л. В. Татару // Мортальность в литературе и культуре : сборник научных трудов / А. Г. Степанов, В. Ю. Лебедев. – М. : Новое литературное обозрение, 2015. – С. 55–68.
6. Hindustan Times 2020 : Trump Vs Biden final faceoff | Full presidential debate | US Election 2020 [Электронный ресурс] // YouTube. — 2020. — 23 October. — Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=2MRCcAt9IPg> (Дата обращения: 14.04.21).
7. Lawler, J. Negation and negative polarity / J. Lawler // Cambridge Encyclopedia of the Language Sciences / P. C. Hogan. – Cambridge : Cambridge University Press, 2010. – Pp. 554–555.
8. Lewis, G. L. Turkish grammar / G. L. Lewis. – Oxford : Clarendon Press, 1967. – 303 p.
9. Wodak, R. “We have the character of an island nation” : a discourse-historical analysis of David Cameron’s “Bloomberg Speech” on the European Union / R. Wodak // Doing Politics : Discursivity, performativity and mediation in political discourse / M. Kranert, G. Horan. – 2018. – Pp. 27–58

УДК 81'1

М. Ф. ИШБЕРДИНА

flurkblz@mail.ru

Науч. руковод. – д-р филол. наук, проф. Т. М. РОГОЖНИКОВА

Уфимский государственный авиационный технический университет

СТРУКТУРА ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АССОЦИАТИВНОЙ МЕТОДИКИ

Аннотация. Представлена частная методика для совершенствования процесса обучения иностранному языку, также описана разработка практического занятия, основанного на данной методике.

Ключевые слова: ассоциативная методика; ассоциативная структура; ключевое (опорное) слово; ассоциативная связь слов.

Потребность в изучении иностранных языков растет. Иностранный язык является инструментом, дающим возможность индивидууму не только найти свое место в современном мире, но и выполнять свои профессиональные обязанности. Современное общество требует от специалистов разных отраслей знания одного или нескольких иностранных языков. Одной из основных целей профессионального образования является подготовка квалифицированного специалиста соответствующего уровня и профиля, конкурентоспособного, компетентного, способного эффективно работать на уровне мировых стандартов, готового к профессиональному межкультурному общению. Традиционные методики не полностью удовлетворяют требованиям современного общества: в короткие сроки осваивать иностранный язык, понимать чужие и продуцировать свои тексты высокого уровня сложности. Следовательно, возникает необходимость в поиске новых эффективных методов преподавания иностранных языков, направленных на решение конкретных профессиональных задач.

На наш взгляд, одной из продуктивных современных методик является ассоциативная методика. В основе этой методики лежит *идея создания искусственной ассоциативной сети на иностранном языке* [1, 41]. Базовым понятием этой методики является понимание значения слова как ассоциативной структуры. Один из авторов методики, Т.М. Рогожникова, полагает, что резуль-

тат понимания и усвоения слова напрямую зависит от ассоциативного окружения этого слова. Исследователи отмечают, что иноязычный текст представляет богатый материал для формирования и развития ассоциативной структуры значения слова.

Т.М. Рогожникова отмечает, что для понимания текста на любом языке необходимы три составляющих:

- 1) ассоциативные связи текста с предыдущим когнитивным опытом;
- 2) способность выделить в тексте ключевые (опорные) слова;
- 3) индивидуальная контекстная система ассоциативных связей слов, формирующаяся при работе студента с текстом.

Таким образом, авторы данной методики делают вывод, что студент способен понять иноязычный текст и создать свой собственный, если он обладает *ранее сложившейся системой ассоциативных связей слов, набором ключевых (опорных) слов и самостоятельно выработанным ассоциативным окружением* [1, 44].

В данной статье мы предлагаем разработку практического занятия для студентов второго курса специальности Электронаноинженерия УГАТУ по ассоциативной методике. Текст *What is nanoengineering* для данной разработки был заимствован с сайта www.infobloom.com.

Как правило, изучению непосредственного текста предшествуют предтекстовые задания. В соответствии с данной методикой наши предтекстовые задания должны актуализировать у студентов собственный когнитивный, языковой, эмоциональный опыт, связанный с темой текста, запланированного для изучения на данном уроке.

В связи с тем, что тема нашего практического занятия: WHAT IS NANOENGINEERING, мы подготовили следующие предтекстовые задания.

I. Read and remember the following words and word combinations

umbrella term – обобщающее понятие; общее название ; собирательный термин; сводный термин

to operate on – оказывать влияние на; действовать на; оперировать (кого-л.); работать от

to line up – стоять в очереди; тянуться вдоль (чего-л.); стоять; выстраиваться; выстроиться (в линию); подыскать; подобрать; подыскивать; подбирать; размежевываться; размежеваться; становиться в очередь (как в прям., так и в переносном смысле); стать в очередь; строиться; присоединяться (*with*; к кому-л.); объединяться (с кем-л.); сплотиться вокруг кого-л. оказывать дружную поддержку; занимать очередь; объединить усилия /объединиться/ (*against*; против кого-л.); обеспечивать

to refer to - сослаться (на кого-либо, на что-либо); ссылаться (на кого-либо, на что-либо); приписывать; направлять; передавать на рассмотрение; ссылаться на; посылать (к кому-либо, чему-либо); отсылать (к кому-либо, чему-либо); послать (к кому-либо, чему-либо); отослать (к кому-либо, чему-либо); соотнести с; касаться (чего-либо); обозначать; относить; относиться к; отсылать к; обращать внимание на

to fortify – усиливать; подтверждать (фактами); подкреплять; поддержать; подтвердить; подкрепить

enamel – эмаль (на зубах); финифть; полива; лак для ногтей; косметическое средство для кожи; глазурь; эмалевые краски; эмаль

to utilize – использовать (а не только утилизировать); задействовать; заполняться; расходовать; использоваться; утилизироваться; реализовываться

DNA – ДНК, структура; архитектура цифровых сетей

catalyst – катализатор (вещество, которое повышает скорость реакции); "пружина" (причина каких-то событий или процессов); ускоритель процесса; контактное вещество; активатор; отвердитель; активатор химической реакции

carbon – углеродный материал; продукт сгорания; угольный стержень (электродуговой лампы); углерод

genetic code – генетический код, последовательность ДНК

plethora of – изобилие; избыток; большой избыток; богатство; множество; огромное количество

cost-effective – эффективный и экономичный; самый экономичный; сокращающий затраты; сокращающий издержки; снижающий затраты; снижающий издержки; экономически оправданный; экономный; выгодно; рентабельный; оправдывающий затраты [4].

II. Read the following statement and give your opinion on it. Then read Text and compare the given information with your ideas

Nanoengineering has changed and continues changing the world, modern life, our vision, expectations and abilities to control materials world.

На следующем этапе студент знакомится с конкретным текстом.

III. Read and translate the Text

WHAT IS NANOENGINEERING

Nanoengineering is one field of nanotechnology. Nanotechnology is an umbrella term that encompasses all fields of science that operate on the nanoscale. A nanometer is one billionth of a meter, or three to five atoms in width. It would take approximately 40,000 nanometers lined up in a row to equal the width of a human hair. Nanoengineering concerns itself with manipulating processes that occur on the scale of 1-100 nanometers.

The general term, nanotechnology, is sometimes used to refer to common products that have improved properties due to being fortified with nanoscale materials. One example is nano-improved tooth-colored enamel, as used by dentists for fillings. The general use of the term “nanotechnology” then differs from the more specific sciences that fall under its heading.

Nanoengineering is an interdisciplinary science that builds biochemical structures smaller than bacterium, which function like microscopic factories. This is possible by utilizing basic biochemical processes at the atomic or molecular level. In simple terms, molecules interact through natural processes, and nanoengineering takes advantage of those processes by direct manipulation.

Nanoengineering, in its infancy, has seen some early successes with using DNA as a catalyst to self-assemble simple structures. In 2006 a Brown University research team was able to grow zinc oxide nanowires of approximately 100-200 nm in length by fusing snippets of synthetic DNA to carbon nanotubes. DNA, nature's manual for creating matter from the bottom up, is of particular interest in the field of nanoengineering. By assembling specific DNA code a nanoengineer can set up the conditions for the genetic code to perform tasks that result in the biochemical assembly of nanomaterials.

The implications of being able to manipulate the "growth" of materials from the atomic level up are enormous. Nanoengineering could potentially lead to a plethora of revolutionary materials and products that would not only benefit areas like aerospace, medicine and technology, but everyday life. Nanoengineering could lead to such practical applications as self-cleaning paint that never fades or needs waxing; planes with skins that de-ice themselves and adjust to different aerodynamic environments; and more efficient and cleaner burning fuels.

One of the most exciting aspects of nanoengineering is that it is exceptionally cost-effective, environmentally friendly (raw product is abundant), non-polluting, and requires little energy. Nanoengineering is believed to be a promising field for young scientific minds looking for a chance to ride the leading edge of a groundbreaking wave of new science heading our way [3].

Успешное выполнение следующего задания свидетельствует об адекватном понимании содержания прочитанного текста более чем пересказ или перевод.

IV. Answer the following questions using information from Text

1. Nanoengineering is profitable, safe and ecological, not harmful to nature, and needs little energy, isn't it?
2. What does the term "nanoengineering" mean?
3. Does nanotechnology cover all fields of science that operate on the nanoscale?

4. What level are basic biochemical processes utilized at?

5. What is the future of nanoengineering?

Далее мы переходим к компрессии текста через выделение ключевых слов с целью формирования у студента целостного образа содержания текста и активизации внутреннего лексикона. При этом ключевые слова должны быть расположены в иерархическом порядке в соответствии с их значимостью.

VI. Look through Text. Pick out from the text 7 words, which are the most important in the view of the whole text content. Further we'll term such words "KEY WORDS". The key words will help you to retell the text completely and briefly. Write the key words down

VII. Compare your choice with the key words given below

Nanoengineering, nanotechnology, nanoscale, nanometer, property, DNA, nanotubes, biochemical structures

VIII. What words in your opinion are associated with the key words? Write down an associative chain to the key words

IX. Arrange the key words and the associations in the form of a graph* ("train" or "tree") [2, 32]

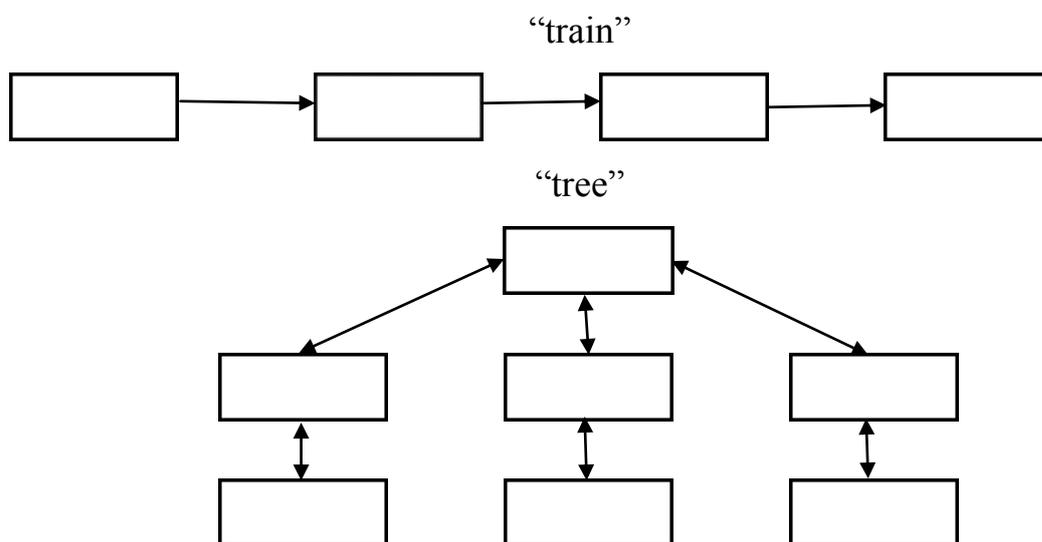


Рис. 1.

X. Give a brief summary of Text using the key words and combinations with them

Таким образом, выше представленными упражнениями мы формируем у студента индивидуальную систему ассоциативных связей ключевых (опорных) слов, благодаря которой обучаемый начинает свободно ориентироваться в теме текста, создает свои собственные тексты в соответствии с формулировкой задания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рогожникова Т. М. Ассоциация как инструмент для изучения языков: учебное пособие. – Уфа: Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т, 2019. – 41-44 с.
2. Рогожникова Т.М., Ефименко Н. В. Профессионально-ориентированное чтение и понимание оригинального англоязычного текста: мехатроника: учеб. пособие; Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2013. – 152 с.
3. Kayne R. What is nanoengineering. URL: <https://www.infobloom.com/what-is-nanoengineering.htm> (дата обращения: 03.09.2021)
4. Multitran Online Dictionary. URL: www.multitran.com

УДК 81.23

Л. В. КИШАЛОВА

kishaloval@mail.ru

Науч. руковод. – д-р филол. наук, проф. Т. М. РОГОЖНИКОВА

Уфимский государственный авиационный технический университет

ОСОБЕННОСТИ РИТМА РУССКОЙ НАРОДНОЙ СКАЗКИ «КОЛОБОК»

Аннотация. В статье обсуждается ритмическая структура русской народной сказки на примере текста сказки «Колобок», а также влияние ее особенностей на процессы восприятия и понимания текста.

Ключевые слова: русская народная сказка; ритмическая структура текста; слоگو-акцентный обертритм; междударные интервалы.

Роль сказок в развитии и становлении личности ребенка не может быть не замечена. Сказка, по мнению многих психологов и педагогов, является мощным психологическим инструментом воздействия на формирование личности ребенка, его внутреннего мира. Издавна взрослые передавали житейский опыт детям через сказки, образные истории поучали и воспитывали молодое поколение. Благодаря сказкам происходит развитие воображения, мышления, памяти, внимания, фантазии ребенка.

Первые народные сказки передавались из уст в уста, из поколения в поколение и дошли до наших дней, уже оформленные в виде письменных текстов. Как и раньше мы впервые в раннем детстве слышим колыбельные, прибаутки и потешки, а также сказки от наших мам и бабушек. Ребенок в младенчестве еще не знает смысла слов, но он понимает и воспринимает информацию через такие параметры речи как тембр голоса, его высота звучания и громкость, интонация, мелодичность речи говорящего и ее темп.

Дети очень восприимчивы к музыке, к ритмам. Отмечается положительное влияние развития чувства ритма на формирование интеллекта детей, их речи. Известно, что у ребенка со слаборазвитым чувством ритма речь не выразительна, слабо интонирована, примитивна, не формируются развернутые слитные высказывания. Поэтому в дошкольном образовании большое место отводится музыкальным занятиям с детьми. Но ритм дети воспринимают не только через

музыку. Он встречается и в детских стихах, и в прозе, в частности в текстах народных сказок.

Исследователи в области народного фольклора отмечают наличие элементов ритмичности в русских народных сказках, которые проявляются на композиционном уровне и речевом. Композиционная ритмичность наблюдается в виде повторов аналогичных сцен и эпизодов сказки. Ритм прозаической речи проявляется в чередовании колонов-синтагм. Но ритмична не только устная речь, ритмичен и письменный текст.

Новейшие исследования в области анализа структуры прозаического текста показывают, что весомую роль в восприятии текстовой информации, ее понимании играет ритмическая структура, заложенная в письменном тексте.

В качестве материала для анализа ритмической структуры были отобраны одни из самых распространенных и популярных среди детей русских народных сказок: «Репка», «Курочка ряба» и «Колобок».

На основе математической формулы разработанной Г. Н. Ивановой-Лукьяновой [1] коллективом авторов (Т. М. Рогожникова, Л. В. Кишалова, А. Е. Кишалов) создана компьютерная программа «ПУЛЬС» по обработке и анализу ритма прозаического текста [4]. Программа разработана на основе системы автоматизированного моделирования сложных технических объектов (САМСТО) [3]. В центре исследования находятся слог и слоговая упорядоченность междарных интервалов (МИ) текста, которая образует основной слого-акцентный оберритм текста. Программа «ПУЛЬС» позволяет произвести лингвистический анализ текстов и выявить уровень их ритмичности, а также графически отобразить результаты анализа слого-акцентного оберритма текста.

В программе анализируются следующие основные параметры слого-акцентного оберритма текста: x_{cp} – среднее арифметическое всех безударных слогов, то есть ритм текста и q – среднеквадратичное отклонение от ритма, то есть характеристика основного слого-акцентного оберритма текста [2]. Слоговая упорядоченность – это упорядоченность МИ, то есть выдержанность их в небольшом диапазоне отклонений от среднего МИ. Чем меньше величина от-

клонения количества слогов, тем выше ритмическая стройность текста. В норме показатель x_{cp} должен составлять 2–2,5 слога для текстов любого стиля речи. Чем больше x_{cp} , тем медленнее текст, чем меньше – быстрее, то есть x_{cp} – это показатель скорости текста, которая не определяется скоростью его прочтения, а заложена в его ритмическом рисунке.

По данным Г. Н. Ивановой-Лукьяновой нормой для художественных русскоязычных текстов является показатель q от 0,9 до 1,4 [1]. Показатель q отражает степень плавности, «рваности» ритмического рисунка. Чем меньше значение q , тем более плавным и размеренным является текст, чем больше q , тем более скачкообразным ритмическим рисунком он обладает.

Приведем результаты компьютерного анализа ритмической структуры сказки «Колобок».

На графике (рисунок 1) отчетливо видны участки текста сказки с идеально ровным ритмом (это такие межинтервальные промежутки как 88–96, 141–147, 204–213, 264–270). Это текст песенки колобка. Именно она и выступает в качестве элемента композиционного повтора в сказке. Ей также присуща рифма.



Рис. 1. Графическое представление среднеквадратичного отклонения от слога-акцентного оберритма текста сказки «Колобок»

Результаты расчетов ритмической структуры сказки (рисунок 2) показали, что x_{cp} существенно ниже нормы – 1,5, что свидетельствует об очень быстром ритме текста. Показатель q – 1,1 находится в пределах нормы, но ближе к нижней границе, что свидетельствует о плавности ритма, его равномерности.

Входные параметры		Выходные параметры	
ргов		Неизвестно	
Количество безударных гласных в тексте		511	
Количество гласных в тексте		838	
Количество междударных интервалов		327	
Количество ударений в тексте		327	
Основной слога-акцентный обертритм (Q1)		1.1341	
Среднее арифметическое всех безударных слогов между соседними ударными		1.5596	

Рис. 2. Результаты компьютерного анализа ритмических параметров текста сказки «Колобок»

Основываясь на результаты психолингвистического эксперимента с участием испытуемых, который позволил установить зависимость особенностей восприятия текста от его ритмических параметров, с одной стороны и на результаты проведенного анализа ритмической структуры текста сказки «Колобок» с другой, можно сделать вывод, что быстрый ритм сказки облегчает процесс ее восприятия ребенком. Монотонность ритма, ровные МИ – успокаивают ребенка, их можно сравнить с монотонным пением колыбельной. Отдельные ритмические скачки сказки, видные на графике, привлекают внимание ребенка, поддерживают его интерес к событиям сказки, чтобы не уснул. Таким образом, ритмическая структура данной сказки способствует легкому восприятию ребенком ее содержания, периодически, то успокаивая его, как бы убаюкивая, то резкими скачками вновь привлекая его внимание.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1.Иванова-Лукьянова Г. Н. О ритме прозы. // Просодическая структура текста. М: Изд-во ИнЯз им. Мориса Тореза, 1984. Вып. 230. С. 128–147.

2. Кишалова Л. В. Анализ особенностей ритмической структуры текстов разных стилей речи // Вестник Брянского государственного университета. – Брянск: РИО БГУ, 2016. – №1 (27). – С. 257–261.
3. Кривошеев И. А., Ахмедзянов Д. А., Кожинов Д. Г. Система автоматизированного моделирования сложных технических объектов (САМСТО) Свидетельство об официальной регистрации, Роспатент, №2011611712, Москва. - 2011.
4. Рогожникова Т. М., Кишалова Л. В., Кишалов А. Е. Компьютерная программа по обработке и анализу ритма текста «ПУЛЬС». Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2015614549, Москва, 2015.

УДК 81.1/4

Д. В. КОРНЕЕВА

deanmonro6277@gmail.com

Науч. руковод. – канд. филол. наук Р. В. САТТАРОВА

Стерлитамакский филиал ФГБОУ ВО «Башкирского государственного университета»

АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МОДАЛЬНОСТИ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ (НА МАТЕРИАЛЕ ВЫСТУПЛЕНИЙ БРИТАНСКОЙ ПОЛИТИЧЕСКОЙ ЭЛИТЫ)

Аннотация. В данной статье рассматриваются аспекты исследования модальности в техническом вузе в речах представителей Соединенного Королевства Великобритании и Северной Ирландии королевы Елизаветы II и премьер-министра Бориса Джонсона.

Ключевые слова: модальность; виды модальности; средства модальности.

Языковая коммуникация в образовательном пространстве технического вуза имеет важную роль. Она направлена на формирование следующих компетенций: умение логически верно, аргументированно и ясно строить устную и письменную речь; готовность к использованию иностранных языков; способность научно анализировать социально значимые проблемы и процессы на иностранном языке; способность и готовность к практическому анализу логики различного рода. Объектом данного исследования является модальность, представляющая собой важную категорию, исследование которой необходимо в рамках процесса гуманитаризации технического образования. Цель данного исследования: сравнить виды модальности в речах представителей Соединенного Королевства Великобритании и Северной Ирландии королевы Елизаветы II и премьер-министра Бориса Джонсона.

Модальность – это семантическая категория, обозначающая отношение содержания высказывания к действительности, а также выражающая отношение говорящего к содержанию высказывания, собеседнику, ситуации [1, с.237]. Основными видами модальности являются объективная (реальная или ирреальная) и субъективная модальность. Объективная модальность грамматикализована по той причине, что является обязательной частью содержания любого вы-

сказывания. Она проявляется в грамматической категории наклонения, а также выражается с помощью интонационных средств и порядка слов. Субъективная модальность является грамматико-семантической категорией [2, с.206] и проявляется в модальных глаголах, модальных словах, модальных частицах, междометиях, интонации, порядке слов [3, с.214–215].

В английском языке модальность может выражаться различными грамматическими и лексическими средствами:

- специальными формами наклонений (the Imperative Mood; the Subjunctive Mood);
- модальными словами (*perhaps, likely, maybe, probably* и др.);
- модальными глаголами (*dare, can, may, must, should, ought* и др.);
- интонационными средствами.

Опираясь на исследования российского филолога Л. В. Татару, выделим пять типов модальности:

1. эпистемологическая;
2. эмотивная;
3. деонтическая;
4. аксиологическая;
5. алетическая [4, с.55-68].

Эпистемологическая модальность выражает степень принятия определенного знания субъектом. Выражение вытекает, как вывод, из других знаний, проверенных на опыте. Уровень достоверности зависит от субъективного чувства, веры человека в то, что он говорит.

Эмотивная модальность используется для обозначения, выражаемого в высказывании эмоционального отношения адресанта на ситуации и события.

Деонтическая модальность относится к выражениям, рассматриваемым с точки зрения установленных правил. В некоторых случаях их значение содержит оттенок совета или инструкции.

Аксиологическая модальность (или оценочная модальность) выражает характеристику объекта с точки зрения определенной системы ценностей.

Алетическая модальность передает информацию в рамках необходимости и возможности.

Изучив и проанализировав рождественскую речь 2020 года королевы Елизаветы II, можно выделить следующие средства эпистемической модальности: глаголы, выражающие значение «знание» (например, *nobody knows*), вводные словосочетания (например, *of course*). В речи также встречаются следующие средства эмотивной модальности: эмотивная лексика (например, *It is in that spirit that I wish you a very happy Christmas; inspired*). Также встречаются средства деонтической модальности, например, выражения волеизъявления (*hope, wish*); возможности (*but we can't celebrate*). Что касается аксиологической модальности, можно выделить следующие прилагательные и наречия: *remarkably, magnificently, amazing, wonderful*. Алетическая модальность была использована в речи королевы один раз и была выражена модальным глаголом *need*.

В новогоднем сообщении Бориса Джонсона 2021 года можно выделить следующие средства эпистемической модальности: глаголы, передающие значение знания, уверенности и возможности (*think; believe; So I can imagine; A new room temperature vaccine that can be produced; we know, 2021 is the year we can do it*; модальные слова, например, *certainty*. Также можно встретить средства деонтической модальности, например, *hope*. Аксиологическая модальность выражает оценку пропозиции (например, *amazing*). Алетическая модальность была выражена модальным глаголом *need*. Средства эмотивной модальности не были выявлены.



Рис. 1. Сравнение употребления различных типов модальности

Считаем, что одним из шагов гуманитаризации образовательного пространства технического вуза является включение студентами в свою речь средств различных видов модальности, полученных нами в процессе сравнения выступлений представителей политической элиты Соединенного Королевства Великобритании и Северной Ирландии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахманова, О. С. Модальность / О. С. Ахманова // Словарь лингвистических терминов / под общ. ред. М. В. Лазовой. – М.: Советская энциклопедия, 1969. – 237–238 с.
2. Иванова, С. В. Теоретическая грамматика современного английского языка: учебное пособие / С. В. Иванова. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2012. – 240 с.
3. Матвеева, Т. В. Модальность / Т. В. Матвеева // Полный словарь лингвистических терминов / Т. В. Матвеева. – Ростов н/Д: Феникс, 2010. – 214–215 с.
4. Татару, Л. В. Дискурсивная и модально-оценочная репрезентация оппозиции «жизнь / смерть» в повести Дж. Джеймса «Мертвые» / Л. В. Татару // Мортальность в литературе и культуре: сборник научных трудов / А. Г. Степанов, В. Ю. Лебедев. – М.: Новое литературное обозрение, 2015. – 55–68 с.

УДК 80

А. О. КУЛИКОВА

e-mail shinibroken@gmail.com

Науч. руковод. – канд. филол. наук, доц. В. Р. ГАБДУЛЛИНА

Уфимский государственный авиационный технический университет

ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОЙ ФРАНЦУЗСКОЙ РЕЧИ В СВЯЗИ С ВЛИЯНИЕМ АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА

Аннотация. Статья посвящена особенностям современной французской речи. В материале рассматривается как именно на нее влияют англицизмы и какие существуют варианты молодежного сленга в жизни и в интернете.

Ключевые слова: англицизм; заимствование; сленг; французский язык; разговорная речь; современная французская речь.

Мы живем в 21 веке, интенсивно сотрудничаем с различными странами и их народами. Население меняется, подстраиваясь под различные перемены. Многие языки мира подвержены влиянию английского языка.

Французский язык, к слову, как и другие языки, постоянно подвергается изменениям. Существует, как нормативный язык общения, так и неофициальный. Таким образом, например, *Le français standard* считается литературным французским языком, который обеспечивает общение между различными слоями населения. Он является противоположностью разговорному языку *Le français familier*, который люди употребляют в дружеском, неформальном общении, подчеркивая непринужденность и близость между коммуникантами.

В последнее время в разговорном французском часто используется много заимствований из других языков. Можно считать, что важную роль в речи французской молодежи играют именно англицизмы. Одной из причин распространения англо-американской лексики во французском языке можно считать присутствие англоязычного населения, проживающего на территории Франции. К 2014 году количество проживающих во Франции британцев достигла 150 000. Выходят периодические издания и телеканалы на английском языке. В наше время процесс заимствования слов из английского языка продолжается, чему

может свидетельствовать наличие следующих слов во французском языке: “cool”, “shopping” (m), “hashtag” (m), “surfer” (sur Internet) и др.

Хочется отметить, что внедрение новых слов в языковую терминологию, которые вошли из наиболее актуальных областей для молодежи, как компьютерные науки или спорт. Также большую роль в образовании новых слов в языке играет актуальность английского языка, так как он широко используется практически везде, особенно в том, в чем увлекается молодежь, например в кино или музыке.

Английские слова закрепляются в речи людей и уже кажутся абсолютно естественными. Теперь абсолютно нормально слышать от француза такие английские слова, как, например «с'est cool». Так большинство выбирает именно этот вариант выражения вместо обычного «с'est bien». Существует и еще одна вариация этого выражения, которым люди тоже немало пользуются, если не хочется говорить «с'est cool», они могут сказать «с'est good».

Вместо слова *partir* в качестве замены используются «франглийские» варианты *J'y go / let's go / on y go*. Выражение *crush / avoir un crush* «влюбляться» тоже является англицизмом. Еще один заимствованный многозначный глагол, который является синонимом слова *crush* это – *flasher*, который исходит из английского *to flash* «сверкать, вспыхивать», одним из значений которого Wiktionnaire приводит «испытывать внезапный интерес к кому-то, влюбляться».

Важно сказать, что большинство заимствованных слов возникли из интернета, а именно из социальных сетей, где люди часами общаются между собой, сокращая некоторые слова. Так пользователи создают новые нормы, которые постепенно используются уже в обыденной речи. Существует даже особый вид лексики, который связан именно с компьютерными реалиями. В эту лексику входят специально созданные слова, для большего понимания в этой области.

Можно привести несколько примеров интернет-сленга:

Таблица 1

lol	Американское заимствование, обозначающее смех или насмешку. Именно это слово наиболее часто встречается в интернет-переписке.
mdr	Еще одна разновидность американского «lol», только уже с французской подачей. Она расшифровывается как «mort de rire».
oui	Существует громное количество вариаций «oui», так как французам недостаточно обычных «да» и «нет» в разговоре, они иногда меняю форму на ouer, ue, ui, tui,woue, ouer, oue, oe, uer, ouai, ouais и многие другие.
J'ai liké	Выражение, которое появилось в значительной степени благодаря сети Facebook «Фейсбук» и, а именно функции «нравится» - «like».
Blogueuse	Слово, появившееся в результате изменения английского слова blogger. Английский суффикс заменен на французский. Означает девушку, которая снимает видео.
Tweeteuse	Это слово образовано путем присоединения к английской основе tweet французского суффикса -euse
faire-refaire (делать-переделать)	Приставка «re» во французском языке обозначает повторяемость действия. Поэтому при повторной встрече в Интернете французы не утруждают себя писать полное слово, а пишут просто «RE», вместо «re bonjour».
Je me suis fait troller (надо мной посмеялись, поиздевались)	Глагол troller происходит от англ. to troll, в свое время возникшего от франц. trôler (означал «водить, таскать за собой») и значит «вести себя в интернете как тролль – насмеяться, издеваться и пытаться вывести из себя».
Smiley	Существительное, образованное от английского слова smile, в котором в конце добавился суффикс -y. Означает изображение улыбающегося человека.

Французы часто сокращают слова, общаясь с друзьями в Интернете. Для того, чтобы не тратить время на приветствие и сразу перейти к теме разговора они используют сокращения, например, bonjour – bjr. Также они редко используют апострофы, например, ptit = petit. Еще несколько примеров, как именно французы используют сокращения:

1) on dirait qu'il va lacher un molar ou jc pa koi faire, ski e kiffan с коп soi tous SALE. На примере данного комментария четко можно увидеть, что его смысл практически непонятен носителю языка. Но можно увидеть примеры замены буквосочетаний «qu» на «к»: koi вместо quoi; ski вместо se qui; с коп вместо se qu'on.

2) Bon anniv' l'ancien !!! Jspr que tt va bien chez toi, a bientot. Данный пример представляет собой дружеское поздравление с днем рождения. Можно заметить некоторые сокращения: anniv' (вместо anniversaire), jspr (вместо j'espere) – опущение апострофа, tt (вместо tout).

3) Просматривая комментарии на фейсбуке к фотографиям, можно наглядно увидеть, как часто французы используют обращение мес.: - Meeeeeeeeeeeeec!!! Mais t'es tout maigre!!! - Mes ca me fait mal ! j'espere attendre l'objectif a 40ans. Данная фраза служит примером замены части слова цифрой, которая при произнесении фонетически соответствует данному сочетанию букв: souz1 – фонетическая транскрипция цифры 1 совпадает с транскрипцией последнего слога в слове cousin.

Англицизм и сокращения в письме очень популярны у молодежи, а вот старшее поколение не одобряет влияние английского языка и видит в нем угрозу, считая, что это только губит национальный язык и влечет безграмотность. Например, французский писатель и журналист Франсуа де Клозе, являясь ярким противником общения молодежи в интернете, утверждает: «Французская молодежь больше не учит, не знает и не будет знать орфографию, с этим покончено. И причина нам ясна, больше невозможно уделять столько часов орфографии, которые раньше занимали практически все время в начальных школах, этому пришел конец, теперь есть много других предметов... Они всегда пишут что-то: строчат на телефонах или клавиатуре. Но это не одно и то же, это не та письменность, которой нас учили в школе. Это разговор, вот так они переговаривают, с помощью смс они научились играть словами, они сокращают слова, урезают, меняют орфографию, развлекаются этим».

Следовательно, можно сделать вывод, что современная французская речь действительно обладает огромным числом особенностей. Большинство лексических единиц в процессе заимствования прошли через фонетическую адаптацию, во время которой поменяли свое произношение и ударение, а другая часть слов в процессе адаптации приобрела морфологические признаки, присущие французским частям речи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богатырева, Т. Л. Непша Ф.С. Механизмы образования современного французского аргю // В мире науки и искусства: вопросы филологии, искусствоведения и культурологии. 2014. № 36. – С. 59-64.
2. Грязнова, Е. В. Компьютерное общение как социальный феномен: автореф. дис. ...философ. наук. Н. Новгород, 2001. – 29 с.
3. Ермакова, Л. М. Кодирование формы слова как один из способов образования жаргонной лексики молодежи / Л.М. Ермакова //Связи языковых единиц в системе и реализации. Когнитивный аспект: Межвузовский сб. науч. тр. – Тамбов, 1999. – С. 135-139
4. Копытина, Н. Н. Молодежный социолект как одна из форм существования французского языка // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2011. №12 (107). – С. 123-130. (А)

А. В. КУШНАРЕВА

a.v.kushnareva@gmail.com

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

Уфимский государственный авиационный технический университет

ПОНЯТИЕ «КЛИПОВОСТИ» МЫШЛЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ РЕЧЕВОГО ПОВЕДЕНИЯ В АССОЦИАТИВНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Аннотация. Статья посвящена исследованию проявления феномена клиповости мышления в речевом поведении участников ассоциативного эксперимента в вербальной форме. Поднимается вопрос о влиянии фрагментарности мышления на процесс создания студентами речевых вариантов паремий. В статье раскрываются три группы реакций уровня поверхностного лексикона, полученных в ходе психолингвистического эксперимента.

Ключевые слова: ассоциативный эксперимент; блиц-реакция; дискурс; клиповость мышления; паремия.

Феномен клиповости мышления в настоящее время активно обсуждается представителями философии, культурологии, психологии и лингвистики. В разных источниках появление понятия «клиповое мышление» датируется серединой 1990-х годов. В переводе с английского «clip» – «фрагмент, нарезка». Название связано с принципами построения таких музыкальных клипов, где видеоряд представляет собой слабо связанный между собой набор образов. Аналогично клиповое мышление: оно превращает окружающий мир в мозаику разрозненных, мало связанных между собой фактов.

Впервые понятие «клиповая культура» было представлено в трудах американского футуролога Э. Тоффлера. Клиповая культура рассматривается автором как результат трансформации средств коммуникации, культуры и СМИ в информационном обществе. В российском научном сообществе термин «клиповое мышление» предложил философ Ф.И. Гиренок [2]. Автор считает, что понятийное мышление перестало играть важную роль в современном мире, и на смену ему приходит клиповое мышление. Оно неразрывно связано с электронным способом представления текста, оказывающим существенное влияние на особенности мышления тех, кто проводит значительную часть времени в интернете, поглощая непрекращающийся поток информации, для которого харак-

терна «клиповость», иначе говоря, фрагментарность. По мнению Ф.И. Гиренка, клиповое мышление старается избежать встречи с языком, свести к минимуму его присутствие. Автор называет отличительной чертой клипового мышления «языковой минимализм». Мгновенное схватывание сути дела происходит в образе или наглядной схеме. Клиповое мышление интересуется не способ связывания одного суждения с другим, а наглядное изображение мысли в целом [2]. Термин «клиповость» мышления предполагает быструю реакцию на информацию. Мозг не производит действий по привычному алгоритму «внимание–восприятие–мышление–память–воображение–воспроизведение», а, адаптируясь к скорости поступающих информационных потоков, сворачивает его до «внимание–кратковременная память». При таком декодировании воспринимаемого извне понятие, суждение, рассуждение и умозаключение не формируются при получении образов, фрагментов и кратких текстов [5].

К.Г. Фрумкин пишет, что клиповость мышления представляет собой защитную реакцию психики на информационную перегрузку [1]. Ученым еще предстоит изучить особенности познавательных процессов в динамическом аспекте. Вследствие новизны феномена, дефиниций понятия клиповости мышления немного. Т.В. Семеновских дает следующее определение: «клиповое мышление – это процесс отражения множества разрозненных свойств объектов, без учета связей между ними, характеризующийся фрагментарностью информационного потока, алогичностью, полной разнородностью поступающей информации, высокой скоростью переключения между частями, фрагментами информации, отсутствием целостной картины восприятия окружающего мира» [6]. Проанализировав по доступным нам источникам определение рассматриваемого понятия, клиповое мышление можно квалифицировать как процесс преобразования информации в форму фрагментарных мысленных представлений о внешнем мире. По классификации мышления оно относится к наглядно-образному.

Объектом исследования является студенческий паремиологический дискурс, а предметом – особенности речевого поведения коммуникативной лично-

сти участника дискурса, создающего и воспроизводящего паремии в своих целях. Материалом исследования стали результаты проведенного в 2020 году ассоциативного эксперимента (далее – АЭ) со студентами Уфимского государственного авиационного технического университета. В ходе направленного АЭ студенты получили задание «придумать и написать собственное оригинальное продолжение 20 известных пословиц». Эксперимент проводился на платформе «Google Forms». Выбор данного сервиса объясняется удобством для участников. Теоретической основой исследования является концепция языковой личности, предложенная В.В. Виноградовым и получившая дальнейшее развитие в трудах Ю.Н. Караулова. Языковая личность включает в себя **лексикон** личности – вербально-семантический уровень, вбирающий также фонд грамматических знаний личности; *тезаурус* личности – лингвокогнитивный уровень, в котором запечатлена система знаний о мире или «образ мира» и мотивационный уровень – *прагматикон* личности, отражающий ее деятельностно-коммуникативные потребности, мотивы и цели [3, 238]. Клиповость мышления как особенность речевого поведения отображается в реакциях, которые можно отнести к первому уровню языковой личности – вербально-семантическому.

Рассмотрим реакции, связанные с *физиологическими потребностями*: *Слово – не воробей, а спать хочется; Цель оправдывает – сон оправдывает; На ошибках учатся, а я проспал; Назвался – лучше бы спал; Не боги горшки обжигают, я спать пошел; Не в деньгах счастье, а во сне; Не все то, что Сон; Не говори "гон", а иди спать; Не откладывай то, что можно не делать вообще, а поспать; Не рой другому яму, лучше кровать себе сделай; Одна голова и то спать хочет; Мать ученья – Сон; Птицу видно по полету, а меня по кровати; С кем поведешься, лучше бы поспал; Утро вечера еще бы поспать; За двумя погнался, а лучше бы поспал; Хорошо то, что ты проспал; Ученье – свет. Выключите этот свет и дайте поспать; Век живи – век спи; Сон не испортишь.* Согласно модели иерархической пирамиды потребностей А. Маслоу [4, 88] сон наряду с другими физиологическими потребностями (пища, вода,

отдых) находится на самом первом базовом уровне. Выбор стратегии включения понятия «сон» не предполагает осмысления испытуемым исходной паремии и / или ее ключевых компонентов. Можно предположить, что студент неважно себя чувствовал во время эксперимента и его базовая потребность во сне доминировала над необходимостью творчески выполнить задание.

Вторая группа реакций, обусловленных клиповостью мышления – *повтор стимульного слова. Назвался – назвался; Не откладывай – не откладывай. Не испортишь – не испортишь; Одна голова, ну одна голова; Не все то, что не то. Не говори гоп, вообще ничего не говори.* Выбор данной стратегии обусловлен формальным отношением к заданию или же нежеланием участвовать в эксперименте.

Использование синонимов / антонимов стимульного слова – это своего рода «*блиц-реакция*» (используя слово «блиц» в наименовании типа реакции, мы имеем в виду краткость процесса актуализации, его исчерпанность и завершенность). Это реакции уровня поверхностного лексикона, связанные с восприятием формы и с пониманием прямого (основного) значения стимульного слова. Такие реакции также можно квалифицировать как отражение клипового мышления в речи. *Хорошо то, что отлично. Хорошо то, что я молодец. Хорошо то, что неплохо. Хорошо то, что плохо. Не говори "гоп", ок.*

Сопоставив полученную информацию о клиповом мышлении с характеристиками представленных ассоциативных реакций, можно выделить несколько признаков речевого поведения участников психолингвистического эксперимента с учетом проявления данного феномена:

1. Ориентация на восприятие аудиовизуальных образов. Как отмечалось нами, клиповое мышление предполагает думать образами, картинками. В первую очередь именно аудиовизуальные данные при восприятии исходного стимула обращают на себя внимание, ограничивая воображение человека и порождая «ленность» творческой мысли. Выбор такой стратегии реагирования ориентирован преимущественно на визуальный и аудиальный каналы восприя-

тия информации, а не дигитальному, направленному на усвоение информации путем концентрации на абстрактно-логических образах.

2. Отсутствие критического мышления участника эксперимента. Этот признак вытекает из предыдущего. Во-первых, испытуемый воспринимает готовый образ, извлекая его из вербального стимула и не анализирует его на глубинном уровне. Во-вторых, он оказывается в своего рода информационном потоке, образуемом заданными экспериментатором условиями, где различные вербальные стимулы сменяют друг друга. Чтобы избежать перегрузки, он ограничивается поверхностной информацией, не вникает в суть происходящего при возможном снижении концентрации внимания.

3. Мгновенность восприятия стимула. На декодирование исходного слова на уровне глубинных ярусов лексикона уходит меньше времени. Внимание не сосредотачивается длительное время на чем-то одном, а переключается на другой объект.

4. Как уже упоминалось ранее, клиповое мышление строится по принципу музыкального видеоряда, который представляет собой слабо связанный между собой набор образов. Студенты – участники эксперимента, являясь активными потребителями информации из сетевых изданий, активно используют этот принцип, дробя информацию, разделяя ее на блоки, структурируя. Все это складывается в большую мультимедийную мозаику. Классическое линейное мышление при таком ассоциировании отходит на второй план. Благодаря ранее выработанной стратегии оперативности потребления сведений студенты, оперируя разнородной информацией, удерживают в голове ее малые объемы. Иными словами, мы можем утверждать, что участник эксперимента ориентируется на основные правила юзабилити (от англ. «usability» – «удобство и простота использования, степень удобства использования») – совокупности компонентов вербального стимула (исходного слова), влияющей на легкость достижения поставленных целей при ассоциировании. Семантические в числе таких

компонентов, как оказалось, не всегда первичны, то есть не всегда актуализируются первыми.

Таким образом, привычные для участников психолингвистического эксперимента способы обработки информации в интернет среде и ее содержание активизируют клиповость мышления у человека. Фрагментарность мышления существенно влияет на процесс создания студентами речевых вариантов паремий. Исходная паремия теряет свою экспрессивность и заключенную в ней мудрость.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Березовская И.П. Проблема методологического обоснования концепта "клиповое мышление" // Общество. Коммуникация. Образование. 2015. №2 (220) [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-metodologicheskogo-obosnovaniya-kontsepta-klipovoe-myshlenie> (дата обращения: 04.09.2021).
2. Гиренок Ф.И. Клиповое мышление [Электронный ресурс]. URL: <http://fedorgirenok.ru/klipovoe-myshlenie/> (дата обращения: 04.09.2021).
3. Караулов Ю. Н. Русский язык и языковая личность. М.: ЛКИ, 2010. 264 с.
4. Маслоу А Мотивация и личность. 3-е изд. / Пер. с англ. СПб.: Питер, 2019. 400 с.
5. Салихова Э. А., Сальникова В. В., Ахматьянова З. С. Изменения концепта «Природа» в языковом сознании детей и подростков, вовлеченных в процессы цифровизации // Вестник славянских культур, 2022. *Принято к печати.*
6. Семеновских Т.В “Клиповое мышление” – феномен современности [Электронный ресурс] URL: <http://jarki.ru/wpress/2013/02/18/3208> (дата обращения: 04.09.2021).

А. Ф. МУХАМЕТОВА, А. Р. ЯППАРОВА
Науч. руковод. – преп. О. Т. ГИНИЯТОВА

Уфимский государственный авиационный технический университет

ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА В РОССИЙСКИХ ВУЗАХ

Аннотация. Бытует мнение, что английский язык очень простой и освоить его не составляет большого труда. Если бы это было правдой, то даже при всех минусах российского образования язык бы освоили многие. Россия находится на 41-м месте в мировом рейтинге стран по владению английским языком, в то же время примерно половина россиян, путешествующих за границу, считают свой уровень английского недостаточным для повседневного общения. Многие студенты говорят о трудностях в изучении английского языка, который преподается в качестве учебной дисциплины в вузах, и не знают, как их преодолеть. Очень малый процент людей, оканчивая университет, осваивают английский, хотя бы на базовом уровне. По этой причине мы решили взять именно данную тему для исследования.

Ключевые слова: английский язык; трудности изучения.

Цели.

Цель данной работы состоит в том, чтобы выявить основные сложности в изучении английского языка российскими студентами и понять причины, по которым изучение иностранного языка вызывает проблемы у учащихся. Знание этих причин позволит лучше подстроить формат обучения под потребности студентов, чтобы повысить его эффективность.

Методология.

В ходе исследования были использованы методы статистического и логического анализа.

Содержание.

1. Основные сложности изучения иностранного языка
2. Принципиальные отличия английского языка от русского
3. Способы эффективного изучения языка
4. Выводы

Основные проблемы изучения иностранного языка

Опросы показывают, что тремя главными причинами неудачи в изучении иностранного языка люди считают лень (сюда же можно отнести недостаток

мотивации), отсутствие свободного времени или денег. Проблему нехватки денег решает существование большого количества бесплатных курсов, которые помогают выучить английский язык, а что касается дефицита свободного времени, регулярное выделение обучению хотя бы 10 минут в день вполне достаточно для развития своих языковых навыков. Выбор этих вариантов означает, что человек на самом деле не имеет потребности в изучении английского языка. Это не может относиться к студентам, которые, во-первых, посещают занятия, для которых выделены определенные часы; во-вторых, имеют внешнюю мотивацию в необходимости сдачи экзамена по этому предмету, поэтому эти ответы мы не учитывали в исследовании.

Другими вариантами были обозначены такие причины, как страх ошибок, непонятная или неинтересная подача материала, а также отсутствие практики, применения освоенных умений. Эти трудности сильно тормозят развитие речевых навыков, а также часто демотивируют учащихся, которые имели желание изучать язык. Разберем каждый из этих вариантов подробнее.

Боязнь допустить ошибку связана с повышенными требованиями к грамотности и строгому соблюдению правил. Иностранный язык - не единственный учебный предмет, для которого свойственна данная проблема, но это касается его в большей степени. Это связано с тем, что ученики совершают большое количество ошибок из-за непонимания дисциплины. А непонимание - следствие того, что обучение проходит неэффективно. Неуверенные в себе ученики, сталкиваясь в образовательном процессе с критикой (а это неизбежно), теряют веру в себя, и страдает от этого в первую очередь учебная мотивация.

Таким образом мы подходим к следующему серьезному барьеру на пути обучения - неподходящей (недостаточно понятной или неудобной) форме получаемых знаний, отсутствию четкого и актуального плана преподавания предмета или использованию учебных пособий низкого качества.

Российская система образования не полностью отвечает потребностям и интересам учеников. В образовательных учреждениях упор в изучении англий-

ского языка делается на запоминание многочисленных грамматических правил, многие из которых не требуются ученикам на начальном и среднем этапах обучения. Приоритетом должно быть постепенное освоение предмета, плавное вхождение человека в новую языковую среду и, прежде всего, формирование его навыков речевого взаимодействия, чего нередко недостает и тем, кто продвинулся в изучении других разделов дисциплины.

Стоит заметить, что наибольшие сложности у обучающегося вызывают проблемы в самом начале освоения языка, когда его квалификации для самоподготовки не хватает и требуется специалист, способный подобрать ему наиболее удобную и полезную программу обучения в зависимости от целей и интересов ученика.

Изучив большое количество информации из различных источников, мы пришли к выводу, что, на самом деле, самой важной проблемой студентов, изучающих английский язык является сильная ограниченность применения полученных на занятиях знаний на практике. Другими словами, если бы у них была возможность практиковаться, разговаривая с носителями языка, то полученный материал обязательно бы усвоился подростками, ведь для ведения беседы необходимо не только понимать собеседника, но также и выражать свои мысли. Чаще всего обучающиеся не задействованы в деятельности, где их знания и навыки могут быть применены, и не получают адекватной обратной связи, которая важна в процессе обучения. В этом плане полезны поездки студентов за границу, которые предоставляют некоторые учебные заведения. Любой человек, желающий начать изучать что-либо, должен иметь конкретную цель и быть уверенным в том, что его умения и навыки пригодятся в жизни. Таким образом, постоянная практика – ключ к эффективному изучению языка.

Принципиальные отличия английского языка от русского

Свою роль в проблеме освоения российскими студентами английского языка играют его уникальные особенности, у которых нет аналогов в русском. К ним относятся отсутствие склонения, система времен, неправильные глаголы,

сложнопроизносимые звуки, сильные различия между написанием слов и их произношением и другие. Вдобавок, логика составления фраз сильно отличается от принципов построения предложения в русском языке. Неправильное построение предложения зачастую меняет весь его смысл, так как английский язык относится к числу аналитических языков, тогда как русский язык, являющийся синтетическим, не требует четкого порядка слов при составлении предложений.

Способы эффективного изучения языка

Рассмотрев основные проблемы, касающиеся освоения английского языка, мы можем вывести несколько принципов, которые помогут студентам организовать свое обучение наиболее эффективным путем.

Чтобы изучение английского было эффективным и результаты были видны сразу, сначала нужно определить цель занятий. Она должна быть четко сформулирована и измерима, а самое главное – ученик должен по-настоящему стремиться к ее достижению. Чтобы отслеживать прогресс, что поможет не прекращать регулярные занятия из-за неочевидности успехов в изучении, нужно определить уровень навыков, который студент имеет и которого хочет достичь. Для измерения своего знания английского языка существует много разнообразных бесплатных тестов.

Также важна дисциплина – необходимо соблюдать четкий режим занятий, при этом их интенсивность и продолжительность может варьироваться в зависимости от целей и степени занятости учащегося, но регулярность – обязательное условие достижения прогресса в обучении. Так, лучше распределить все отведенное на изучение языка время на каждый день, чем установить одно многочасовое занятие раз в неделю.

Лексика – основа языка, без постоянного расширения которой невозможно эффективно развивать навыки. Чтобы запоминать новые слова и фразы было легче, нужно использовать как можно больше ассоциаций к ним. Чем большее количество нейронных связей будет создано при заучивании слов, тем дольше

они будут оставаться в памяти. Поэтому первым шагом к эффективному изучению английского языка может стать переход от самого словарного запаса к слуху. Мы не только изучаем их правильное произношение, но и строим больше ассоциаций в мозге. Дополнительно на занятиях поможет использование всех четырех уровней обработки информации: структура слова, звук, концепция и личные отношения. Наиболее практичным способом является изучение английского языка целыми предложениями — мы учим не сухие слова или грамматику (поверхностная и легко забывчивая структура), а строим всю историю, образ, ситуацию, которая углубляет нашу память. Если эти предложения еще и произносятся вслух, включаются сразу три уровня построения ассоциации. Однако самым важным уровнем является личное отношение, поэтому стоит составлять новые предложения и фразы в контексте собственного опыта ученика.

Выводы.

Мы исследовали причины, по которым изучение важного в современном мире языка оказывалось непосильным для молодых людей, обучающихся в российских учебных заведениях и выявили основные из них; попытались объяснить, с чем связано их существование и какие последствия они за собой влекут. В числе этих причин оказались неподходящая форма получаемых знаний, отсутствие четкого и актуального плана преподавания предмета или использование учебных материалов низкого качества, а также недостаточность практики. Также были рассмотрены принципиальные различия английского и русского языков. Несмотря на все сложности, знание английского языка дает большие преимущества: успех в карьере и бизнесе, возможность путешествовать по всему миру и общаться с людьми из разных стран. Мы вывели способы эффективного освоения языка, заключающиеся в определении конкретной цели обучения, регулярных и частых занятиях, постоянном ассоциативном изучении новой лексики на основе собственного опыта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://www.english-language.ru/articles/informative/pochemu-russkim-tak-slozhno-vyiuchit-anglijskij-yazyk/>
2. <https://www.onetwotrip.com/>
3. <https://vc.ru/education/121752-cto-mne-meshaet-uchit-angliyskiy-analiz-glavnyh-otmazok-1000-chelovek>
4. <https://magazine.skyeng.ru/11-reasons-difficult-english/>
5. https://pikabu.ru/story/pochemu_u_nas_ne_poluchaetsya_vyuchit_angliyskiy_lichnyiy_opyit_polzovateley_pikabu_6841685
6. <https://habr.com/ru/company/englishdom/blog/438430>
7. <https://zen.yandex.ru/media/schoolattestation/samoocenka-i-ucheba-5-shagov-k-tomu-chtoby-rebenok-ne-boialsia-oshibatsia-60371eb5ebccc75161de2532>
8. <https://lifehacker.ru/anglijskij-i-russkij/>
9. <https://moluch.ru/archive/59/8466/>
10. <https://skyeng.ru/articles/10-sovetov-kak-luchshe-izuchat-anglijskij-yazyk/>
11. <https://speakingo.com/ru/efektivnoje-izuchenije-angliskogo-jazyka/>

Д. Р. МУХТАРОВА, М. В. ЕФИМОВА
mdinara2905@gmail.com, marigrig1@rambler.ru

Науч. руковод. – д-р филол. наук, проф. Т. М. РОГОЖНИКОВА

Уфимский государственный авиационный технический университет

ИЗУЧЕНИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ КОЖНО-ГАЛЬВАНИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ ЧЕЛОВЕКА (НА ПРИМЕРЕ ТЕРМИНОВ ИНТЕРНЕТА И ТЕОРИИ МУЗЫКИ)

Аннотация. В статье представлены результаты пилотного исследования эмоциональной оценки кожно-гальванической реакции будущих специалистов и неспециалистов на примере терминосистемы Интернета и теории музыки и сольфеджио. Проводится сопоставительный анализ эмоциональной напряженности при восприятии различного стимульного материала, предъявляемых испытуемым визуально и аудиально.

Ключевые слова: кожно-гальванический прибор, стимул, термины, Интернет, теория музыки, потенциал мозга, эксперимент.

Для оценки состояния человека, его способности к адаптации к меняющимся обстоятельствам, к собственной эмоциональности обращаются к анализу кожно-гальванической реакции (КГР). Кожно – гальваническая реакция – изменение электросопротивляемости кожи в зависимости от степени физиологического возбуждения и, предположительно, эмоционального состояния [1, 172].

КГР, как «электрическая активность кожи» (ЭАК), меняется при эмоциональных и мыслительных процессах, и в ответ на внешний сенсорный (вербальный) стимул.

Т.М. Рогожникова (Уфимская психолингвистическая школа) описала возможные инструменты для изучения суггестивного потенциала вербальных стимулов. Обозначены девять направлений, которые позволяют изучать суггестивный потенциал вербальных стимулов [2]. Направление, описываемое в статье, разрабатывается с помощью кожно-гальванического прибора – анализатора активности мозга. Исследования проводились с использованием кожно-гальванического прибора – анализатора медленной электрической активности мозга «АМЕА», который регистрирует уровень постоянных потенциалов мозга (УПП) – важный показатель гармоничной работы головного мозга человека [3].

Прибор автоматически анализирует измеренное значение УПП и классифицирует его в диапазоне от «значительно пониженного» до «значительно повышенного». Под УПП понимают устойчивую разность потенциалов милливольтового диапазона, регистрируемую между мозгом и референтными областями с помощью усилителей постоянного тока [4, 27].

С целью исследования эмоционального состояния индивида нами был проведен пилотный эксперимент со студентами, обучающимися по направлению подготовки «Специальные организационно-технические системы» факультета информатики и робототехники Уфимского государственного авиационного технического университета. Эксперимент проводился в два этапа: на первом этапе испытуемые выступили в качестве будущих специалистов, тестирующих термины профилирующей специальности, на втором – в качестве неспециалистов, анализирующих термины незнакомой области знания. В пилотном эксперименте приняли участие 6 человек (3 девушки, 3 юношей, возраст 20-21 год). Респондентам были предъявлены аудиально и визуально следующие стимулы: Интернета (ГИППЕРСЫЛКА, ШЛЮЗ, ОПТИМИЗАТОР, ВИДЖЕТ, РЕСЕЛЛЕР) и теории музыки (БАС, АППЛИКАТУРА, ВОЛЬТА, ПЕНТАТОНИКА, МОРДЕНТ). Составление списка стимулов происходило по принципу нисходящей частотности их использования испытуемыми: *используется часто* → *используется редко* → *сегодня не используется* → *не знаю* [6] с опорой на результаты ранее выполненных экспериментов с использованием большего количества терминов изучаемых областей [5].

В табл. 1 представлены стимульные единицы – термины интернета и теории музыки и сольфеджио.

Термины – стимулы

<i>термины Интернета</i>
1. ВИДЖЕТ
2. ГИПЕРСЫЛКА
3. ОПТИМИЗАТОР
4. РЕСЕЛЛЕР
5. ШЛЮЗ
<i>термины теории музыки и сольфеджио</i>
1. АППЛИКАТУРА
2. БАС
3. ВОЛЬТА
4. МОРДЕНТ
5. ПЕНТАТОНИКА

Эксперимент проводился в спокойной обстановке, без дополнительных раздражителей. Испытуемый был проинструктирован о ходе проведения эксперимента для устранения дополнительных эмоциональных нагрузок, которые могли бы исказить достоверность показателей анализатора медленной электрической активности мозга «АМЕА».

К прибору прилагается шнур, 2 датчика (зеленый и синий провода), ободок-манжетка для установления датчика на запястье, ободка для крепления датчика на голову, соленой раствор, «пальчиковые» батарейки (суммарное напряжение 6 вольт). Синий датчик закрепляется на коже запястья правой или левой руки. Зеленый датчик размещается на определенной точке кожи головы. Основные точки установки датчиков расположены на голове человека в виде ободка – на лбу, на темени, на затылке и на правой и левой висках.

На голове испытуемого размещается ободок для крепления датчика. Первое измерение производится с лобной доли респондента, которому предъявлялись поочередно стимулы визуально. Испытуемый произносил вслух каждое слово. Прибор фиксировал показатели активности лобной области мозга. Проводились измерения на теменной, затылочной, левой и правой височной областях мозга. Одно слово-стимул – одно измерение.

Ниже представлены рисунки 1 и 2, отражающие данные показателей УПП, полученные в ходе проведения эксперимента с испытуемым № 1 (возраст

20 лет, пол женский, будущий специалист по специальным организационно-техническим системам) с использованием терминов Интернета и теории музыки. Одна линия соответствует показателям одной области измерения. На представленных диаграммах синяя линия показывает кривую, полученную при измерении лобной доли, зеленая отражает показатели, зафиксированные при тестировании на правой височной области, голубая линия – на теменной области, красная – на левой височной области, фиолетовая – на затылочной области индивида.

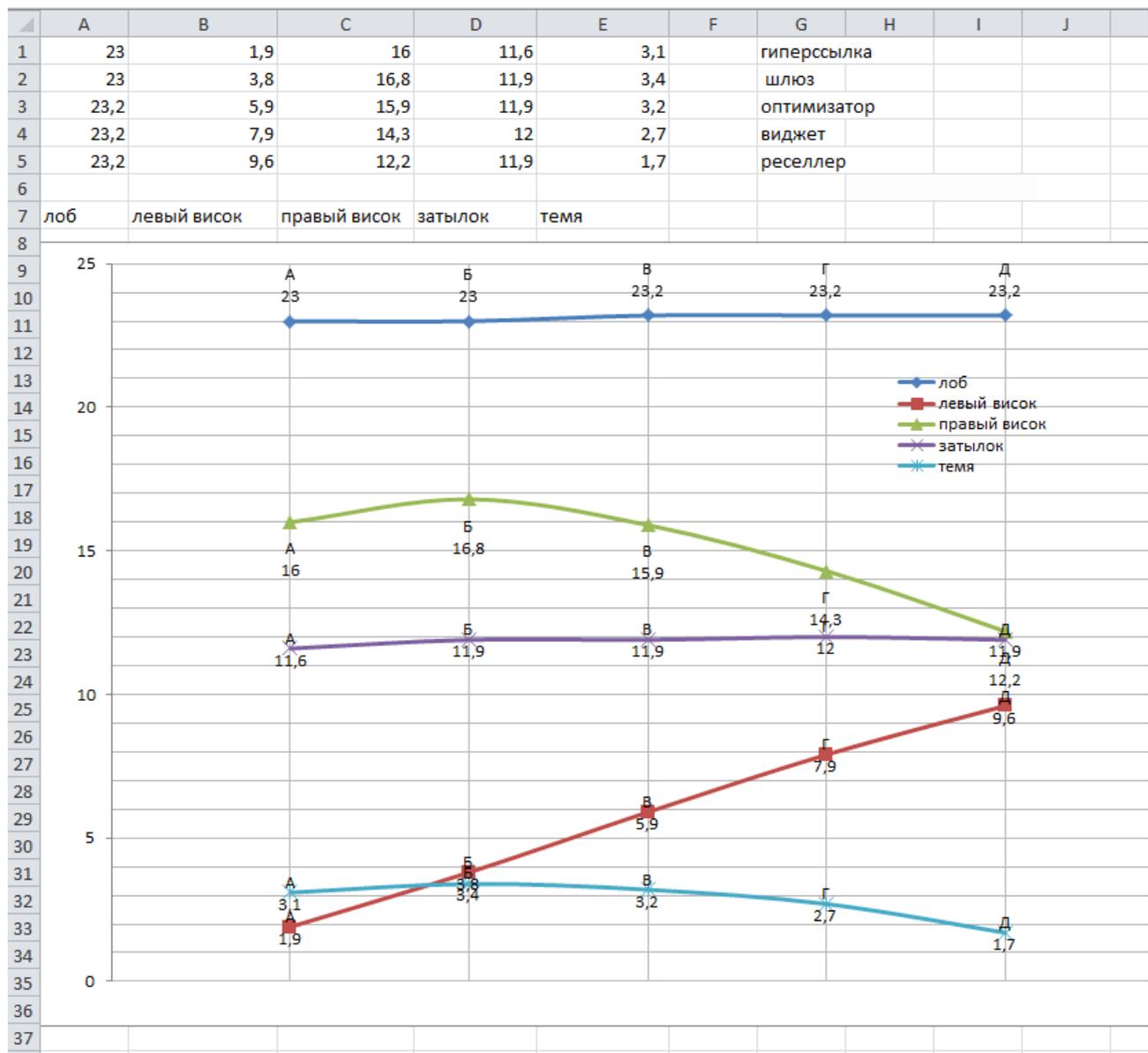


Рис. 1. Точечная диаграмма 5 областей (интернет - стимулы)

Согласно данным диаграммы на рисунке 1, в которой представлены результаты эксперимента с терминами Интернета, показатели активности мозга в лобной и правой височной областях мозга классифицируются от «в пределах нормы» до «умеренно повышенного». Данные показателей активности мозга в левой височной и затылочной областях мозга находятся в «пределах нормы». Показания прибора регистрируют в теменной области мозга регистрирует «умеренно пониженные» данные показателей активности мозга.

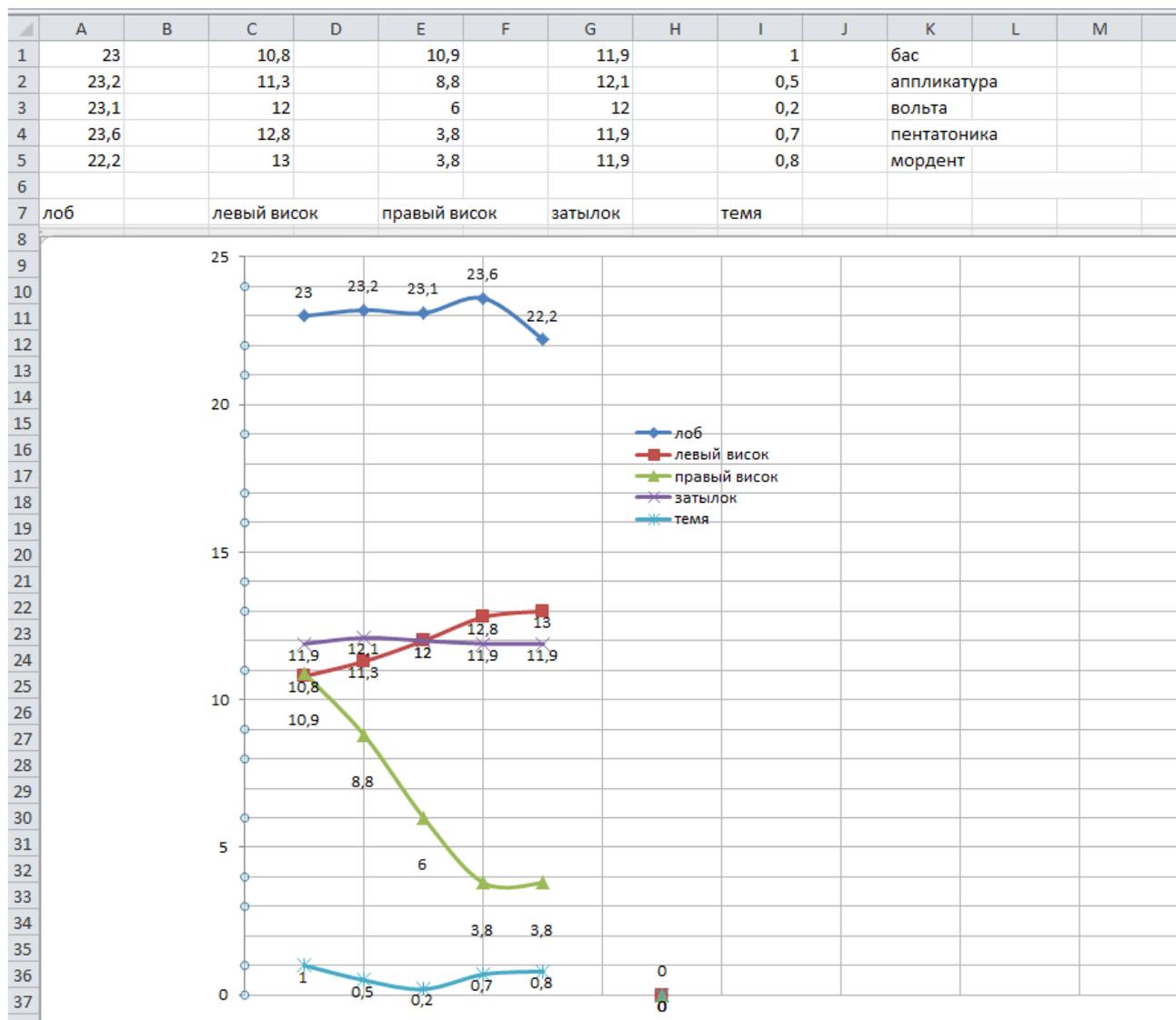


Рис. 2. Точечная диаграмма 5 областей (теория музыки)

На рисунке 2 представлены результаты эксперимента с терминами теории музыки. Данные показателей активности мозга в теменной области мозга регистрируют «умеренно пониженные» показатели активности мозга. В затылоч-

ной, правой и левой височной областях мы видим показатели активности мозга «в пределах нормы». В лобной области показатели прибора регистрируют «умеренно повышенные» показатели активности мозга.

В ходе эксперимента была предпринята попытка установить разницу в оценке эмоциональной напряженности при восприятии терминов Интернета и музыки, предъявляемых испытуемым визуально и аудиально. Для испытуемых предъявление терминов музыки отразилось в незначительных изменениях эмоционального напряжения. Термины Интернета вызвали повышение эмоционального напряжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Словарь практического психолога / Сост. С.Ю. Головин: Харвест; Минск; 1998. – 301с.
2. Рогожникова Т. М. Суггестивный потенциал языковой системы и его стратегические возможности в процессе коммуникации //Теория языка и межкультурная коммуникация. Курск: Курск. гос. ун-т, 2016. № 4 (23). С. 95–108.
3. Мухтарова Д.Р. Кожно-гальваническая реакция на вербальный стимул как инструмент оценки эмоционального состояния человека. //Теория и практика языковой коммуникации. Материалы XI Международной научно-методической конференции. Уфа: УГАТУ, 2019. – С. 169–180.
4. Фокин В.Ф., Понамарева Н.В. Энергетическая физиология мозга. М. Издательство «Антидор», 2002. – 248 с.
5. Ефимова М.В. Психолингвистические особенности функционирования термина в индивидуальном сознании: автореферат диссертации ... кандидата филологических наук: 10.02.19 / М.В. Ефимова. – Ижевск, 2015. – 24 с.
6. Ефимова М.В. Актуальные вопросы формирования терминосистемы Интернета (пилотажный эксперимент) // Теория и практика языковой коммуникации. Материалы III Международной научно-методической конференции. Уфа: УГАТУ, 2011. – С. 175–182.

УДК 372.881.111.1

О. С. САЛЬНИКОВА

oksana-sso@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. филол. наук, доц. Н. В. МАТВЕЕВА

Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета

РОЛЬ ТВОРЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ НА УРОКЕ АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ МОТИВАЦИИ УЧАЩИХСЯ

Аннотация. Статья посвящена важности создания мотивации при обучении школьников английскому языку. В материале рассматривается широкий круг методического инструментария для достижения этой цели. Автором отмечается существенная роль ведения индивидуального иллюстрированного альбома учащимися, а также широкий спектр возможностей, который предоставляет смартфон ученика на этапе закрепления изученного материала.

Ключевые слова: мотивация; английский язык; обучение; творческие задания.

Учебно-познавательная мотивация школьников – это их подход к учебе, реализация желания учиться, иметь прогресс. Формирование мотивации – ежедневный труд преподавателя по созданию таких условий, при которых появятся внутренние побуждения (мотивы, цели, эмоции) к обучению. Целью данной статьи является исследование возможностей творческих заданий в повышении мотивации школьников при изучении английского языка в школе.

Мотивация – вся совокупность стойких мотивов, побуждений, определяющих содержание, направленность и характер деятельности личности, ее поведения [Коджаспирова, 2005, с. 88]. И.М. Сеченов подчеркивал важность мотива: «Безличной, холодной воли мы не знаем» [Сеченов, 1953, с. 181]. И действительно, учащимся необходимо четко понимать, зачем они учат иностранный язык и прикладывают нешуточные усилия для этого. Небольшой части современных детей среднего школьного возраста подходят мотивы: поездки за границу, ориентация в компьютерных играх, понимание иностранных песен. Большая часть учащихся страдает от отсутствия мотивации (45%), а это приводит к низкой успеваемости по предмету и равнодушному (отрицательному) отношению к предмету. Для таких детей замечательно подойдет мотив полноценного участия в творчески построенном уроке английского языка (познаватель-

ный), где конкурсы, викторины, презентации, ролевые игры помогут обрести настрой на дальнейшее освоение материала. Маркова А.К. подразделяет мотивы на внешние (не связанные с деятельностью ученика) и внутренние (связанные с деятельностью ученика) [Маркова, Матис, Орлов, 1983, с. 92]. Реально каждый ученик побуждается несколькими мотивами, т.к. учебная деятельность всегда полимотивирована.

Далее рассмотрим понятие «творческое задание», под которым мы будем понимать такую форму организации учебной информации, где наряду с заданными условиями и неизвестными данными, содержится указание учащимся для самостоятельной творческой деятельности, направленной на реализацию их личностного потенциала и получение требуемого образовательного продукта. А.В. Хуторской разработал классификацию творческих заданий: когнитивные, креативные, организационно-деятельностные [Хуторской, 2007, с. 39]. Современные учебные пособия страдают от недостаточного количества такого рода заданий, их несовременности, незадействованности в них гаджетов, как постоянного атрибута жизни современного школьника.

Нами был собран и отчасти создан ряд творческих заданий, которые вкратце опишем ниже. Очень важной мы считаем методику ведения тематического индивидуального альбома школьника. Это методика «Волшебный альбом». Многие учителя думают, что рисование – это ненужный процесс на уроке английского языка, оно «съедает» время, отвлекает от сложной темы, неинтересно подростку. Но это не так. Далеко не на каждом уроке в школе выдается возможность порисовать, творчески проявить себя, снять стресс. Урок английского должен нести на себе эту роль – праздника творчества. Игра важна, как никакой другой инструмент, на любом возрастном этапе. «Юный следопыт», «Юный переводчик», «Веселая зебра» – настольные, компьютерно-настольные, командные, подвижные, все они подчас остаются на бумаге, в пособиях и статьях и очень редко используются на уроках. Замечательные результаты может дать «Грамматический театр», где ученики выступают в роли тех или иных

членов предложения, фигурантов важных правил. Эмоциональный посыл (улыбки, смех), деятельное участие в мини-сценке не даст забыть нужное в течение долгого времени. Мобильный телефон – неотъемлемая часть школьных принадлежностей на сегодняшний день. Интерес к этому гаджету должен обязательно быть использован на уроке. Он также дает мотивацию и толчок в период закрепления пройденного материала. Творческое задание «Интервью со звездой» вызовет много эмоций. Такой тип задания (запись на видео) подойдет при закреплении материала по темам «Семья», «Хобби», «Окружающая среда», «Одежда», «Любимая еда», «Спорт». Сложность состоит в том, что нужно верно задать вопрос соседу по парте и правильно ответить, соблюдая грамматические правила, используя актуальную лексику. Мобильный телефон можно использовать в творческой игре «Ловушка» при выполнении домашнего задания. Учащимся предлагается записать видеоролик по пройденной теме с конкретным заданием в лексическом и грамматическом плане. Например, снять ролик «Мой домашний питомец» и отослать свой ролик-монолог своему однокласснику, который в свою очередь должен его просмотреть и «поймать» как можно больше ошибок, зафиксировав их в тетрадь. Такой обмен видео сообщениями вызовет массу положительных эмоций и повысит внимательность учащихся при построении предложений.

Таким образом, можно отметить мощную мотивационную составляющую творческих заданий, влияние данного типа заданий на создание постоянного желания учиться, а также взаимосвязь активного использования творческих заданий на уроках английского и повышением успеваемости и созданием мотивации учащихся.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коджаспирова Г.М., Коджаспиров А.Ю., Педагогический словарь: Для студ. высш. и сред. пед. учеб. заведений, М.: Академия, 2003. 176 с.
2. Маркова А. К., Матис Т. А., Орлов А. Б. Формирование мотивации учения. М.: Просвещение, 2006. 192 с.
3. Сеченов И. М. Избранные произведения. Под ред. Каганова В.М. М.: Учпедгиз, 1984. 335 с.

УДК 80

И. М. ФИЛАТОВ

darknessmystery@mail.ru

Науч. руковод. – канд. фил. наук, доц. В. Р. ГАБДУЛЛИНА

Уфимский государственный авиационный технический университет

ЯПОНИЯ. ЯПОНСКИЕ ИЕРОГЛИФЫ

Аннотация. В этой статье мы обратимся к стране с великой историей, такой как Япония, рассмотрим такие понятия как японские иероглифы и опишем их значения и происхождения.

Ключевые слова: Япония; написание; чтение; японские иероглифы; происхождение иероглифов.

Краткая история происхождения Японии

Впервые Япония стала самостоятельным государством примерно в III веке нашей эры. В Корее и Японии одновременно запустились процессы объединения, в связи с тесными отношениями друг с другом. В 672 году наконец началась централизация власти и издание первых законов, что послужило первым шагом в становлении Японии как отдельной страны. Императорам запрещалось жить там, где жил их предшественник, поэтому каждый переезжал и называл город новой столицей, так до определенного времени не было единого центра Японии. В 710 году появилась первая основная столица. Столицей стал город Нара. Японию уже можно было назвать страной. Появились провинции, набирал мощь буддизм. В 1192 году сформировалось двоевластие, император занимался больше церемониальными делами, а реальной политикой занимался военный вождь. Расположение позволило Японии быть защищенной от всего внешнего мира.

Чего стоит только история с наступлением монголов, когда у японцев не было не единого шанса на победу, при условии, что монголы войдут на землю Японии, но по пути в страну их настиг шторм и высокие волны, которые потопили корабли обидчиков, и это произошло дважды. Но в этом не особых плюсов, как может показаться на первый взгляд. Постоянная рознь феодалов, большое количество гражданских войн. Это вошло в историю как эпоха воюю-

щих провинций. Конец правлению военных домов, длившемуся более шести столетий, был положен в ходе событий, получивших название «реставрация Мэйдзи». Коалиция из числа воинов княжеств Сацума, Тёсю и Тоса вынудила Токугава Ёсинобу, последнего сёгуна в японской истории, вернуть верховную власть императору.

Происхождение японских иероглифов

Японские иероглифы появились путем заимствования из Китая в V-VI вв. н.э. К самым заимствованным знакам уже добавлялись иероглифы, которые разрабатывались самими японцами.

Японский термин кандзи (перевод “знаки(династии) Хань” имеет значение иероглифического письма, что является составной частью японской письменности.

В настоящий момент нет точного описания, каким образом китайские иероглифы появились в Японии, но самая популярная версия на сегодняшний день – версия о том, что первые китайские тексты завезли в начале V века. Они были написаны на китайском языке, и для прочтения их японцами была разработана система канбун (классическое китайское сочинение). В то время японский язык не имел письменной формы, а для записи японских слов была создана система письменности Манъёсю. В ней слова записывались китайскими иероглифами не по содержанию, а по звучанию.

Изначально японские иероглифы Кандзи и китайские ханьцзы фактически не отличались друг от друга. Но в современном мире появилась существенная разница, некоторые иероглифы были созданы в самой Японии(кокудзи), некоторые получили другое значение. Да и после Второй мировой войны написание многих кандзи упростили. В японской письменности кроме иероглифов есть слоговые азбуки Хирагана и Катакана Хирагана используется для записи звучания японских слов или для записи грамматических конструкций.

Катакана используется для записей заимствований из других языков, для обозначения географических объектов или личных имен.

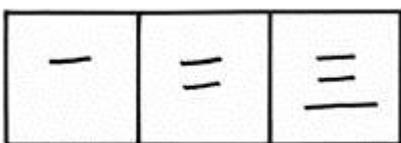
У многих после изучения истории иероглифов складывается вопрос, а какое же итоговое количество иероглифов в японском языке. Ответ получить практически невозможно, так как их количество слишком огромно. В разных источниках – разные значения. Можно например посмотреть на самый большой японский словарь иероглифов под названием “Дайкава дзитэн”, он насчитывает около 50 тысяч знаков. Но в современном японском языке фактически используется для практических нужд около 3050 знаков, а в качестве необходимых в повседневном общении используется еще меньше – 1945 иероглифов. Эти иероглифы глубоко изучаются в школе и их должен знать каждый выпускник старшей школы.

Интересный факт: ни один японец не знает все японские иероглифы.

Порядок написания черт в иероглифах

Большинство элементов японской письменности имеют строго определенную последовательность написания черт. Это позволяет обеспечивать узнаваемость иероглифов. Этот порядок в Японии свели к определенным правилам, как и в других языках и правилах, естественно, есть исключения. Самое важное и главное правило: иероглифы записываются сверху вниз и слева направо. Еще несколько основных правил представлено ниже.

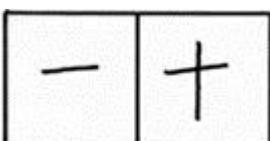
1. Горизонтальные линии пишутся слева направо и параллельны.



2. Вертикальные линии пишутся сверху вниз.



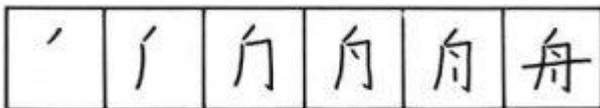
3. Если в иероглифе есть и вертикальные, и горизонтальные линии, то первыми пишутся горизонтальные.



4. Вертикаль, пересекающая иероглиф или его элемент в центре, пишется последней.



5. Горизонтальные линии, проходящие через знак, также пишутся последними.



6. Сначала пишется откидная черта влево, потом откидная черта вправо. В итоге иероглиф получается очень красивым. Все кандзи должны быть строго одного размера, он должен строго вписываться в квадрат определенного размера.

Чтение кандзи

Чтение кандзи разбито на две основные категории: он-ёми и кун-ёми.

Он-ёми - это китайское чтение (перевод “звуковое чтение”) относится больше к китайскому чтению иероглифов. Очень часто существует несколько чтений он-ёми для определенных иероглифов, по причине того, что они были добавлены в японский язык ни один раз, а в течение нескольких сотен лет. Желание сохранить все значения повлияло на существование нескольких чтений. Чаще всего такое чтение используется в словах, которые состоят из нескольких иероглифов. Это как правило очень сложные слова, и знание таких слов – показатель вашей эрудированности, так вы можете произвести впечатление при разговоре, либо, например, при собеседовании.

Кун-ёми – это японское чтение, это уже попытки Японии произвести свою языковую работу с кандзи. Это чтение в основном не используется в словах, состоящих из нескольких иероглифов. Исключения – это имена людей.

Что побуждает людей изучать японский язык?

1) Большие возможности для создания бизнеса в Японии, либо поиск работы в Японии.

2) Если изучать японский язык, вы сможете понимать многие японские передачи, что позволит вам следить за событиями на языке оригинала.

3) Возможности новых знакомств.

4) Самая большая заинтересованность в изучении японского языка появляется у молодежи благодаря манге и аниме, многие из них хотят смотреть либо читать свои любимые произведения на оригинальном языке.

Подводя итог вышесказанному, отметим, что история японского языка очень захватывающая и интересная, как и история возникновения Японии, иероглифы выглядят очень красиво и отличаются от привычного нам написания.

Японский язык – один из сложнейших языков, но и один из самых красивых, изучение его потребует очень большого количества времени и сил, но это того стоит. Это даст вам большой вклад в будущее.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Игнатович А. Н. Буддизм в Японии. Очерк ранней истории//Первые шаги. , 1987. С.58-85
2. Лещенко Н. Ф. Япония в эпоху Токугава// Япония в период смутного времени. Поиски выхода из кризиса (XV-XVI века), 2010. С.4-19
3. Мещеряков А. Н. Император Мэйдзи и его Япония//Вступление первое. Из тени в свет. , 2006. С.1-17
4. Электронный ресурс <http://nihon-go.ru/yaponskie-ieroglifyi/>

УДК 81

Р. В. ЯКОВЛЕВА

rina-yakovleva@yandex.ru

Науч. руковод. – д-р филол. наук, проф. Т. М. РОГОЖНИКОВА

Уфимский государственный авиационный технический университет

СИНЕСТЕЗИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ИССЛЕДОВАНИЯ ЯЗЫКОВОГО СОЗНАНИЯ ИНДИВИДА

Аннотация. Статья посвящена феномену взаимосвязи звука и цвета как синестетического свойства сознания индивида и его изучению в различных научных парадигмах. Исследования в области синестезии представляют собой интерес в связи с возможностью структурировать знания о языковом сознании индивида.

Ключевые слова: синестезия; восприятие; ассоциативные связи; взаимосвязь звука и цвета; полимодальные ощущения.

Исследование посвящено проблематике звуко-цветовой ассоциативности восприятия звуков немецкого языка и цветовых закономерностей организации вербальных моделей с возможностью установления их суггестивного потенциала [16]. Под вербальной моделью понимается материализованная структура любой сложности – звукобуква, слово, текст, являющаяся носителем внутренней формы, через проявление которой во внешней среде реализуются латентные ресурсы воздействия конкретных моделей. Суггестивный потенциал – это сила воздействия вербальной модели, которая может быть измерена и представлена в количественных показателях. Способность индивида к ассоциированию звука с цветом позволяет использовать последний в качестве инструмента и исследовать глубинные, скрытые для сознания структуры воздействующих механизмов вербальной модели [13].

Отдельного рассмотрения в рамках данной работы требуют аспекты, посвященные взаимосвязи звука и цвета как синестетического свойства сознания и предполагающие изучение явления синестезии и, в частности, механизмов, лежащих в основе звуко-цветовой ассоциативности.

Человек воспринимает явления окружающего мира всеми органами чувств. Однако по статистике, человек познает мир органами зрения – на 83%; органами слуха – 11%; органами обоняния – 3,5%; органами осязания – 1,5%;

органами вкуса – 1,0%. Таким образом, восприятие современного человека ограничивается в большинстве случаев зрением и слухом [2: 137].

Исследования, посвященные изучению ассоциативных связей между ощущениями различных модальностей, например, ассоциативной связи цвета и звука (цветной слух), музыки и цвета, цвета и вкусовых ощущений, осязания и запаха и др., вызывают большой интерес со стороны ученых, поскольку позволяют заглянуть, прежде всего, в глубинные слои мышления, сознания и подсознания человека.

Идеи совмещения полимодальных ощущений могут быть воплощены на практике. Известно, что идея использовать «цветозвуковое пианино» была представлена композитором А.Н. Скрябиным в 1913г. Композитор попытался совместить музыку, игру красок и света для того, чтобы превратить концерт в одно из ярчайших переживаний в жизни слушателя.

В основе явления совмещения звука и цвета или вкуса и цвета и других интермодальных ощущений лежит феномен синестезии. Существуют различные подходы к определению феномена синестезии. Некоторые представители научного сообщества разграничивают понятие истинной синестезии и ассоциирования, некоторые ученые увязывают понимание синестезии с «межчувственными ассоциациями».

Для понимания феномена синестезии Г. Браэм предлагает заняться «звуковой живописью», нарисовать такие абстрактные слова как «мулумум», «цибирр» и «батата», что позволит прочувствовать необычные звуковые образы и магию звука. В процессе рисования можно увидеть, что не все формы подойдут для реализации задумки. Некоторые звуки потребуют агрессивной и резкой работы кисти, другие – плавных мазков и закругленных форм [2: 138-139].

Дословно термин синестезия в переводе с греческого языка означает «со-ощущение» или «со-чувствование». Научные представления о термине синесте-

зия зарождаются на рубеже XIX – XX вв. и связаны с наблюдениями в области психологии, медицины, искусствоведения.

Выдающийся нейрофизиолог А.Р. Лурия полагал, что синестезия представляет собой психофизиологический механизм, присущий каждому человеку, но не всегда рефлекслируемый. Особенностью синестезии, по мнению ученого, является перенос раздражений от одних рецепторов в другие [10: 287].

Обзор академических работ в области синестезии показал, что с одной стороны синестезия рассматривается как феномен восприятия, иногда принимающий аномальные формы, на уровне галлюцинаций, когда индивид, например, испытывает сильные цветовые соощущения при чтении текста или прослушивании музыки. Встречаются совершенно необычные формы синестезии, например пространственная синестезия, когда буквы предстают в сознании индивида не только окрашенными в определенные цвета, но и определенным образом размещенными в пространстве.

Американский специалист в области синестезии Ш. Дэй выделяет в настоящее время по меньшей мере около 73 видов различных синестезий. Данные ученого получены на основании изучения 1143 синестетов [18; 19].

М.-Ж. Мехлер, швейцарский исследователь синестезии и диагностированный синестет, утверждает, что синестезия реальна, что это не игра воображения, а человек, обладающий подобным восприятием, живет в цветущем саду форм и цветов. Автор отмечает, что цвето-графемная синестезия является наиболее распространенной и изучаемой формой синестезии. Недавние исследования показали, что за данную активность отвечает левое полушарие мозга. Данный вид активности не был обнаружен у несинестетов, на основании чего, делается вывод о том, что несинестетам свойственна скорее ассоциативная связь между буквой и цветом [21].

Существует подход согласно которому, несмотря на всю аномальность подобного восприятия, патологией подобный феномен восприятия не считается, а рассматривается как вариант нормы [Там же]. Другой подход рассматривает некоторые случаи полимодальных ощущений как индивидуальный, редкий, близкий к аномальному, или как аномальный феномен восприятия [7; 14; 22]. Приводятся также данные статистики, согласно которым только 4% населения всей планеты могут испытывать истинные полимодальные ощущения. Индивиды с «истинными» синестезиями в основном характеризуются способностью к творческому мышлению и повышенной чувствительностью [12].

Важным представляется рассмотреть систему восприятия человека с точки зрения современной психологии. Система восприятия включает в себя три основных вида ощущений: «экстероцептивные (зрение, слух, обоняние, вкус, осязание), проприоцептивные, передающие информацию о положении тела в пространстве (статические, связаны с ощущением равновесия, и динамические, кинестетические, связанные с перемещением тела в пространстве), интероцептивные (органические, передающие сигналы о состоянии внутренних органов: температуры тела, болевые ощущения, внутренней легкости и тяжести, обусловленные внутренними процессами в организме)» [6: 3.2].

Интероцептивные ощущения оказывают наибольшее влияние на эмоциональное состояние человека. Цвет, в свою очередь, являясь видом электромагнитного излучения, оказывает воздействие на внутреннее состояние организма. Экстероцептивные ощущения влияют на проприоцептивные и интероцептивные реакции [Там же].

О наличии сложного механизма восприятия, при котором активизация одной сенсорной модальности вызывает реакцию в зонах, связанных с другой модальностью или модальностями, пишет Р. Цитович. Согласно гипотезе ученого, синестезия является функцией самых древних структур головного мозга, гиппокампа и лимбической системы мозга. За развитие синестетического мышления отвечает, по мнению автора, левое полушарие мозга, которое отвечает за

память и эмоциональную сферу человека. Следствием является хорошее развитие образно-эмоциональной памяти у таких индивидов, но слабое развитие математических способностей и способности хорошо ориентироваться в пространстве [17].

Существуют предположения, высказанные в трудах зарубежного научного сообщества о том, что на основании детального изучения творчества разных деятелей искусства к «истинным» синестетам можно отнести такие выдающиеся личности как А. Рембо, И.В. Гете, А.Н. Скрябина, В.В. Кандинского, В.В. Набокова. Их творчество активно изучается, приводятся доказательства в пользу данного предположения, а феномен синестезии рассматривается как яркое проявление в искусстве.

М.-Ж. Мехлер изучает «Учение о цвете» И.В. Гете и приходит к выводу о том, что с высокой степенью вероятности можно предположить, что великий немецкий писатель и поэт принадлежал к истинным синестетам [20].

В этой связи более широкий подход к феномену синестезии акцентирует внимание на важной роли синестезии в сфере искусства, языка и творчества.

Б.М. Галеев, основатель Казанского НИИ экспериментальной эстетики «Прометей», автор многочисленных трудов по изучению феномена синестезии, рассматривает ее как особую «межчувственную ассоциацию», форму восприятия, характеризующуюся связями между чувствами в психике, а также результаты их проявлений в конкретных областях искусства [4].

А.И. Бардовская уделяет внимание определению синестезии в гуманитарных науках и находит общие тенденции в понимании синестезии: «синестезия так или иначе связывается с восприятием, сферами чувствительности человека; вместе с тем, акцент ставится на том, что она не уместается лишь в сфере перцепции, но затрагивает и область когнитивных и бессознательных процессов, память, воображение, проявляется в речевом поведении, т.е. относится к психической деятельности в целом» [1: 4–5].

М.Л. Зайцева рассматривает феномен синестезии в европейском музыкальном искусстве эпохи романтизма и говорит, что синестезия «является определяющим фактором развития когнитивных способностей человека в процессе эстетического восприятия искусства, способствует установлению связи между элементами вербальных и невербальных (визуальной, аудиальной, кинестетической) систем» [6: 3.1]. Автор отмечает, что «выявление общности восприятия человеком цвета, формы и звука отвечает общей тенденции человеческой психики к целостности восприятия, сопротивляющейся дифференциации видов искусств и объединяющей их в процессе восприятия» [Там же].

Для лингвистики и фоносемантики особенно значимыми являются исследования о связи звуко-символизма с явлением синестезии [3; 5; 9; 11; 15], которые показывают, что в основе номинации звуко-символических слов лежат признаки, получаемые через зрительные, обонятельные, вкусовые и осязательные ощущения.

Таким образом, синестезия как феномен полимодальных ощущений может представлять интерес как индивидуальное проявление особенностей восприятия, так и общезначимое для психологии, лингвистики и искусства явление, которое способствует созданию ярких образов в музыке, живописи, скульптуре и художественной литературе. Способность к ассоциированию звука с цветом характерна как для синестетов, так и несинестетов, само явление представляет собой интерес в связи с возможностью структурировать знания о языковом сознании индивида.

Для нашей работы важным представляется указать мнение В.В. Левицкого, согласно которому в звуко-цветовой ассоциативности «могут действовать в большей или меньшей степени или попеременно два механизма – механизм синестезии и ассоциативный механизм» [8: 60].

Приведенные результаты открывают широкие возможности, которые позволяют использовать потенциал синестезии в самых разных областях, включая исследования по звуко-цветовой ассоциативности в различных языках, раз-

работку аналитических инструментов в виде компьютерных программ, с последующим созданием комфортных для восприятия текстов, способствующих экологии коммуникации в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бардовская А.И. Определение синестезии в современных гуманитарных науках // Слово и текст: психолингвистический подход: Сб. науч. тр. / Под общ. ред. А.А. Залевской. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2007. – Вып. 7. – С.4–8.
2. Браэм Г. Психология цвета. – М.: АСТ: Астрель, 2009. –158 с.
3. Воронин С.В. Основы фоносемантики. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1982. – 244 с.
4. Галеев Б.М. Синестезия вокруг нас // Язык. – Сознание. – Культура. – Социум. Сборник докладов и сообщений международной научной конференции памяти профессора И.Н. Горелова. – Саратов: Издательский центр «Наука», 2008 (670с.) – С. 556–564.
5. Горелов И.Н. Онтогенетический базис речи. – Челябинск: ЧГПИ, 1983. – 215 с.
6. Зайцева М.Л. Феномен синестезии в европейском музыкальном искусстве эпохи романтизма [Электронный ресурс] // Траектория науки. Международный электронный научный журнал, 2016. – Т.2, № 11. – С.3.1–3.13. – Режим доступа: <http://www.pathofscience.org/index.php/ps/article/view/239> (дата обращения 05.09.2021).
7. Кастеллано Ш. Вспоминая Серебряный век: синестезия и апокалипсис в романе А. Белого «Петербург» // Новый исторический вестник. – Москва: Российск. гос. гуманит. ун-т, 2001. – №5 –С. 17–50.
8. Левицкий В.В. Звуковой символизм. Мифы и реальность. Монография. – Черновцы: Рута. – 2009. – 186с.
9. Леонтьев А.А. Психологическая структура слова // Семантическая структура слова. Психолингвистические исследования. – М.: Наука, 1971. – С. 7–19.
10. Лурия А.Р. Основы нейропсихологии. – Москва: МГУ, 1973. – 376 с.
11. Панов М.В. Русская фонетика. – М.: Просвещение, 1967. – 438 с.
12. Прокофьева Л.П. Звуко-цветовая ассоциативность: универсальное, национальное, индивидуальное. – Саратов: Изд-во Саратовского медицинского ун-та, 2007. – 280 с.
13. Рогожникова Т.М. Психолингвистический подход к изучению суггестивных ресурсов вербальных моделей // Теория языка и межкультурная коммуникация: Электронный научный журнал. – Курск: Курский гос. ун-т, 2018. – № 1 (28). – Режим доступа: <http://tl-ic.kursksu.ru/index.php?page=6&new=28> (дата обращения 05.09.2021).
14. Тихонова-Родина Е.А. К истокам фоносемантики: Фердинан С. Мендоза о псевдофото-стезии (синестезии) // Предложение и слово: Межвузовский сборник научных трудов. – Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 2002. – С. 773–778.
15. Фрумкина Р.М. Цвет, смысл, сходство: аспекты психолингвистического анализа. – М.: Наука, 1984. – 176 с.
16. Яковлева Р.В. Ассоциативная цветность как инструмент анализа текста: автореф. дис. ... канд. филол. наук: 10.02.19 – Ижевск, 2021. – 24 с.
17. Cytowic R. Synesthesia: A Union of the Senses. 2-edition. – Cambridge: MIT Press, 2002. – 391 p.
18. Day S.A. Semi-reflection of Types of Synaesthesia // Trickster and Ambivalence: The Dance of Differentiation. – Madison, WI: Atwood, 2001. – Pp. 111–117.
19. Day S. A. Demographic aspects of synesthesia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.daysyn.com/Types-of-Syn.html> (дата обращения 05.09.2021).
20. Mächler M.J. Von dem Phänomen der Synästhesie an sich und deren Einfluss auf Goethe // Maturaarbeit – Zürich, 2004. – 70 p.
21. Mächler M.J. Synaesthesia and Learning. – Zürich: Swiss Federal Institute of Technology Zurich, 2009. – 20 p.
22. Ramachadran V.S., Hubbard E.M. Synaesthesia — A Window Into Perception, Thought and Language // Journal of Consciousness Studies, No. 12, 2001. – Pp. 3–34.

СЕКЦИЯ 7.4 МАТЕМАТИКА И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК 004.942

А. О. БУЛАЕВ

seni190999@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, проф. С. А. МАЯКОВА

Уфимский государственный авиационный технический университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДАВЛЕНИЯ И ПЛОТНОСТИ ЭНЕРГИИ АКУСТИЧЕСКОГО ВЗРЫВА С ОТРАЖЕНИЕМ ОТ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Аннотация. В работе проведено моделирование падения на границу грунт-атмосфера звукового импульса, создаваемого одиночным излучателем (моноподем), располагающимся в атмосфере на некоторой высоте над границей земля-атмосфера. На основе данной модели рассчитано акустическое давление и плотность энергии для взрывов, расположенных на различном расстоянии от земной поверхности. Для расчетов было использовано акустическое давление реального взрыва с тротильным эквивалентом 125 кг. Было получено, что взрыв, проведенный на поверхности земли, является разрушительным для построек и человека. С дальнейшим увеличением расстояния от поверхности земли взрыв становится не опасным для построек, но все еще представляет опасность для человека.

Ключевые слова: акустический импульс; граничные условия мягкой границы; tvd-схема; rml-слои; удельная плотность энергии акустического взрыва; оценка рисков разрушения.

Прогнозирование геоэкологического воздействия разного типа взрывов на окружающую среду. Проблема прогнозирования геоэкологического воздействия разного типа взрывов на окружающую среду является весьма актуальной. В таких сферах деятельности как строительство, утилизация боеприпасов и разработка нефтяных и карьерных месторождений необходимо знать заранее какое влияние на близлежащую инфраструктуру и человека могут оказать технологические взрывы. Мерой воздействия на окружающую среду является удельная плотность энергии, которую можно рассчитать, зная акустическое давление.

Целью данной работы является изучение падения на границу грунт-атмосфера звукового импульса, создаваемого одиночным излучателем (моноподем), располагающимся в атмосфере на некоторой высоте над границей земля-атмосфера. На основе данной модели рассчитывается акустическое давление

на отражающей поверхности, которое после этого используется для расчета плотности энергии воздействия акустического взрыва на объекты, расположенные на земной поверхности.

Моделирование акустического взрыва. При моделировании акустического взрыва используется следующая волновая задача [4]:

$$\frac{\partial^2 p}{\partial t^2} = \nabla \cdot (c^2(x) \nabla p), 0 \leq x \leq l_x, 0 \leq y \leq l_y, t \geq 0, \quad (1)$$

где c – скорость волны, l – ширина расчетной области по x и y , p – акустическое давление.

Начальное условие:

$$p(x, y, 0) = A \cdot e^{-\left(\frac{\left(x - \frac{l_x}{2}\right)^2}{\delta^2} + \frac{\left(y - \frac{l_y}{2}\right)^2}{\delta^2} \right)}, \quad (2)$$

где l_x – ширина расчетной области по x , где l_y – ширина расчетной области по y , A – амплитуда взрыва, δ – ширина начального колоколообразного возмущения. Данное начальное условие моделирует акустический взрыв.

Граничные условия для этой задачи:

$$\begin{aligned} \frac{\partial p(x, y, t)}{\partial x} &= 0, & x &= 0 \\ \frac{\partial p(x, y, t)}{\partial t} &= -c^2 \frac{\partial p(x, y, t)}{\partial x}, & x &= l_x, \\ \frac{\partial p(x, y, t)}{\partial t} &= c^2 \frac{\partial p(x, y, t)}{\partial y}, & y &= 0, \\ \frac{\partial p(x, y, t)}{\partial t} &= -c^2 \frac{\partial p(x, y, t)}{\partial y}, & y &= l_y. \end{aligned} \quad (3)$$

Первое, третье и четвертое условия моделируют воздушное пространство, а второе – поверхность земли.

Для аппроксимации данной задачи в основной области использовалась следующая разностная схема [4]:

$$p_{i,j}^{n+1} = 2p_{i,j}^n - p_{i,j}^{n-1} + \mu_1 \left(q_{i+\frac{1}{2},j} (p_{i+1,j}^n - p_{i,j}^n) - q_{i-\frac{1}{2},j} (p_{i,j}^n - p_{i-1,j}^n) \right) + \\ + \mu_2 \left(q_{i,j+\frac{1}{2}} (p_{i,j+1}^n - p_{i,j}^n) - q_{i,j-\frac{1}{2}} (p_{i,j}^n - p_{i,j-1}^n) \right),$$

где $q_{i+\frac{1}{2},j} = 2 \left(\frac{1}{q_i} + \frac{1}{q_{i+1}} \right)^{-1}$, $q_{i-\frac{1}{2},j} = 2 \left(\frac{1}{q_i} + \frac{1}{q_{i-1}} \right)^{-1}$, $\mu_1 = \frac{dt^2}{dx^2}$, $\mu_2 = \frac{dt^2}{dy^2}$, $q = c^2$, $i \in [0; N]$, $j \in [0; N]$, $n \in [0; T]$, где T – предельное время расчета, N – число узлов сетки.

Для аппроксимации граничных условий использовалась TVD-схема [8], следующего вида:

$$p_j^{n+1} = p_j^n - (p_j^n - p_{j-1}^n) \left(\mu + \frac{\mu}{2} (1 - \mu) \left[C_j \left(\frac{p_{j+1}^n - p_j^n}{p_j^n - p_{j-1}^n} \right) \right] \right), \quad (4)$$

где $\mu = \frac{dt}{dx}$. При этом должно выполняться соотношение

$$0 \leq \mu + \frac{\mu}{2} (1 - \mu) \left[C_j \left(\frac{p_{j+1}^n - p_j^n}{p_j^n - p_{j-1}^n} \right) \right] \leq 1,$$

$$C_j = \max[0, \min(2r_j, 0.5(1 + r_j), 2)], \quad r_j = \frac{p_j - p_{j-1}}{p_{j+1} - p_j}.$$

В качестве условия на правой границе определяется поглощающий слой в виде функции, которая принимает нулевые значения везде кроме небольшого слоя, где переносимый сигнал уничтожается. Граничные условия изменяются следующим образом:

$$\begin{aligned} \frac{\partial p(x, y, t)}{\partial t} &= 0, & x &= 0 \\ \frac{\partial p(x, y, t)}{\partial t} &= -c^2 \frac{\partial p(x, y, t)}{\partial x} - \sigma_x p, & x &= l_x \\ \frac{\partial p(x, y, t)}{\partial t} &= c^2 \frac{\partial p(x, y, t)}{\partial y} - \sigma_y p, & y &= 0 \\ \frac{\partial p(x, y, t)}{\partial t} &= -c^2 \frac{\partial p(x, y, t)}{\partial y} - \sigma_y p, & y &= l_y \end{aligned} \quad (5)$$

с функциями поглощения:

$$\sigma_x = \sigma(x) = \begin{cases} \frac{(m+1)W \ln 10}{d} \left(\frac{x-l_x}{d}\right)^m, & x \in [l_x; l_x + d], \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases}$$

$$\sigma_y = \sigma(y) = \begin{cases} \frac{(m+1)W \ln 10}{d} \left(\frac{y-l_y}{d}\right)^m, & y \in [l_y; l_y + d], \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases}$$

где d – ширина поглощающего слоя, W и m – параметры поглощающего слоя.

Расчет удельной плотности энергии акустического взрыва. Удельная плотность энергии рассчитывается по следующей формуле

$$E = \frac{1}{\rho v} \int_0^T p^2(t) dt. \quad (6)$$

Здесь ρv – удельное акустическое сопротивление воздуха; $p(t)$ – акустическое давление; T – длительность акустической волны. С помощью данной формулы можно оценить экологическое воздействие взрывов на окружающую среду. Для проведения расчетов использовалось акустическое давление, которое возникает при взрыве с тротильным эквивалентом 125 кг [1].

Далее приведены и проанализированы графики выделившейся энергии у земной поверхности. Расчеты проводились для взрывов, находящихся на расстояниях от 0 до 8000 метров над земной поверхностью.

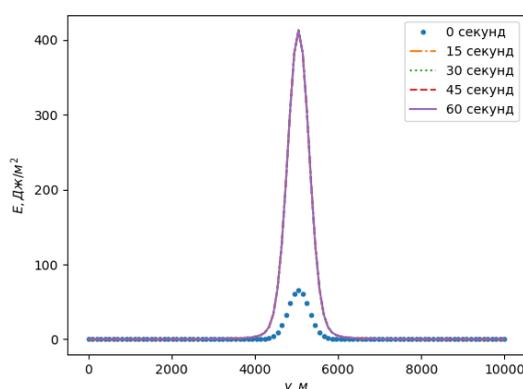


Рис. 1. Взрыв на земной поверхности

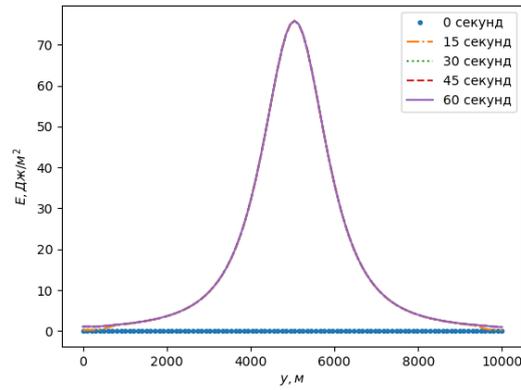


Рис. 2. Взрыв на расстоянии 1000 метров

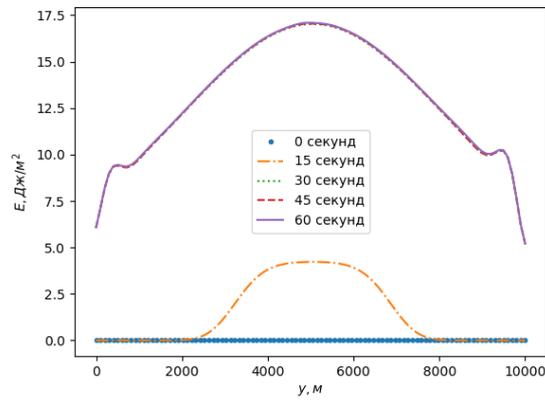


Рис. 3. Взрыв на расстоянии 5000 метров

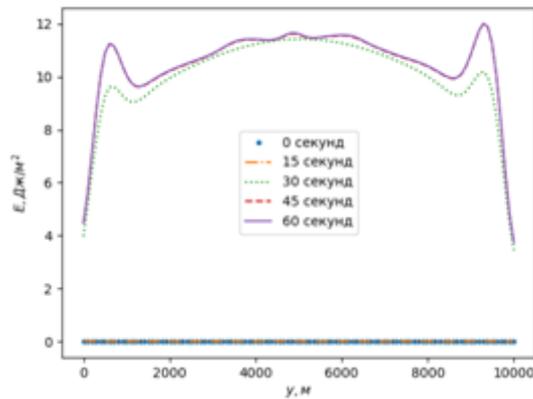


Рис. 4. Взрыв на расстоянии 8000 метров

Из рис. 1 видно, что, взрыв на земной поверхности с тротильным эквивалентом 125 кг является разрушительным для строений и опасен для человека. Из рис. 2–4 можно видеть, что при увеличении расстояния от поверхности земли удельная плотность энергии снижается.

Максимальное значение удельной плотности энергии, наблюдающееся на поверхности земли, составляет 400 Дж. Минимальное значение удельной плотности энергии наблюдается на расстоянии 8 км от поверхности земли и составляет 12 Дж.

Заключение. В данной работе были реализованы граничные условия “мягкой границы”, которые позволяют имитировать прохождение волны за границу расчетной области.

С использованием данных условий было проведено численное исследование модели падения на границу грунт-атмосфера звукового импульса, создаваемого одиночным излучателем (монополюсом), располагающимся в атмосфере на некоторой высоте над границей земля-атмосфера.

На основе данной модели было рассчитано акустическое давление на отражающей поверхности, которое после этого было использовано для расчета плотности энергии воздействия акустического взрыва на объекты, расположенные на земной поверхности.

Было получено, что, взрыв с тротильным эквивалентом 125 кг, проведенный на поверхности земли, является разрушительным для построек и человека. Также было показано, что с дальнейшим увеличением расстояния от поверхности земли взрыв становится не опасным для построек, но все еще представляет опасность для человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хайретдинов М. С., Ковалевский В. В., Воскобойникова Г. М., Седухина Г. Ф. Оценивание метеозависимых геоэкологических рисков от взрывов с помощью сейсмических вибраторов // Технологии сейсморазведки, 2016. № 3. С. 132–138.
2. Единые правила безопасности при взрывных работах: ПБ 13-01-92 : утв. Федеральным горным и промышленным надзором России 24.03.92: отм. в части. М.: НПО ОБТ, 1993. 238 с.
3. Краснов В. М., Дробжева Я. В., Маслов А. Н. Акустическое поле на земле при взрыве ракеты-носителя // Вестник НЯЦ, 2006. № 2. С. 79–85.
4. Заславский Ю. М., Заславский В. Ю. Моделирование акустического импульса, падающего на земную поверхность атмосферы: электронный журнал // Техническая акустика, 2012. № 6. С. 1–4.
5. Clayton R., Engquist B. Absorbing boundary conditions for acoustic and elastic wave equations // Bell. Seism. Soc. Am. 1977. V. 67, № 6. P. 1529–1540.

6. Engquist B., Majda A. Absorbing boundary conditions for numerical simulations of waves // *J. Math. Comp.*, 1977. V. 31, № 139. P. 629–652.
7. Ильгамов М. А., Гильманов А. Н. Неотражающие условия на границах расчетной области: учебник // М: Физматлит, 2003. 240 с.
8. Загидуллин Р. Р., Смирнов А. П., Матвеев С. А., Тыртышников Е. Е. Эффективный метод численного решения математической модели переноса коагулирующих частиц // *Вестн. моск. ун-та. Сер. 15. Вычисл. матем. и киберн.*, 2017. № 4. С. 28–34.

УДК 531.51

В. Г. ГРУЗДЕВ

Kyjjjep44@mail.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, А. А. КАСАТКИН

Уфимский государственный авиационный технический университет

РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

Аннотация. Целью данной работы является проверка применимости генетических алгоритмов в комбинации с градиентными методами для оптимизации траектории космического аппарата. Разработаны процедуры численного решения уравнений движения космического аппарата при межпланетном перелете с использованием импульсных включений двигателя. Для выбора оптимальных параметров управления использованы генетические алгоритмы, дополненные комбинацией с градиентным спуском.

Ключевые слова: генетический алгоритм; градиентный спуск; гравитационная задача; импульсное включение двигателя; оптимизация комбинацией генетических алгоритмов и градиентного спуска.

Интерес к космическим полетам появился достаточно давно, но только во второй половине 20 века это стало реальностью. Во времена первых полетов вычисление и планирование траекторий являлось трудоемким процессом, поэтому для решения таких задач стали активно использовать математическое моделирование с использованием больших ЭВМ.

Численные методы и математическое моделирование и сейчас являются важнейшими инструментами при планировании космических миссий, а также в теоретических исследованиях в области космологии и астрофизики. На данный момент с их помощью можно с высокой точностью предсказывать движения небесных тел в любой момент времени, как по известным параметрам орбит, так и путем прямого решения уравнений гравитационного взаимодействия N тел. Современные технологии открывают огромные возможности для моделирования эффекта управляющих воздействий и оптимизации траекторий полета космических аппаратов, делая такие расчеты и численные эксперименты доступными более широкому кругу заинтересованных исследователей.

Целью настоящей работы является проверка применимости генетических алгоритмов в комбинации с градиентными методами для оптимизации траектории космического аппарата.

Идея использования указанных алгоритмов и их комбинаций для задач расчета траекторий космических аппаратов ранее уже рассматривалась, например, в статьях [1–3], однако эти она не была представлена в виде некоторой целостной системы. В связи с этим, в настоящей работе предпринята попытка систематизировать данный процесс.

Прежде чем переходить к рассмотрению перемещения космического аппарата, следует описать динамику системы основных массивных объектов. Рассмотрим систему трех массивных гравитирующих объектов: Солнце (0) – Земля (1) – Марс (2). Уравнения движения системы можно записать в виде [4]:

$$\frac{dv_{1x}(t)}{dt} = -\frac{GM_0x_1(t)}{(x_1^2(t) + y_1^2(t))^{\frac{3}{2}}} + \frac{GM_2(x_2(t) - x_1(t))}{\left(\left(x_2(t) - x_1(t)\right)^2 + \left(y_2(t) - y_1(t)\right)^2\right)^{\frac{3}{2}}}$$

$$\frac{dv_{1y}(t)}{dt} = -\frac{GM_0y_1(t)}{(x_1^2(t) + y_1^2(t))^{\frac{3}{2}}} + \frac{GM_2(y_2(t) - y_1(t))}{\left(\left(x_2(t) - x_1(t)\right)^2 + \left(y_2(t) - y_1(t)\right)^2\right)^{\frac{3}{2}}}$$

$$\frac{dv_{2x}(t)}{dt} = -\frac{GM_0x_2(t)}{(x_2^2(t) + y_2^2(t))^{\frac{3}{2}}} - \frac{GM_1(x_2(t) - x_1(t))}{\left(\left(x_2(t) - x_1(t)\right)^2 + \left(y_2(t) - y_1(t)\right)^2\right)^{\frac{3}{2}}}$$

$$\frac{dv_{2y}(t)}{dt} = -\frac{GM_0y_2(t)}{(x_2^2(t) + y_2^2(t))^{\frac{3}{2}}} - \frac{GM_1(y_2(t) - y_1(t))}{\left(\left(x_2(t) - x_1(t)\right)^2 + \left(y_2(t) - y_1(t)\right)^2\right)^{\frac{3}{2}}}$$

$$\frac{dx_1(t)}{dt} = v_{1x}(t), \quad \frac{dy_1(t)}{dt} = v_{1y}(t), \quad \frac{dx_2(t)}{dt} = v_{2x}(t), \quad \frac{dy_2(t)}{dt} = v_{2y}(t),$$

где G – гравитационная постоянная, M_i – масса соответствующего объекта.

Далее вносим в систему массивных объектов космический аппарат (КА), совершающий перелет от Земли к Марсу, то есть от объекта-1 к объекту-2. При этом объект-0 (Солнце) будем считать неподвижным. Тогда перемещение КА будет описываться выражениями:

$$\begin{aligned} \frac{dv_x(t)}{dt} &= -G \frac{x(t)M_0}{\left((x(t))^2 + (y(t))^2\right)^{\frac{3}{2}}} + G \frac{(x(t) - x_1(t))M_1}{\left((x(t) - x_1(t))^2 + (y(t) - y_1(t))^2\right)^{\frac{3}{2}}} + \\ &\quad + G \frac{(x(t) - x_2(t))M_2}{\left((x(t) - x_2(t))^2 + (y(t) - y_2(t))^2\right)^{\frac{3}{2}}}, \\ \frac{dv_y(t)}{dt} &= -G \frac{y(t)M_0}{\left((x(t))^2 + (y(t))^2\right)^{\frac{3}{2}}} + G \frac{(y(t) - y_1(t))M_1}{\left((x(t) - x_1(t))^2 + (y(t) - y_1(t))^2\right)^{\frac{3}{2}}} + \\ &\quad + G \frac{(y(t) - y_2(t))M_2}{\left((x(t) - x_2(t))^2 + (y(t) - y_2(t))^2\right)^{\frac{3}{2}}}, \\ \frac{dx(t)}{dt} &= v_x(t), \quad \frac{dy(t)}{dt} = v_y(t). \end{aligned}$$

Для интегрирования уравнений движения использовалась библиотека SciPy [5].

На основе решения гравитационной задачи для космического аппарата при межпланетном перелете реализована корректировка его траектории с помощью импульсных включений двигателя в произвольные моменты времени, с разной долей выбрасываемого топлива под произвольным углом, согласно закону сохранения импульса. Для реализации импульсного включения, время, которое выделялось для моделирования траекторий, делилось на необходимо количество отрезков K . На каждом отрезке времени

$$v^k(t) = v(t), \quad r^k(t) = r(t), \quad t \in [t_{k-1}, t_k], \quad k = 1 \dots K,$$

решается отдельная задача Коши с начальными условиями в точке t_{k-1} , в моменты t_k происходит импульсное включение двигателя и скорость меняется скачком, становясь начальным условием для отрезка $[t_k, t_{k+1}]$. Записывая в индексной форме, получаем следующие соотношения:

$$\begin{aligned} \frac{dr^k}{dt} &= v^k, \quad \frac{dv^k}{dt} = A(r^k), \quad t \in [t_{k-1}, t_k], \quad k = 1 \dots K, \\ v^{k+1}(t_k) &= v^k(t_k) - \frac{m_f^k}{m - m_f^k} \begin{pmatrix} \cos \phi_k \\ \sin \phi_k \end{pmatrix} v_f, \quad v^0(t_0) = V^0, \quad x^0(t_0) = X^0 \end{aligned}$$

где k – номер отрезка времени, V^0, X^0 – скорость и положение аппарата перед первым импульсом.

Путем варьирования и подбора значений параметров импульсного включения двигателя осуществлялась оптимизация траектории космического аппарата. Оптимизация заключалась в минимизации расстояния между КА и Марсом (тело с индексом 2) с помощью реализованной комбинации генетического алгоритма и градиентного спуска.

Разработанный генетический алгоритм имеет следующую реализацию: скрещивание есть среднее значение параметров родителей; отбор проводится методом сигма-отсечения; выбор родителей случайный, где каждый набор параметров имеет равные шансы быть выбранным [6, 7].

Результат работы генетического алгоритма представлен на рис. 1 и рис. 2.

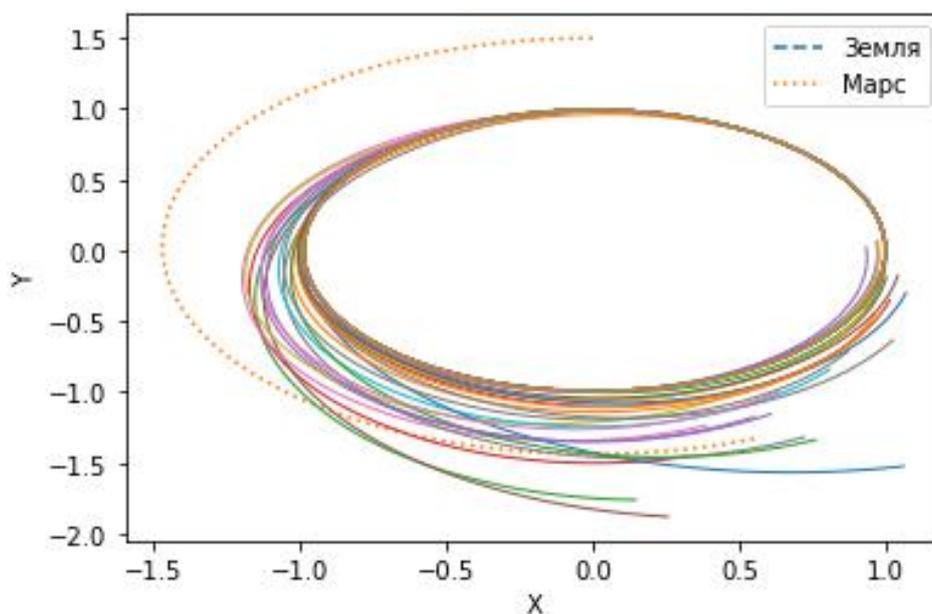


Рис. 1. Траектории всех наборов параметров после работы генетического алгоритма

На рис. 1 пунктирной линией показана траектория планеты Земля, точкой – Марс, а сплошной линией траектории космических аппаратов. Для более наглядного представления результата работы алгоритма, на рис. 2 представлена одна траектория КА, набор параметров которой имеет наилучший результат за все время работы генетического алгоритма.

Несмотря на то, что, судя по рис. 2, траектории Марса и КА близки, это не говорит о достижении максимально возможной оптимизации. Необходимо дополнительно оптимизировать полученный лучший набор параметров с помощью градиентного спуска.

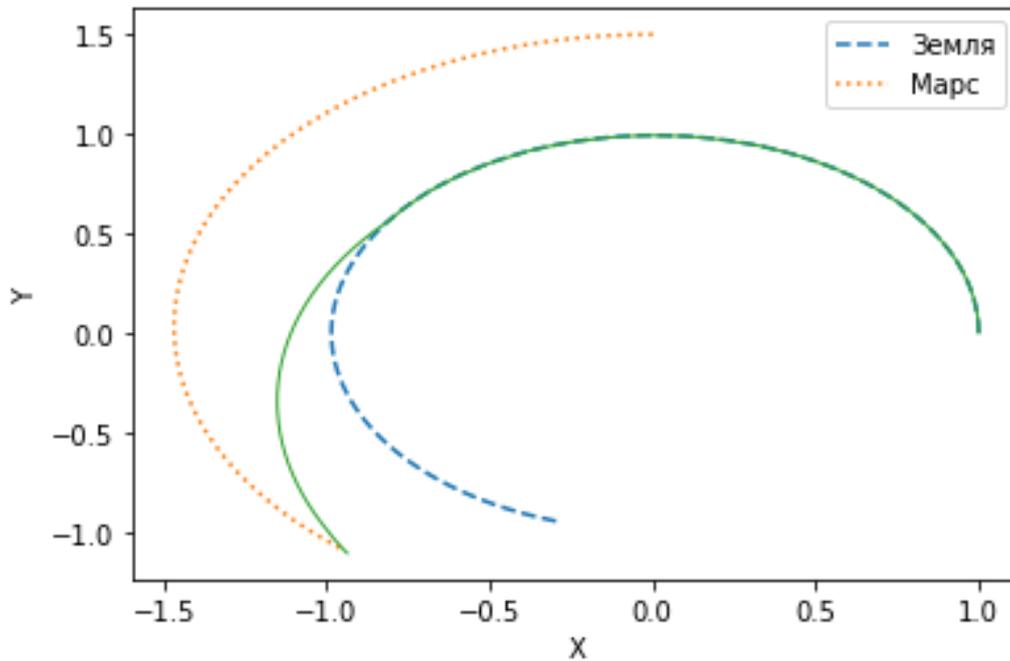


Рис. 2. Траектория лучшего набора параметров после работы генетического алгоритма

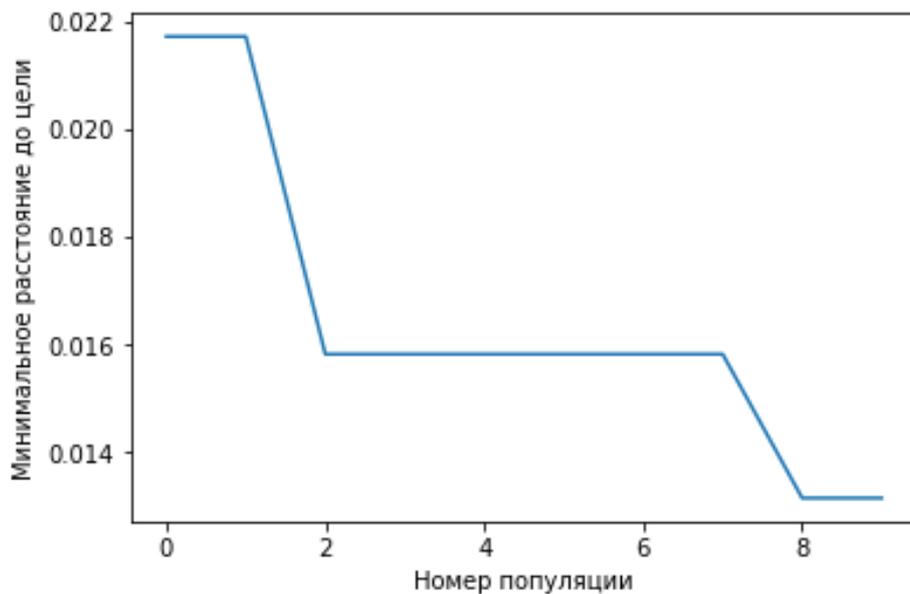


Рис. 3. График демонстрирующий процесс оптимизации целевого параметра с использованием генетического алгоритма.

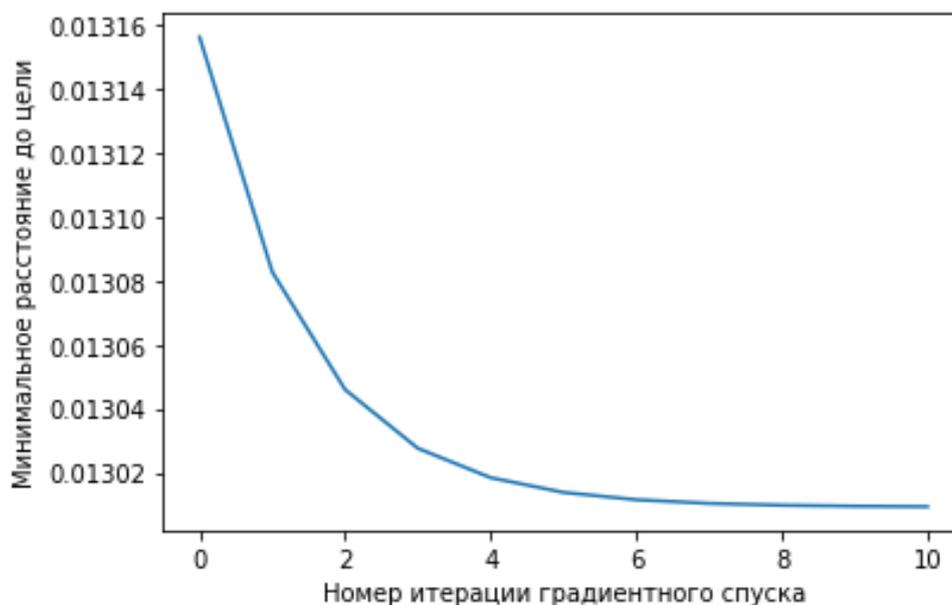


Рис. 4. График минимизации целевого параметра с методом градиентного спуска

На рис. 3 представлен график оптимизации с использованием генетического алгоритма. На рис. 4 показана история оптимизации набора параметров с использованием градиентного спуска. Анализ кривых, представленных на рис. 3 и рис. 4., позволяет сделать вывод о том, что применение метода градиентного спуска позволило улучшить результат оптимизации траектории космического аппарата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Yokoyama N., Suzuki S. Flight trajectory optimization using genetic algorithm combined with gradient method // Information Technology for Economics & Management. 2001. Т. 1, №. 1. С. 10.
2. Yokoyama N. Trajectory optimization of space plane using genetic algorithm combined with gradient method // 23rd International Congress of Aeronautical Sciences, Toronto, Canada. 2002. Т. 513, №. 10. С. 513.
3. Cage P., Kroo I., Braun R. Interplanetary trajectory optimization using a genetic algorithm //Astrodynamics Conference. 1994. С. 3773.
4. Щербаков С. С., Прибыток Д. Г., Жук Р. С. Решение задачи N тел применительно к моделированию планетарной системы // Механика. Научные исследования и учебно-методические разработки. 2011. С. 259–265.
5. Numpy and Scipy Documentation [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://docs.scipy.org/doc/>.
6. Гладков Л. А., Курейчик В. В., Курейчик В. М. Генетические алгоритмы: учебник. М. 2010. С. 366.
7. Курейчик В. М. Генетические алгоритмы // Известия Южного федерального университета. Технические науки. 1998. Т. 8, №. 2. С. 4-7.

УДК 001.891.57:519.711

М. Р. ИБАТУЛЛИН, А. М. КУБЛИЦКАЯ, Р. Р. КАРИМОВ

ibatullin.m@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Р. Р. КАРИМОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ТЕЛЕПОРТАЦИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ВИРТУАЛЬНОГО ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЕРСОНАЛА

Аннотация. Рассматривается процесс телепортации в производственных помещениях, включая алгоритма взаимодействия оператора с неподвижным объектом в помещении.

Ключевые слова: виртуальный тренажер; интерактивная графическая среда; производственный объект; телепорт; контроллер персонажа; контроллер столкновений; обработчик событий.

Введение

В настоящее время на производственных объектах организационно-технических систем подготовка персонала включает тренировку и аттестацию с применением виртуальных тренажеров. Для эффективного изучения технических процессов производственных объектов в виртуальных тренажерах необходима возможность быстрого перемещения по изучаемой локации.

Данная задача может решаться с помощью телепортации оператора (игрока).

Телепортация – быстрый перенос игрового персонажа из одной определенной точки виртуальной сцены в другую. Тренажер, в котором будет реализована телепортация, разработан на движке Unity3D. Unity3D – среда разработки трехмерных компьютерных игр с широкими возможностями программирования моделей движения объектов и физики их взаимодействия [2]. В тренажере реализована трехмерная модель производственного объекта, включая производственное здание и открытую площадку, переход персонажа между самыми дальними точками сцены представляет собой рутинную операцию и может занимать несколько минут. Для оперативного перемещения из производственного здания на открытую площадку и обратно требуется установить и настроить те-

лепорты, которые могут использоваться для отладки и тестирования (испытания) виртуального тренажера или иных целей.

Таким образом, целью работы является повышение эффективности разработки виртуального тренажера производственного объекта на основе технологии телепортации.

Решение поставленной задачи

Задача построения телепорта включает в себя следующие этапы:

- 1) настройка начальной и конечной точек телепортации (точка spawn);
- 2) разработка 3D модели телепорта;
- 3) разработка событийной модели телепорта и скрипта для переноса системы координат персонажа из начальной точки в конечную.

Устройство игрового персонажа в данном проекте представлено на рис. 1, одним из компонентов персонажа является Rigidbody, который отвечает за физические взаимодействия и необходим для реализации телепорта [2]. Для него нужно три компонента: скрипт, отвечающий за телепортацию, точка спавна (точка появления персонажа после телепортации), точка, откуда идет телепортация.

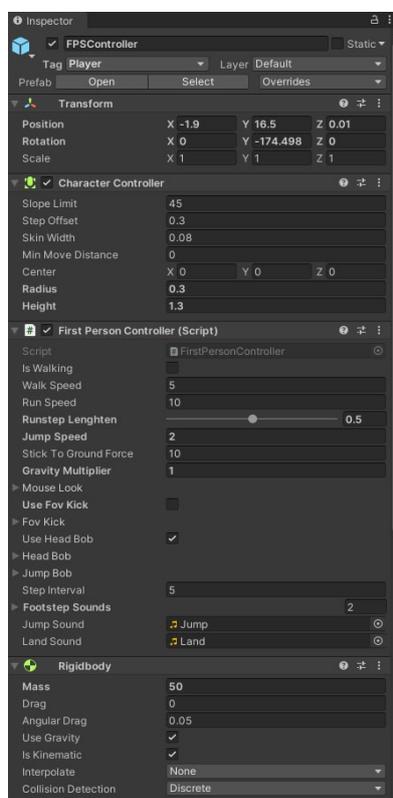


Рис. 1. Окно Инспектора (Inspector)

На рис. 2 показано, как реализована точка телепортации. Построена упрощенная 3D модель телепорта в виде куба.

Mesh render отвечает за отрисовку, box collider отвечает за фиксацию вхождения в зону коллайдера, material за цвет куба. Важным моментом является галочка на функции Is Trigger. Без нее скрипт работать не будет. Функция Is Trigger регистрирует столкновения с collider объекта [2].

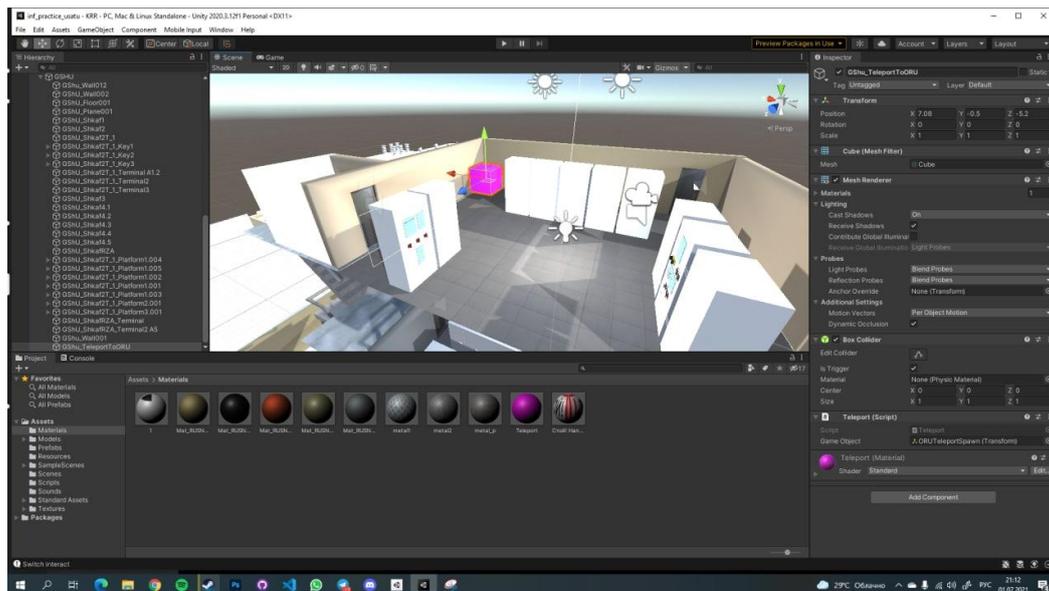


Рис. 2. Точка телепортации

Скрипт, который является компонентом телепорта, работает следующим образом: персонаж входит в коллайдер, и его координаты становятся равными координатам выбранного нами объекта. Код скрипта представлен на рис. 3.

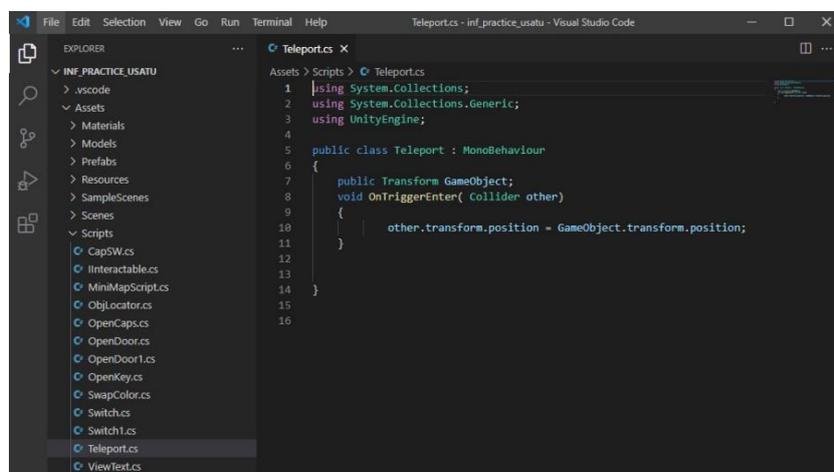


Рис. 3. Скрипт Teleport

Реализация точки спавна, которая представляет из себя пустой GameObject, представлена на рис. 4. На рис. 2 показано, что в окне инспектора, в скрипте, выбран ORUTeleportSpawn. Координаты этого объекта копирует скрипт.

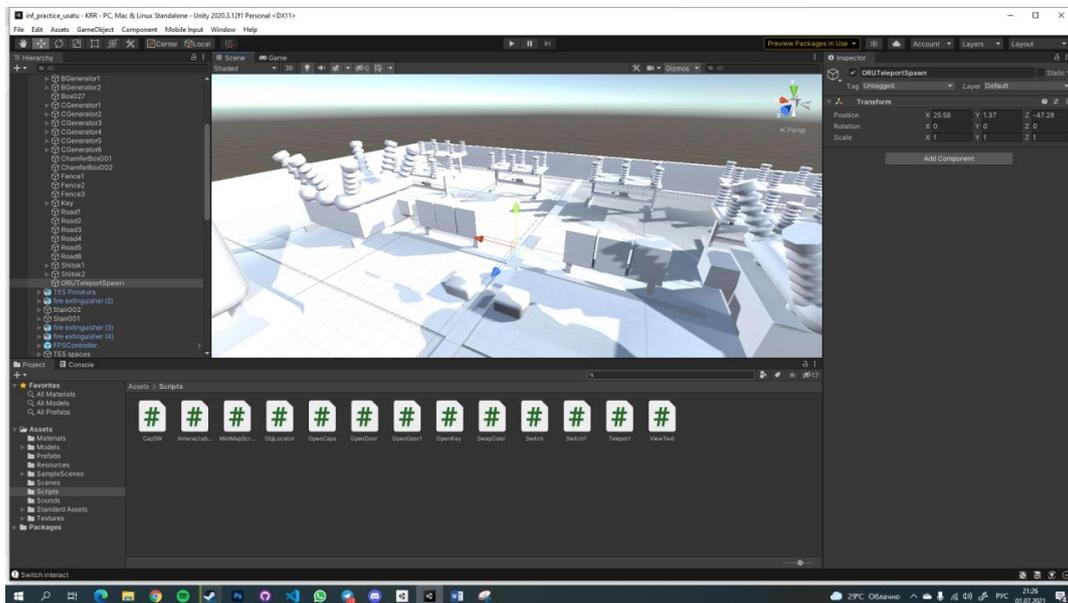


Рис. 4. Точка спавна

Выводы

В данном проекте была выполнена задача односторонней телепортации оператора в виртуальном тренажере, имитирующем модель реального производственного объекта.

Метод решения задачи может быть использован для любого проекта, требующего телепортацию на одной сцене.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каримов Р. Р., Кузьмина Е. А., Арсланов Т. Р., Макаев Р. А. Проектирование комплекса управления авиационно-космическими объектами на основе технологий смешанной реальности // Свободный полет-2018: сб. тр. Всерос. конф. Уфа-Жуковский, 2018. С. 73–75.
2. Руководство Unity URL: <https://docs.unity3d.com/ru/530/Manual> (дата обращения: 29.06.2021).

А. И. ИСЛАМОВ

leksar22@mail.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. С. А. МАЯКОВА

Уфимский государственный авиационный технический университет

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ДВУХФАЗНОГО ГАЗОЖИДКОСТНОГО ПОТОКА В ПРОМЫШЛЕННОМ ТРУБОПРОВОДЕ

Аннотация. В работе рассматривается моделирование установившегося двухфазного газожидкостного потока в системе промышленного трубопровода. Во взятой за основу модели Homogeneous Equilibrium Model (HEM) выполнен переход к термодинамическим координатам давления и температуры. Полученная в результате система дифференциальных уравнений позволяет описывать изменение давления и температуры транспортируемого продукта вдоль участка трубы с учетом теплообмена с окружающей средой. Выполнен расчет характеристик потока на участке трубопровода.

Ключевые слова: гомогенное течение; трубопровод; многофазное течение; вязкая сжимаемая жидкость; homogeneous equilibrium model; потеря давления; местное сопротивление.

При исследовании технологических процессов на промышленных предприятиях нефтегазовой отрасли одной из актуальных задач является расчет изменения давления и температуры смеси в трубопроводе для различных условий транспортировки. Для получения достоверных результатов при минимуме затрат требуется разработать эффективную математическую модель, качественно и количественно описывающую процессы в трубопроводе. Поскольку в большинстве случаев уравнения, описывающие поведение многофазных смесей, не позволяют получить их точное решение в аналитическом виде, то требуется привлечение численных методов. В связи с этим возникает задача разработки и реализации алгоритмов численного решения систем дифференциальных уравнений в частных производных, которые бы обладали высокой точностью и эффективностью.

Целью данной работы является построение численной схемы для расчета давления и температуры установившегося двухфазного потока в системе промышленного трубопровода.

Расчет характеристик течения в прямолинейном и поворотном участке трубы

Запишем систему уравнений, описывающих изменение давления и изменение энтропии [1], [2]:

$$\begin{cases} [1 - M^2] \frac{dp}{dl} = \left[\frac{1}{T} G^2 u \left. \frac{\partial u}{\partial s} \right|_p + 1 \right] \frac{\Delta p_f - \Delta p_{local}}{\Delta l} + G \left. \frac{\partial u}{\partial s} \right|_p \frac{1 - \frac{T_{env}}{T}}{A} - g \frac{\sin \theta}{u}, \\ T \frac{ds}{dl} = -u \frac{\Delta p_f - \Delta p_{local}}{\Delta l} - \frac{q}{AG}, \end{cases} \quad (1)$$

где p – давление; l – длина участка трубопровода; G – массовая скорость потока жидкости; u – удельный объем жидкости; Δp_f – потери давления вследствие трения; Δp_{local} – потери давления на местных сопротивлениях; h – удельная энтропия смеси; A – площадь поперечного сечения трубы; g – ускорение свободного падения; θ – угол подъема трубы относительно горизонта; $q = \frac{T - T_{env}}{R_\Sigma}$ – теплотери в окружающую среду на единицу длины, T – температура транспортируемого продукта; T_{env} – температура окружающей среды; R_Σ – суммарное термическое сопротивление теплопередачи между продуктом в трубопроводе и окружающей средой. $M = G \sqrt{-\left. \frac{\partial u}{\partial p} \right|_s}$ – число Маха.

Число Маха $M < 1$, что равносильно условию: $1 - M^2 > 0$. При нарушении условия выполнение расчетов прекращается [1].

Используя следующее универсальное термодинамическое соотношение [1]

$$ds = \frac{c_p}{T} dT - \left(\frac{\partial u}{\partial T} \right) \Big|_p dP, \quad (2)$$

при постоянной энтропии $s = const$, $ds = 0$ и $\left(\frac{dT}{dp} \right) \Big|_s = \frac{T}{c_p} \left(\frac{\partial u}{\partial T} \right) \Big|_p$ получим

$$\left(\frac{\partial u}{\partial p} \right) \Big|_s = \left(\frac{\partial u}{\partial p} \right) \Big|_T + \frac{T}{c_p} \left[\left(\frac{\partial u}{\partial T} \right) \Big|_p \right]^2. \quad (3)$$

При условии постоянного давления: $p = const$, $dp = 0$ и $\left(\frac{\partial s}{\partial T} \right) \Big|_p = \frac{c_p}{T}$ получим

$$\left(\frac{\partial u}{\partial s}\right)_p = \left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_p \left(\frac{\partial T}{\partial s}\right)_p = \left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_p \frac{T}{c_p}, \quad (4)$$

Используя выражения (2) – (4) вместе с системой (1) осуществим полный переход к термодинамическим координатам p и T . В результате получим систему уравнений, описывающую изменение давления и температуры вдоль прямолинейного участка трубопровода длины l :

$$\begin{cases} \frac{dp}{dl} = \frac{1}{1 - M^2} \left(\left[\frac{1}{T} G^2 u \frac{\partial u}{\partial s} \right]_p + 1 \right) \frac{\Delta p_f - \Delta p_{local}}{\Delta l} + G \frac{\partial u}{\partial s} \left|_p \frac{1 - \frac{T_{env}}{T}}{A} - g \frac{\sin \theta}{u} \right), \\ \frac{dT}{dl} = \frac{1}{c_p} \left(\frac{\partial u}{\partial T} \right)_p T \frac{dp}{dl} - u \frac{\Delta p_f - \Delta p_{local}}{\Delta l} - \frac{q}{AG} \right). \end{cases} \quad (5)$$

Для расчета давления и температуры вдоль поворотного участка (рис. 1) в системе (7) необходимо осуществить переход в полярную систему координат:

$$dl = 2r \sin \frac{\partial \varphi}{2},$$

$$\frac{d}{dl} = \frac{d}{d\varphi} \frac{d\varphi}{dl} = \frac{d}{d\varphi} \frac{1}{r \cos \frac{d\varphi}{2}}.$$

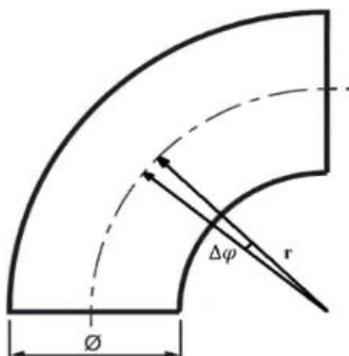


Рис. 1. Поворотный участок трубы

Для расчета значений удельной теплоемкости воды использовалась интерполирующая функция $c_p(p, T)$, зависящая от двух переменных, полученная методом бикубической интерполяции. Данный метод гарантирует непрерывность первых и смешанных производных, а также обеспечивает высокую степень гладкости функции.

Учет потерь давления на местных сопротивлениях

При моделировании потока необходимо учесть местное сопротивление, которые вызывают резкую деформацию течения. Потери давления на местных сопротивлениях определяются по формуле Вейсбаха [3]:

$$\Delta p = \zeta \frac{v^2}{2} \rho. \quad (6)$$

где ζ – коэффициент местного сопротивления, зависящий от геометрии местного сопротивления и числа Рейнольдса потока, v – средняя скорость потока, ρ – плотность транспортируемого продукта.

В тестируемом трубопроводе имеются участки с сужением/расширением, имитирующие вентили (рис. 2 и рис. 3 соответственно) [3]:

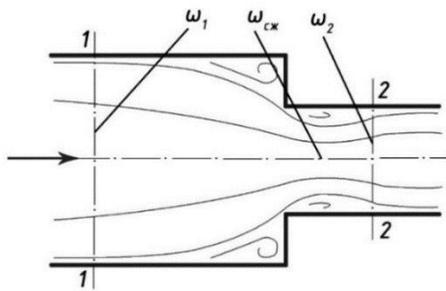


Рис. 2. Внезапное сужение

$$\zeta_{\text{вн.с}} = 0.5 \cdot \left(1 - \frac{\omega_2}{\omega_1}\right).$$

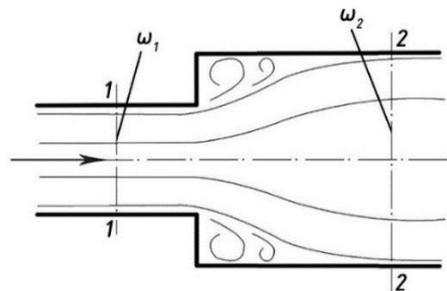


Рис. 3. Внезапное расширение

$$\zeta_{\text{вн.р.}} = \left(1 - \frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^2$$

Слияние и разделение потоков

Для решения задачи распределения потоков при их слиянии/разделении составляется уравнение баланса мощностей [4] для контрольного объема, выделенного сечениями 1 – 1, 2 – 2 и 3 – 3:

$$\rho g Q_1 H_{e1} \pm \rho g Q_3 H_{e3} = \rho g Q_2 H_{e2} + N_f, \quad (7)$$

после чего применяется методика последовательных приближений, с использованием ряда допущений, описанных в [4]. Перерасчет температуры в узлах слияния/разделения потоков описан в работе [5].

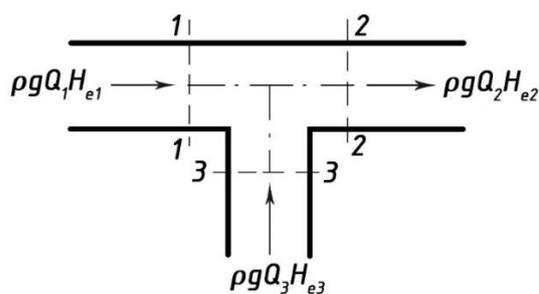


Рис. 4. Слияние потоков

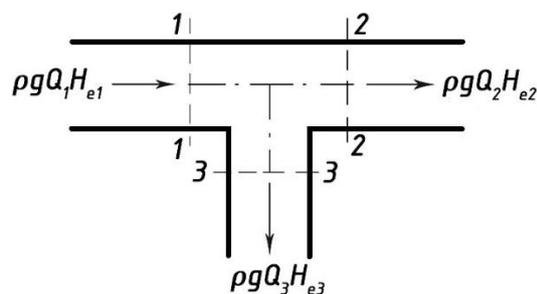


Рис. 5. Разделение потоков

На рис. 4 и рис. 5 схематично изображено слияние и разделение потоков и также указана мощность, выносимая каждым сечением.

Демонстрация результатов

В качестве первого примера рассмотрим модель трубопровода, изображенную на рис. 6. Она представляет из себя 34 последовательно соединенных участка: 19 прямолинейных участков, 9 поворотных участков и 6 участков с внезапным сужением/расширением.

Дано: $P_{\text{нач}} = 0.2$ МПа, $T_{\text{нач}} = 323$ К. Параметры системы: $T_{\text{env}} = 303$ К, $R_{\Sigma} = 0.5$, $l_{\text{горизонт.}} = 20$ м, $l_{\text{подъем.}} = 1$ м, вода-воздух.

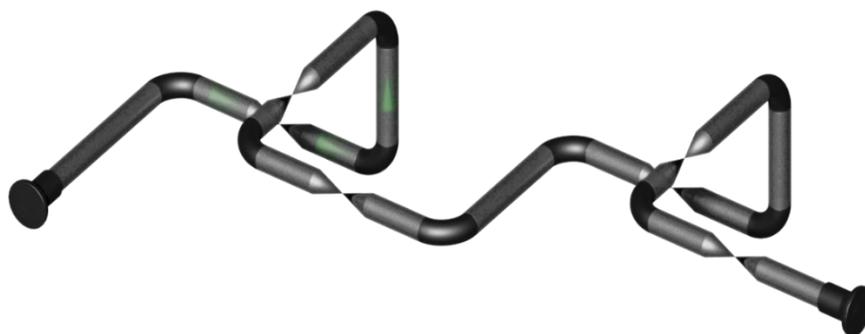


Рис. 6. Тестовая модель № 1

На рис. 7 и 8 представлены значения давления и температуры на каждом участке соответственно. Резкие потери давления наблюдаются на подъемных участках и участках с внезапными сужениями/расширениями. В силу малого диаметра трубы и малого коэффициента R_{Σ} температура транспортируемого продукта резко опускается до температуры окружающей среды.



Рис. 7. Динамика давления



Рис. 8. Динамика температуры

В качестве второго примера рассматривается трубопровод с источниками и потребителями, представленный на рис. 9. В точках 2, 3, 9 и 7 расположены узлы слияния и разделения потоков.

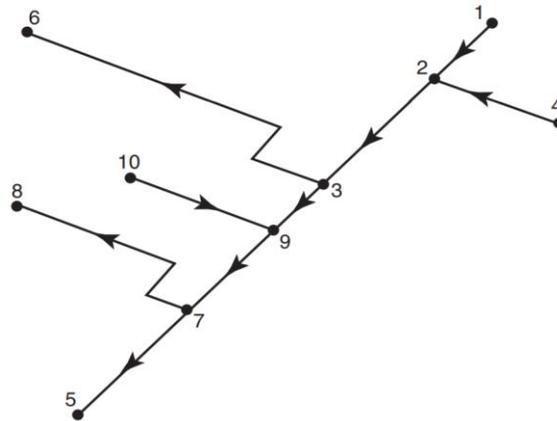


Рис. 9. Тестовая модель №2

Таблица 1

Исходные данные (система вода-воздух)

Ветвь	Расход, кг/ч	Длина, м	Диаметр, мм	Давление, Мпа		Температура, °С	
				Начальное	Конечное	Начальная	Конечная
1 - 2	1565,9	10	50	0,2	-	30	-
2 - 3	3190,9	13	80	-	-	-	-
3 - 9	190,9	9,2	50	-	-	-	-
10 - 9	2809,2	10	50	0,2	-	50	-
9 - 7	3000,1	13,8	50	-	-	-	-
7 - 8	1000	27,2	40	-	-	-	-
7 - 5	3000	27	50	-	-	-	-
3 - 6	3000	43,2	50	-	-	-	-
4 - 2	1625,1	10	50	0,2	-	40	-

Ниже представлены результаты вычислений на каждом из участков.

Результаты

Ветвь	Давление, Мпа		Температура, °С	
	Начальное	Конечное	Начальная	Конечная
1 - 2	0,2	0,197	30	28,098
2 - 3	0,197	0,1958	32,17	30,9
3 - 9	0,1958	0,1917	30,9	22,878
10 - 9	0,2	0,1917	50	49,1
9 - 7	0,1917	0,19018	48,55	46,989
7 - 8	0,19018	0,18901	46,989	39,647
7 - 5	0,1912	0,18547	46,989	41,4
3 - 6	0,1958	0,18491	30,9	22,87
4 - 2	0,2	0,197	40	38,124

Таким образом, реализована система для осуществления гидравлического расчета при имитации потокораспределения системы "вода-воздух" и произведена серия тестов при различных параметрах системы трубопровода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабенко А. В., Корельштейн Л. Б., Гартман Т. Н. Математическое моделирование установившегося течения двухфазных газо-жидкостных потоков в промышленных трубопроводах. Расчет ветвей // Химическая технология. 2012. №7. С. 429–440.
2. Уоллис Г. Одномерные двухфазные течения: учебное пособие. М. : Мир, 1972. 220 с.
3. Клеванский М. В. Гидрогазодинамика [Электронный ресурс]: учебное пособие. Уфа: УГАТУ, 2013. Режим доступа: http://e-library.ufa-rb.ru/dl/lib_net_r/Klevanskiy_Gidrogazodinamika_2013.pdf
4. Гиргидов А. Д. Техническая механика жидкости и газа: учебник для вузов. СПб: Изд-во СПбГТУ, 1999. 395 с.
5. Бабенко А. В., Корельштейн Л. Б., Гартман Т. Н. Расчет потокораспределения для двухфазного газожидкостного течения в промышленных разветвленных трубопроводах // Технологии нефти и газа. 2012. №3. С. 29–33.

Р. В. ИСХАКОВА

iskhakova_roz@mail.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук А. А. ГАЙНЕТДИНОВА

Уфимский государственный авиационный технический университет

**ПРИМЕР ПОНИЖЕНИЯ ПОРЯДКА ОБЫКНОВЕННЫХ
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ,
ИМЕЮЩИХ КОНТАКТНЫЕ СИММЕТРИИ**

Аннотация. В работе для известной алгебры Ли контактных симметрий построено обыкновенное дифференциальное уравнение 3-го порядка, на примере этого уравнения представлена модификация алгоритма последовательного понижения порядка.

Ключевые слова: обыкновенное дифференциальное уравнение; алгебры Ли операторов; контактные преобразования; дифференциальные инварианты; оператор инвариантного дифференцирования.

В работах [1-2] приведен алгоритм понижения порядка систем обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ), размерность алгебры Ли точечных симметрий которых совпадает с порядком системы. Возникает вопрос: применим ли этот алгоритм в случае, когда ОДУ допускает не точечные, а контактные преобразования. В [3] доказана модифицированная теорема о понижении порядка ОДУ с контактными симметриями. Приведем здесь ее формулировку.

Теорема. Пусть ОДУ n -го порядка

$$y^{(P)} = f(x, y, y', \dots, y^{(P-1)})$$

допускает P -мерную алгебру Ли контактных симметрий, заданной операторами

$$X_i = \xi_i(x, y, y') \frac{\partial}{\partial x} + \eta_i(x, y, y') \frac{\partial}{\partial y}, i = 1, \dots, P,$$

и представима через дифференциальные инварианты I_q, I_P этой алгебры Ли в виде

$$I_P = F(I_q),$$

q и P – порядки дифференциальных инвариантов. Пусть для допускаемой алгебры Ли существует ОИД со множителем специального вида

$$\lambda = \frac{1}{D_x \Phi}.$$

Тогда справедливо соотношение

$$\frac{dI_q}{H(I_q)} = d\Phi,$$

с некоторой функцией H , решение которого дает первый интеграл $W(I, \Phi) = C$. Полученное в результате уравнение $(P - 1)$ -го порядка допускает алгебру L_{P-1} . ■

Для иллюстрации алгоритма рассмотрим алгебру Ли операторов

$$X_1 = \frac{\partial}{\partial y}, \quad X_2 = x \frac{\partial}{\partial x} + y \frac{\partial}{\partial y}, \quad X_3 = y' \frac{\partial}{\partial x} + \frac{y'^2}{2} \frac{\partial}{\partial y}, \quad (1)$$

построим для нее инвариантное ОДУ третьего порядка и применим к этому уравнению процедуру понижения порядка, описанное в [3].

Для этого выполним продолжение операторов до третьей производной включительно

$$X_i^{(3)} = p \frac{\partial}{\partial x} + q^0 \frac{\partial}{\partial y} + q^1 \frac{\partial}{\partial y'} + q^2 \frac{\partial}{\partial y''} + q^3 \frac{\partial}{\partial y'''}, \quad i = 1, 2, 3,$$

где продолженные координаты определяются по следующим формулам

$$q_i^1 = (q_x^0 + y' q_y^0) - y'(p_x + y' p_y),$$

$$q_i^2 = D_x(q_i^1) - y'' D_x(p),$$

$$q_i^3 = D_x(q_i^2) - y''' D_x(p),$$

здесь $i = 1, 2, 3$, D_x – оператор полной производной.

Продолжения операторов (1) имеют следующий вид

$$X_1^{(3)} = \frac{\partial}{\partial y};$$

$$X_2^{(3)} = x \frac{\partial}{\partial x} + y \frac{\partial}{\partial y} - y'' \frac{\partial}{\partial y''} - 2y''' \frac{\partial}{\partial y'''};$$

$$X_3^{(3)} = y' \frac{\partial}{\partial x} + \frac{y'^2}{2} \frac{\partial}{\partial y} - y''^2 \frac{\partial}{\partial y''} - 3y'' y''' \frac{\partial}{\partial y'''}.$$

Теперь найдем инварианты этой алгебры Ли. Для этого решим систему уравнений в частных производных вида

$$\begin{cases} I_y = 0 \\ xI_x + yI_y - y''I_{y''} - 2y'''I_{y'''} = 0 \\ y'I_x + \frac{y'^2}{2}I_y - y''^2I_{y''} - 3y''y'''I_{y'''} = 0 \end{cases}.$$

Получим, что данная алгебра Ли имеет два дифференциальных инварианта: первого и третьего порядков соответственно:

$$I_1 = y', I_3 = -\frac{y'''}{(xy'' - y')y''^2}.$$

Таким образом, ОДУ третьего порядка, инвариантное относительно алгебры Ли, заданной операторами (1), имеет вид

$$I_3 = F(I_1).$$

Для демонстрации алгоритма понижения порядка ОДУ рассмотрим частный случай

$$I_3 = I_1 \quad (2)$$

или

$$y''' = (y' - xy'')y'y''^2. \quad (2')$$

Для понижения порядка ОДУ согласно алгоритму построим оператор инвариантного дифференцирования (ОИД) λD_x со множителем вида

$$\lambda = \frac{1}{D_x \Phi},$$

где функция $\Phi = \Phi(x, y, y', y'')$ находится как частное решение следующей системы линейных неоднородных уравнений в частных производных

$$\begin{cases} X_1^{(2)}\Phi = 0 \\ X_2^{(2)}\Phi = 1 \\ X_3^{(2)}\Phi = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \Phi_y = 0 \\ x\Phi_x + y\Phi_y - y''\Phi_{y''} = 1 \\ y'\Phi_x + \frac{y'^2}{2}\Phi_y - y''^2\Phi_{y''} = 0 \end{cases}. \quad (3)$$

Коэффициенты $A_s, s = 1, 2, 3$, правой части (3) являются частным ненулевым решением системы линейных алгебраических уравнений

$$\sum_{s=1}^3 c_{ij}^s A_s = 0, i, j = 1, 2, 3,$$

здесь c_{ij}^s – структурные константы алгебры Ли.

Решив систему (3), получим

$$\Phi = \ln \left(x - \frac{y'}{y''} \right). \quad (4)$$

Вычислим полный дифференциал от (4):

$$D_x \Phi = \frac{1}{x - \frac{y'}{y''}} + \frac{y'' \left(-\frac{1}{y''} \right)}{x - \frac{y'}{y''}} + \frac{y'''}{x - \frac{y'}{y''}} \left(\frac{y'}{y''^2} \right) = \frac{y'' y'}{\left(x - \frac{y'}{y''} \right) y''^2} = \frac{y'' y'}{x y''^2 - y' y''}.$$

Тогда ОИД имеет вид

$$\lambda = \frac{x y''^2 - y' y''}{y''' y'} D_x. \quad (5)$$

Теперь подействуем оператором (5) на инвариант первого порядка с учетом выражения (2)

$$\frac{x y''^2 - y' y''}{y''' y'} D_x (I_1) \Big|_{I_3=I_1} = \frac{y'' (x y''^2 - y' y'')}{y''' y'} \Big|_{I_3=I_1} = -\frac{1}{y'^2} = -\frac{1}{I_1^2}.$$

Отсюда получим

$$-I_1^2 dI_1 = d\Phi.$$

Интегрируя полученное дифференциальное уравнение имеем

$$\Phi = -\frac{I_1^3}{3} + C_1,$$

где C_1 – константа интегрирования.

Таким образом, мы понизили порядок исходного уравнения и получили ОДУ второго порядка

$$y'' = \frac{y'}{x - \exp \left(C_1 - \frac{y'^3}{3} \right)}. \quad (6)$$

Получившееся уравнение допускает два оператора X_1 и X_3 , следовательно, вышеописанную процедуру можно применить к полученному уравнению

второго порядка. Заметим, что функции I_1 и Φ являются инвариантами двумерной алгебры Ли, натянутой на операторы X_1 и X_3 .

Построим оператор инвариантного дифференцирования. Определим функцию $\Phi_1 = \Phi_1(x, y, y')$

$$\begin{cases} X_1^{(1)}\Phi_1 = 0 \\ X_3^{(1)}\Phi_1 = 1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \Phi_{1y} = 0 \\ y'\Phi_{1x} + \frac{y'^2}{2}\Phi_{1y} = 1 \end{cases} \Rightarrow \Phi_1 = \frac{x}{y'}.$$

Следовательно, ОИД будет иметь вид

$$\frac{y'^2}{y' - y''x} D_x.$$

Применим этот оператор к инварианту младшего порядка I_1 с учетом (6)

$$\left. \frac{y'^2}{y' - y''x} D_x(I_1) \right|_{(6)} = \left. \frac{y'^2 y''}{y' - y''x} \right|_{(6)} = - \frac{I_1^2}{\exp\left(C_1 - \frac{I_1^3}{3}\right)}.$$

Отсюда получим

$$- \frac{\exp\left(C_1 - \frac{I_1^3}{3}\right)}{I_1^2} dI_1 = d\Phi_1.$$

Проинтегрировав полученное уравнение, найдем решение вида

$$\frac{1}{10I_1} \left(3\sqrt[3]{3}I_1^2 \exp\left(\frac{I_1^3}{6}\right) M_{\frac{1.5}{3.6}}\left(\frac{I_1^3}{3}\right) + 5I_1^3 + 10 \right) \exp\left(C_1 - \frac{I_1^3}{3}\right) = \Phi + C_2,$$

которое является первым интегралом уравнения (6). Здесь C_2 – константа интегрирования, $M_{\frac{1.5}{3.6}}(z)$ – функция Уиттекера. Полученное ОДУ первого порядка допускает оператор

$$X_1 = \frac{\partial}{\partial y}.$$

Следовательно, процедуру можно повторить и получить решение ОДУ (2') в виде

$$H(x, y, C_1, C_2) = C_3,$$

где C_3 – константа интегрирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гайнетдинова А. А. Интегрирование систем обыкновенных дифференциальных уравнений, размерность алгебры точечных симметрий которых совпадает с порядком системы: дис. ... канд. ф.-м. наук: защищена 11.12.19 : утв. 21.10.2020. Уфа, 2019. 113 с.
2. Газизов Р. К., Гайнетдинова А. А. Оператор инвариантного дифференцирования и его применение для интегрирования систем обыкновенных дифференциальных уравнений // Уфимский математический журнал. 2017. Т. 9, № 4. С. 12–21.
3. Исхакова Р. В. Алгоритм понижения порядка обыкновенных дифференциальных уравнений, допускающих алгебру Ли контактных симметрий: Выпускная квалификационная работа. Уфа, 2021. 42 с.

Е. А. КИСЛЯКОВА

merlinmkean@gmail.com

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. Т. Г. КАЗАКОВА

Уфимский государственный авиационный технический университет

ПОИСК ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ ДЛЯ ИНТЕГРИРУЕМЫХ ДИСКРЕТНЫХ УРАВНЕНИЙ МЕТОДОМ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДСТАНОВКИ

Аннотация. В данной работе рассматриваются граничные условия дискретных интегрируемых уравнений, совместимые с $L - A$ парой, обзор найденных граничных условий и постановка задачи для поиска новых интегрируемых редукций дискретной цепочки Гейзенберга.

Ключевые слова: дискретное уравнение; дифференциально-разностное уравнение; граничное условие; динамические переменные.

Введение

Будем рассматривать дискретные цепочки типа цепочки Тоды на пятиточечном шаблоне (рис. 1)

$$q_{m+1,n} = f(q_{m+1,n}, q_{m-1,n}, q_{m,n+1}, q_{m,n-1}), \quad (1)$$

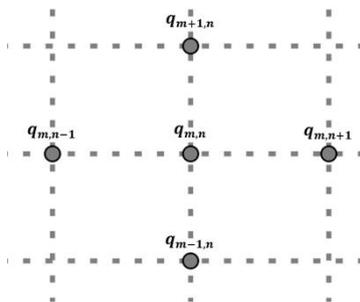


Рис. 1. Квадратная решетка для уравнения типа Тоды

где $q = q_{m,n}$ – функции, определенные на пространстве $Z \times Z$. Переменную m интерпретируем как дискретное время, n как дискретную пространственную переменную [1].

Одним из признаков интегрируемости системы уравнений является существование ее представления в виде условия совместности двух линейных уравнений ($L - A$ пара). Именно на этом свойстве интегрируемой дискретной системы основаны работы [2], [3], в которых приведены граничные условия, совме-

стимые с $L - A$ парой, построены интегралы движения и показана интегрируемость в квадратурах полученных конечномерных редукций.

В настоящей работе будем исследовать дискретный аналог уравнения Гейзенберга

$$(T_m - 1) \frac{1}{q_{m,n} - q_{m-1,n}} = (T_n - 1) \frac{1}{q_{m,n} - q_{m,n-1}} \quad (2)$$

из списка интегрируемых дискретных цепочек типа цепочки Тоды (1). В секции 1 даны основные определения по данной теме. В секции 2 рассмотрен случай, когда граничное условие для дискретной модели Гейзенберга совместимо с L, A парой, и ей соответствует матрица $H = H(m, \lambda)$, которая не зависит от динамических переменных. Секция 3 посвящена случаю, когда матрица $H = H(m, q_{m-1,1}, \lambda)$ зависит от одной динамической переменной. В секции 4 представлен случай, когда матрица $H = H(m, q_{m,1}, q_{m-1,1}, \lambda)$ зависит от двух динамических переменных.

1. Граничные условия, совместимые с $L - A$ парой

Пусть (1) равносильно матричному уравнению

$$L_{m+1,n}(\lambda)A_{m,n}(\lambda) = A_{m,n+1}(\lambda)L_{m,n}(\lambda) \quad (3)$$

являющемуся условием интегрируемости системы двух линейных уравнений

$$Y_{m,n+1}(\lambda) = L_{m,n}(\lambda)Y_{m,n}(\lambda), \quad (4)$$

$$Y_{m+1,n}(\lambda) = A_{m,n}(\lambda)Y_{m,n}(\lambda) \quad (5)$$

где $L_{m,n}$ и $A_{m,n}$ – квадратные матрицы размерности 2×2 , зависящие от конечного числа сдвигов переменной $q_{m,n}$ и параметра λ .

На бесконечную цепочку (1) в точке $n = N$ накладывается граничное условие вида

$$q_{m,N} = F(m, q_{m,N+1}, q_{m-1,N+1}, \dots, q_{m,N+M}, q_{m-1,N+M}) = F(m, [q_{m-1}, q_m]), \quad (6)$$

сводящее цепочку к системе уравнений с номерами $n \geq N+1$.

Определение. Граничное условие (6) называется совместимым с $L - A$ парой (3), если уравнение (4) в пространственной точке $n = 1$

$$Y_{m+1,1}(\lambda) = A_{m,1}(\lambda) \Big|_{q_{m,0}=F} Y_{m,1}(\lambda) \quad (7)$$

обладает дополнительной точечной симметрией вида

$$\tilde{Y}_{m,1}(\lambda) = H(m, [q_{m-1}, q_m], \lambda) Y_{m,1}(\lambda), \quad \tilde{\lambda} = h(\lambda) \quad (8)$$

Из определения следует, что должно быть выполнено следующее равенство

$$H(m+1, [q_m, q_{m+1}], \lambda) A_{m,1}(\lambda) = A_{m,1}(\tilde{\lambda}) H(m, [q_{m-1}, q_m], \lambda) \quad (9)$$

Уравнение (9) является основным для определения интегрируемых граничных условий. Оно содержит три неизвестных функции (граничное условие $F(m, [q])$, инволюцию $\bar{\lambda}$, матрицу $H(m, [q_{m-1}, q_m], \lambda)$), и имеет бесконечное множество решений. Однако, если зафиксировать набор аргументов одной из функций $H(m, [q], \lambda)$ или $F(m, [q])$, (т.е. зафиксировать k или M), то возникают дополнительные условия, и искомые функции удастся найти.

2. $H = H(m, \lambda)$ не зависит от динамических переменных

Дискретному уравнению Гейзенберга (2) соответствует L, A пара

$$L_{m,n} = \begin{pmatrix} \lambda - \frac{q_{m-1,n}}{q_{m,n} - q_{m-1,n}} & -\frac{q_{m,n} q_{m-1,n}}{q_{m,n} - q_{m-1,n}} \\ \frac{1}{q_{m,n} - q_{m-1,n}} & \lambda + \frac{q_{m,n}}{q_{m,n} - q_{m-1,n}} \end{pmatrix},$$

$$A_{m,n} = \begin{pmatrix} \lambda - \frac{q_{m,n-1}}{q_{m,n} - q_{m,n-1}} & -\frac{q_{m,n} q_{m,n-1}}{q_{m,n} - q_{m,n-1}} \\ \frac{1}{q_{m,n} - q_{m,n-1}} & \lambda + \frac{q_{m,n}}{q_{m,n} - q_{m,n-1}} \end{pmatrix}.$$

Рассмотрим случай, когда граничное условие (6) для дискретной модели Гейзенберга (2) совместимо с L, A парой, и ему соответствует матрица $H = H(m, \lambda)$, которая не зависит от динамических переменных, т.е. зависит только от временной переменной m и параметра λ . Матричное уравнение (9) представляется в виде системы четырех функциональных уравнений, решением которых является граничное условие

$$q_{m,0} = \frac{c q_{m,1} + (-1)^m a}{c + (-1)^m b q_{m,1}},$$

где a, b, c – произвольные постоянные $a^2 + b^2 \neq 0, c^2 \neq 0$, инволюция $\bar{\lambda} = -\lambda - 1$ и матрица

$$H(m, \lambda) = \begin{pmatrix} 1 & (-1)^m ac(2\lambda + 1) \\ (-1)^m bc(2\lambda + 1) & 1 \end{pmatrix}.$$

Подробное нахождение граничного условия описано в работе [2].

3. $H = H(m, q_{m-1,1}, \lambda)$ зависит от одной динамической переменной

Обозначим элементы матрицы $H(m, q_{m-1,1}, \lambda)$ через $h_{ij}(m, q_{m-1,1}, \lambda)$ и $\bar{H}(m+1, q_{m,1}, \lambda)$ через $\bar{h}_{ij}(m+1, q_{m,1}, \lambda)$. Будем искать элементы матрицы H как линейные функции динамических переменных $q_{m-1,1}$, а \bar{H} как линейные функции динамических переменных $q_{m,1}$:

$$h_{ij}(m, q_{m-1,1}, \lambda) = a_{ij}(m, \lambda)q_{m-1,1} + b_{ij}(m, \lambda),$$

$$\bar{h}_{ij}(m+1, q_{m,1}, \lambda) = \bar{a}_{ij}(m+1, \lambda)q_{m,1} + \bar{b}_{ij}(m+1, \lambda).$$

Тогда для дискретной модели Гейзенберга основная система уравнений (9) принимает вид

$$\begin{aligned} & (\bar{a}_{11}q_{m,1} + \bar{b}_{11})\lambda - (a_{11}q_{m-1,1} + b_{11})\bar{\lambda} + \\ & + (\bar{a}_{11}q_{m,1} + \bar{b}_{11} - (\bar{a}_{11}q_{m,1} + \bar{b}_{11})F + a_{11}q_{m-1,1} + b_{11} + a_{21}q_{m-1,1} + b_{21}) \times \\ & \times \frac{1}{q_{m,1} - F} = 0 \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} & (\bar{a}_{12}q_{m,1} + \bar{b}_{12})\lambda - (a_{12}q_{m-1,1} + b_{12})\bar{\lambda} + \\ & + ((\bar{a}_{12}q_{m,1} + \bar{b}_{12})q_{m,1} - (a_{12}q_{m-1,1} + b_{12})F) \times \frac{1}{q_{m,1} - F} + \\ & + ((a_{22}q_{m-1,1} + b_{22} + \bar{a}_{11}q_{m,1} + \bar{b}_{11})q_{m,1}F) \times \frac{1}{q_{m,1} - F} = 0 \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} & (\bar{a}_{21}q_{m,1} + \bar{b}_{21})\lambda - (a_{21}q_{m-1,1} + b_{21})\bar{\lambda} + \\ & + (\bar{a}_{22}q_{m,1} + \bar{b}_{22} - (\bar{a}_{21}q_{m,1} + \bar{b}_{21})F + a_{11}q_{m-1,1} + b_{11}) \times \frac{1}{q_{m,1} - F} + \\ & + ((a_{21}q_{m-1,1} + b_{21})q_{m,1}) \times \frac{1}{q_{m,1} - F} = 0 \end{aligned} \quad (12)$$

$$(\bar{a}_{22}q_{m,1} + \bar{b}_{22})\lambda - (a_{22}q_{m-1,1} + b_{22})\bar{\lambda} +$$

$$\begin{aligned}
& + \left((\bar{a}_{22}q_{m,1} + \bar{b}_{22})q_{m,1} - (\bar{a}_{21}q_{m,1} + \bar{b}_{21})q_{m,1}F \right) \times \frac{1}{q_{m,1} - F} \\
& + \left((a_{22}q_{m-1,1} + b_{22})q_{m,1} + a_{12}q_{m-1,1} + b_{12} \right) \times \frac{1}{q_{m,1} - F} = 0 \quad (13)
\end{aligned}$$

где $q_{m,0} = F(m, q_{m,1}, q_{m-1,1})$.

Анализ системы (10)–(13) показал, что при данных предположениях матрица $H(m, q_{m-1,1}, \lambda)$ не зависит от динамических переменных.

4. $H = H(m, q_{m,1}, q_{m-1,1}, \lambda)$ зависит от двух динамических переменных

Будем искать элементы матриц H и \bar{H} как линейные функции переменных $q_{m-1,1}, q_{m,1}$ и $q_{m,1}, q_{m+1,1}$:

$$\begin{aligned}
h_{ij}(m, q_{m,1}, q_{m-1,1}, \lambda) &= a_{ij}(m, \lambda)q_{m,1} + b_{ij}(m, \lambda)q_{m-1,1} + c_{ij}(m, \lambda), \\
\bar{h}_{ij}(m+1, q_{m+1,1}, q_{m,1}, \lambda) &= \bar{a}_{ij}(m+1, \lambda)q_{m+1,1} + \bar{b}_{ij}(m+1, \lambda)q_{m,1} + \\
&+ \bar{c}_{ij}(m+1, \lambda).
\end{aligned}$$

Тогда для дискретной модели Гейзенберга основная система уравнений (10) – (13) принимает вид

$$\begin{aligned}
& (\bar{a}_{11}q_{m+1,1} + \bar{b}_{11}q_{m,1} + \bar{c}_{11})\lambda - (a_{11}q_{m,1} + b_{11}q_{m-1,1} + c_{11})\bar{\lambda} + \\
& + (\bar{a}_{12}q_{m+1,1} + \bar{b}_{12}q_{m,1} + \bar{c}_{12} - (\bar{a}_{11}q_{m+1,1} + \bar{b}_{11}q_{m,1} + \bar{c}_{11})F) \times \frac{1}{q_{m,1} - F} + \\
& + \left((a_{11}q_{m,1} + b_{11}q_{m-1,1} + c_{11})F + (a_{21}q_{m,1} + b_{21}q_{m-1,1} + c_{11})F \right) \times \\
& \times \frac{1}{q_{m,1} - F} = 0 \quad (14)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& (\bar{a}_{12}q_{m+1,1} + \bar{b}_{12}q_{m,1} + \bar{c}_{12})\lambda - (a_{12}q_{m,1} + b_{12}q_{m-1,1} + c_{12})\bar{\lambda} + \\
& + \left((a_{22}q_{m,1} + b_{22}q_{m-1,1} + c_{12}) - (\bar{a}_{11}q_{m+1,1} + \bar{b}_{11}q_{m,1} + \bar{c}_{11}) \right) \times \frac{1}{q_{m,1} - F} + \\
& + \left((\bar{a}_{12}q_{m+1,1} + \bar{b}_{12}q_{m,1} + \bar{c}_{12})q_{m,1} + (a_{12}q_{m,1} + b_{12}q_{m-1,1} + c_{12})F \right) \times \\
& \times \frac{q_{m,1}F}{q_{m,1} - F} = 0 \quad (15)
\end{aligned}$$

$$(\bar{a}_{21}q_{m+1,1} + \bar{b}_{21}q_{m,1} + \bar{c}_{21})\lambda - (a_{21}q_{m,1} + b_{21}q_{m-1,1} + c_{21})\bar{\lambda} +$$

$$\begin{aligned}
& + (\bar{a}_{22}q_{m+1,1} + \bar{b}_{22}q_{m,1} + \bar{c}_{22} - (a_{11}q_{m,1} + b_{11}q_{m-1,1} + c_{11})) \times \frac{1}{q_{m,1} - F} + \\
& + \left((a_{21}q_{m,1} + b_{21}q_{m-1,1} + c_{21})q_{m,1} - (\bar{a}_{21}q_{m+1,1} + \bar{b}_{21}q_{m,1} + \bar{c}_{21})F \right) \times \\
& \quad \times \frac{1}{q_{m,1} - F} = 0 \tag{16}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& (\bar{a}_{22}q_{m+1,1} + \bar{b}_{22}q_{m,1} + \bar{c}_{22})\lambda - (a_{22}q_{m,1} + b_{22}q_{m-1,1} + c_{22})\bar{\lambda} + \\
& + \left((\bar{a}_{22}q_{m+1,1} + \bar{b}_{22}q_{m,1} + \bar{c}_{22}) - (a_{22}q_{m,1} + b_{22}q_{m-1,1} + c_{22}) \right) \times \frac{q_{m,1}}{q_{m,1} - F} - \\
& - \left((\bar{a}_{21}q_{m+1,1} + \bar{b}_{21}q_{m,1} + \bar{c}_{21})q_{m,1}F + (a_{12}q_{m,1} + b_{12}q_{m-1,1} + c_{12}) \right) \times \\
& \quad \times \frac{1}{q_{m,1} - F} = 0 \tag{17}
\end{aligned}$$

На рассматриваемом графе $q_{m+1,1}$ не является динамической переменной, поэтому для изучения системы (14) – (17) необходимо сделать подстановку

$$q_{m+1,1} = \frac{(q_{m,1} - q_{m-1,1})(q_{m,2} - q_{m,1})(q_{m,1} - q_{m,0})}{(q_{m,2} - q_{m-1,1})(q_{m,1} - q_{m,0}) - (q_{m,1} - q_{m-1,1})(q_{m,2} - q_{m,1})}, \tag{18}$$

полученную из уравнения (2). При подстановке (18), в уравнениях (16) – (19) содержится динамическая переменная $q_{m,2}$. Теперь для анализа системы (14) – (17) для поиска интегрируемых граничных условий мы проводим анализ по трем динамическим переменным: $q_{m,1}$, $q_{m-1,1}$, $q_{m,2}$.

Заключение

В результате работы были изучены основные свойства интегрируемости, рассмотрены граничные условия для дискретных цепочек типа цепочки Тоды, совместимые с L , A парой. Рассмотрены граничные условия для дискретной цепочки Гейзенберга. Поставлена задача для поиска новых граничных условий для дискретной цепочки Гейзенберга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Adler V. E. Discrete equations on planar graphs. 2001. V. 34. P. 10453–10460.
2. Habibullin I. T., Kazakova T. G. Boundary conditions for integrable discrete chains // J. Phys. A: Math. and Gen. 2001. V. 34. P. 10369–1076.
3. Казакова Т. Г., Саттарова Р. Р. Новый пример конечномерной редукции дискретной цепочки типа цепочки Тоды // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки, 2020. № 3. С. 85–97.

Р. Р. МАРДАМШИН

radmir.mardamshin.97@mail.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. Р. Д. МУРТАЗИНА

Уфимский государственный авиационный технический университет

СИММЕТРИИ МОДИФИЦИРОВАННОГО УРАВНЕНИЯ СИНУС-ГОРДОНА

Аннотация. Объектом исследования в настоящей работе является модифицированное уравнение синус-Гордона. На основе метода образующих характеристического кольца Ли был получен оператор рекуррентии, определяющий алгебру симметрий модифицированного уравнения синус-Гордона. Отдельно рассмотрен случай вырожденного уравнения: показано, что при этом не существует оператора, который переводит симметрии в симметрии меньшего порядка. Также для такого уравнения построен оператор, переводящий симметрии в интегралы.

Ключевые слова: характеристическое кольцо ли; синус-гордон; высшие симметрии; образующие; оператор рекуррентии.

Модифицированным уравнением синус-Гордона называется нелинейное гиперболическое дифференциальное уравнение в частных производных вида

$$u_{xy} = s(u) \sqrt{1 - u_1^2} \sqrt{1 - \bar{u}_1^2}, \text{ где } s'' - 2s^3 + \lambda s = 0, \lambda = \text{const.}$$

Для удобства введем обозначения $b(u_1) = \sqrt{1 - u_1^2}$, $\bar{b}(\bar{u}_1) = \sqrt{1 - \bar{u}_1^2}$ и

перепишем уравнение следующим образом

$$u_{xy} = s(u) b(u_1) \bar{b}(\bar{u}_1), \text{ где } b' = -\frac{u_1}{b}, \bar{b}' = -\frac{\bar{u}_1}{\bar{b}}. \quad (1)$$

Общий случай уравнения (1)

Из [1, 2] известно, что любую симметрию F порядка (n, m) уравнения (1) можно представить как сумму

$$F = F_1(u, u_1, u_2, \dots, u_n) + F_2(u, \bar{u}_1, \bar{u}_2, \dots, \bar{u}_m),$$

где F_1 и F_2 сами являются симметриями уравнения.

Далее на множестве локально-аналитических функций вида $F(u, u_1, u_2, \dots, u_n)$ оператор полного дифференцирования по u имеет вид

$$\bar{D} = \bar{u}_1 X + \bar{b} Y, \text{ где}$$

$$X = \frac{\partial}{\partial u} - s^2 b^2 \frac{\partial}{\partial u_2} + \dots, \quad (2)$$

$$Y = sb \frac{\partial}{\partial u_1} + \left(s' u_1 b - s \frac{u_1 u_2}{b} \right) \frac{\partial}{\partial u_2} + \dots$$

Здесь операторы X, Y есть образующие \mathfrak{X} -характеристического кольца Ли уравнения (1).

Из равенства $[D, \bar{D}] = 0$ следует, что

$$\begin{cases} [D, X] = sbY, \\ [D, Y] = -sbX \end{cases}$$

или

$$XD = DX - sbY, YD = DY + sbX. \quad (3)$$

Для симметрии F уравнения (1) запишем определяющее уравнение

$$D\bar{D}F = \left(-s \frac{u_1}{b} \bar{b} D - sb \frac{\bar{u}_1}{b} \bar{D} + s' b \bar{b} \right) F.$$

Это уравнение можно переписать в таком виде

$$\left(sb\bar{b} + s \frac{b}{\bar{b}} \bar{u}_1^2 + \bar{u}_1 D \right) XF + \bar{b} \left(DY - s' b + s \frac{u_1}{b} D \right) F = 0,$$

что эквивалентно двум соотношениям

$$XF = 0, \quad D \left(Y + s \frac{u_1}{b} \right) F = \left(s' b + D \left(s \frac{u_1}{b} \right) \right) F. \quad (4)$$

Основываясь на этих равенствах, было доказано, что для произвольной симметрии $F(u, u_1, \dots, u_n)$ уравнения (1) справедливо равенство

$$X(Y^2 + s^2)F = 0.$$

Также легко проверяется, что

$$D \left(Y + s \frac{u_1}{b} \right) (Y^2 + s^2)F = \left(s' b + D \left(s \frac{u_1}{b} \right) \right) (Y^2 + s^2)F.$$

Таким образом, мы получили, что для функции $(Y^2 + s^2)F$ выполняются оба уравнения (4). Следовательно, если F есть симметрия уравнения (1), то $(Y^2 + s^2)F$ – также симметрия этого уравнения.

В работе [3] показано, что симметрии модифицированного уравнения синус-Гордона имеют только нечетный порядок. Там же найдены симметрии первого и третьего порядков, имеющие следующий вид

$$F^{(1)} = u_1,$$

$$F^{(3)} = u_3 + \frac{3u_1u_2^2}{2b^2} + u_1^3 \left(-\frac{3}{2}s^2 + \frac{\lambda}{2} \right) + \frac{3}{2}s^2u_1.$$

Если уравнение (1) является невырожденным, то есть функция $s(u)$ удовлетворяет условию

$$\mu = s'^2 - s^4 + \lambda s^2 \neq 0,$$

то в результате действия на симметрию дифференциального оператора $Y^2 + s^2$ ее порядок понижается на 2. Отсюда была найдена рекуррентная формула для вычисления алгебры симметрий исходного (невырожденного) уравнения:

$$F^{(2k+1)} = LF^{(2k-1)}, F^{(1)} = u_1, k \in N, \text{ где}$$

$$L = D^2 + 2\frac{u_1u_2}{b^2}D - u_1D^{-1} \left(\frac{u_3}{b^2}D + \frac{u_1u_2^2}{b^4}D + 3s^2u_1D + 3ss'u_1^2 - ss' + \lambda u_2 \right) + s^2 + \lambda u_1^2.$$

Вырожденный случай уравнения (1)

Теперь рассмотрим вырожденный случай уравнения, когда $\mu = 0$.

В этом случае имеем дополнительное ограничение

$$\mu = s'^2 - ss'' + s^4 = 0.$$

Решая с учетом этого условия исходное уравнение на функцию $s(u)$, приходим к тому, что в вырожденном случае функция $s(u)$ задается как

$$s(u) = \frac{\sqrt{\lambda}}{\cos(\sqrt{\lambda}u - C)}, \quad \lambda, C - \text{const.}$$

По виду функции $s(u)$ легко показать, что существует точечная замена, при которой модифицированное уравнение синус-Гордона приводится к следующей форме

$$u_{xy} = \frac{1}{\cos u} \sqrt{1 - u_1^2} \sqrt{1 - \bar{u}_1^2}. \quad (5)$$

С использованием соотношений, полученных при переходе от общего случая к вырожденному, было доказано, что для уравнения (5) не существует оператора, который переводил бы произвольные симметрии этого уравнения в симметрии меньшего порядка.

Заметим, что, согласно формуле (4), оператор $D\left(Y + s\frac{u_1}{b}\right)$ оставляет порядок симметрии F неизменным. Но, как следует из определения, оператор D порядок симметрии увеличивает на единицу, поэтому оператор $Y + s\frac{u_1}{b}$ на единицу уменьшает порядок симметрии F .

Интересно, что оператор $\frac{b}{s}\left(Y + s\frac{u_1}{b}\right)$, не являясь оператором рекуррентности, все же обладает отличительным свойством: он обращает симметрии уравнения в интегралы. Иначе говоря, для произвольной симметрии $F(u, u_1, \dots, u_n)$ уравнения (5) функция

$$\left(\frac{b}{s}Y + u_1\right)F$$

является -интегралом.

Заключение

В данной работе на основе метода образующих кольца Ли был получен оператор рекуррентности, определяющий алгебру симметрий модифицированного уравнения синус-Гордона.

Также рассмотрен случай вырожденного уравнения: показано, что при этом не существует оператора, который переводит симметрии в симметрии меньшего порядка. Тем не менее для такого уравнения построен оператор, переводящий симметрии в интегралы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жибер А. В. Квазилинейные гиперболические уравнения с бесконечной алгеброй симметрий // Изв. РАН. Сер. матем. 1994. Т. 58. 4. С. 33–54.
2. Жибер А. В., Шабат А. Б. Системы уравнений $ux = p(u, v)$, $vy = q(u, v)$ обладающие симметриями // Доклады АН СССР. 1984. Т. 277. 1. С. 29–33.
3. Кузнецова М. Н. Симметрии уравнения эллиптического синуса // Региональная школа-конф. для студентов, аспирантов и молодых ученых по математике и физике: Т. 1 Математика. Уфа: БашГУ, 2007. С. 170–179.

УДК 51.73

М. Р. МИЯНОВ

miyanov01@mail.ru

Науч. руковод. – ст. преп. А. М. ЯМИЛЕВА

Уфимский государственный авиационный технический университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО НАГРУЖЕНИЯ ПОРШНЯ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ С ТЕПЛОЗАЩИТНЫМ ПОКРЫТИЕМ

Аннотация. В работе приводятся результаты исследования влияния теплозащитного покрытия на нагрев поршня во время работы двигателя внутреннего сгорания.

Ключевые слова: математическое моделирование; Ansys; тепловое нагружение; поле температур.

Введение

Тема повышения работоспособности двигателей внутреннего сгорания (ДВС) остается актуальной в течение длительного времени. Она обусловлена постоянным ужесточением условий эксплуатации деталей современных высокофорсированных ДВС. Наиболее нагруженными составляющими являются детали цилиндропоршневой группы (ЦПГ): гильзы, поршни и поршневые кольца. Они испытывают значительные циклические нагрузки со стороны газов, сил трения и, в особенности, высоких температур, что приводит к износу деталей и выходу из строя всего двигателя.

Одним из самых распространенных способов повысить работоспособность поверхностей является их модифицирование, и, в частности, нанесение покрытий.

В представленной работе, рассматривается влияние толщины теплозащитного покрытия из керамического сплава на поле температур, возникающих при тепловом нагружении поршня ДВС.

Построение геометрии

Для построения геометрии использовалась встроенная САД-система Ansys Design Modeler. Модуль Design Modeler интегрирован в платформу Workbench и используется в качестве основного инструмента как для созда-

ния параметризованных геометрических моделей «с нуля», так и для редактирования импортированных CAD-моделей.

На рис. 1 представлена твердотельная модель поршня для проведения расчетов.

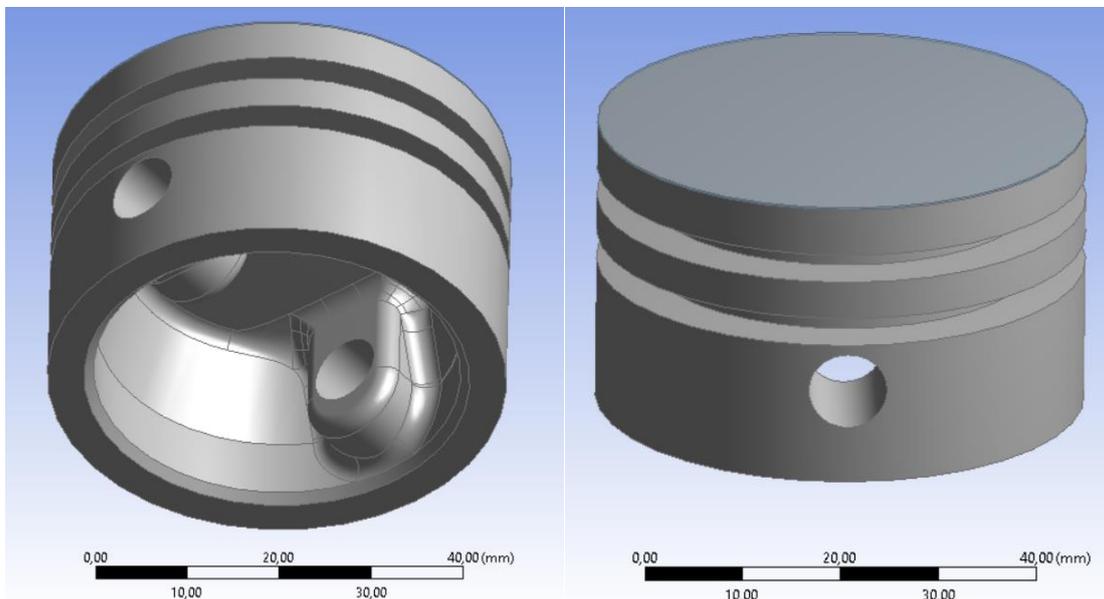


Рис. 1. Геометрическая модель поршня

Решение задач стационарного и нестационарного теплового нагружения поршня

Для создания конечно-элементной модели (КЭМ) используется модуль симуляции Ansys Mechanical.

В первую очередь, была создана конечно-элементная сетка, представленная на рис. 2 и рис. 3.

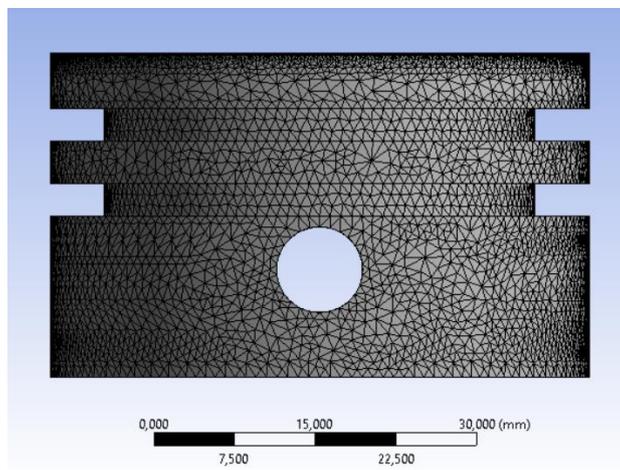


Рис. 2. Конечно-элементная сетка поршня

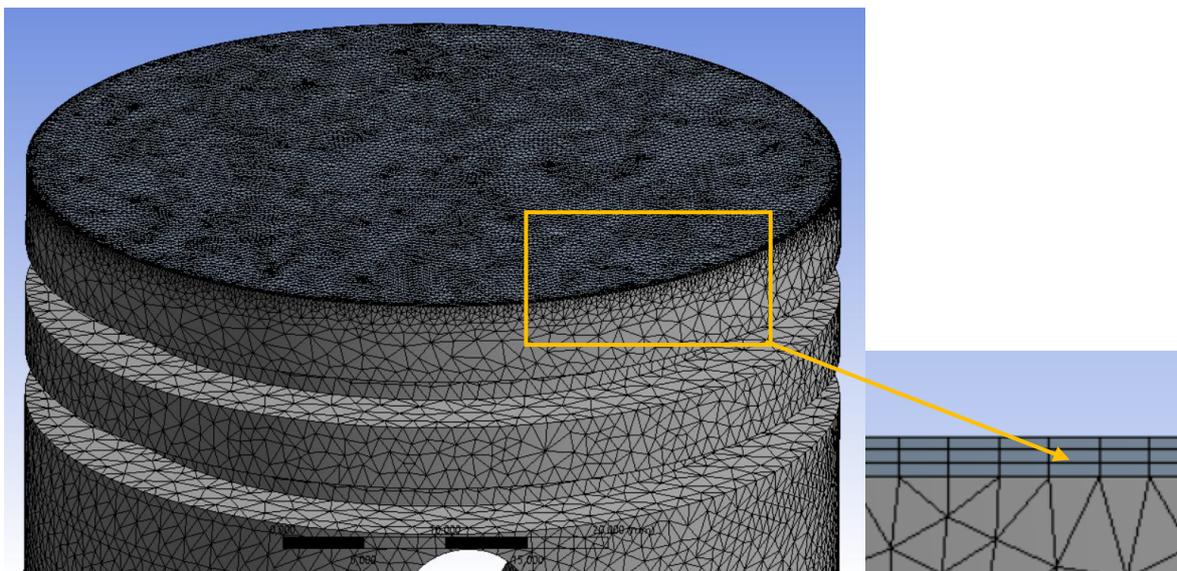


Рис. 3. Конечно-элементная сетка теплозащитного покрытия

Далее, были заданы граничные условия (ГУ) теплообмена, которые включают в себя температуру окружающей среды и коэффициент теплообмена [1]. Модель поршня с обозначением приложенных нагрузок изображена на рис. 4 и рис. 5.

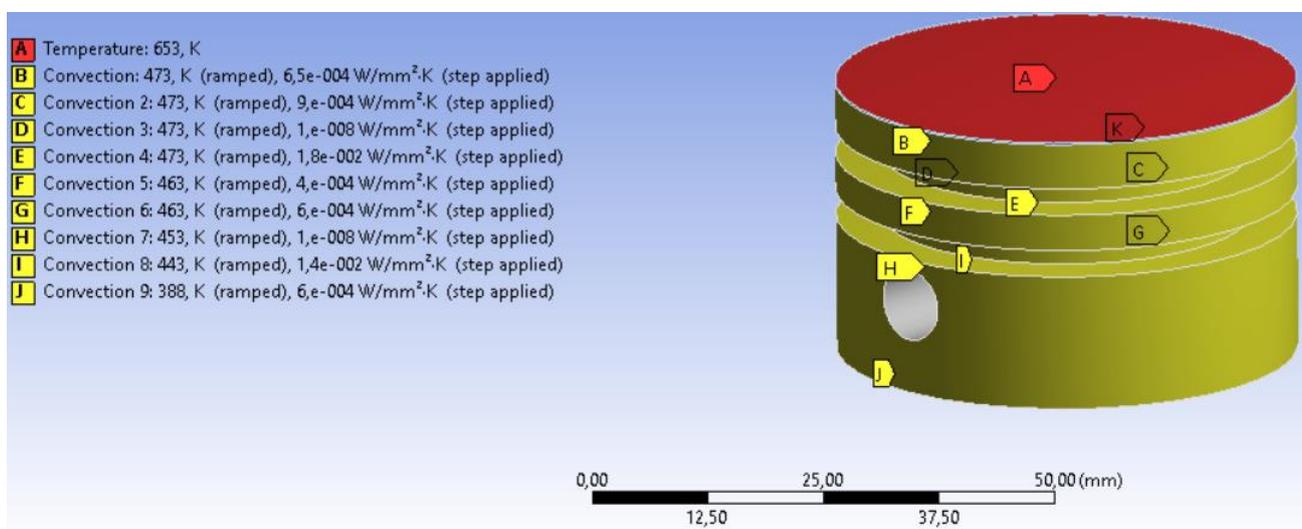


Рис. 4. Модель поршня с обозначением приложенных нагрузок – граничных условий (вид сбоку)

На рис. 6 представлен результат моделирования нагрева поршня без учета покрытия. Стационарный расчет теплового нагружения с ГУ соответствует режиму работы двигателя на холостом ходу.

Таким образом, температура на поршне достигает максимального значения на верхней поверхности (днище) поршня и составляет $379,85^{\circ}\text{C}$.

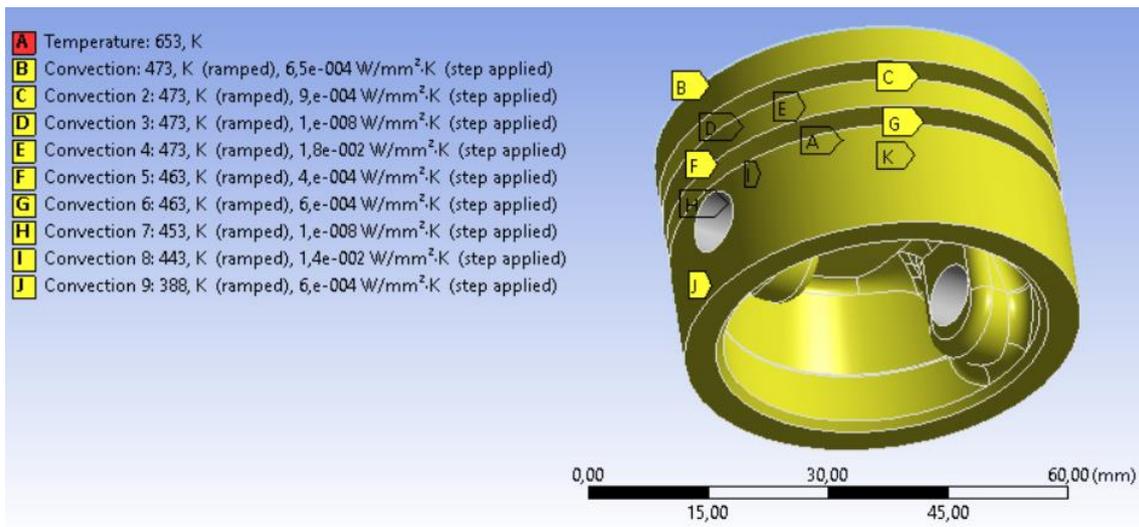


Рис. 5. Модель поршня с обозначением приложенных нагрузок – граничных условий (вид снизу)

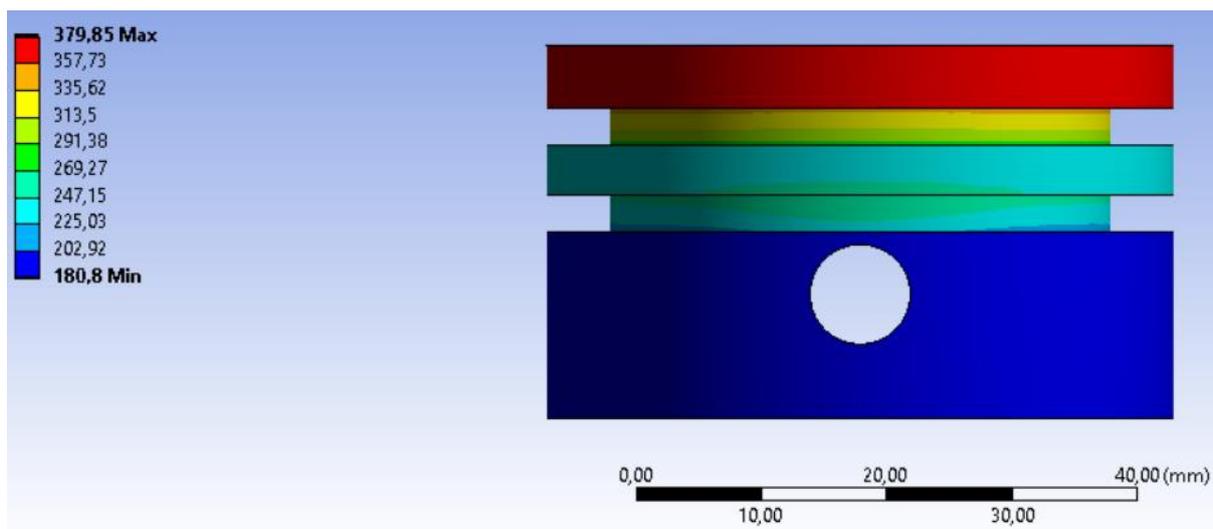


Рис. 6. Поле температур

На основе стационарного расчета теплового состояния с ГУ была решена задача нестационарного теплового нагружения. В качестве ГУ выбраны условия теплообмена, соответствующие режиму работы двигателя на режиме номинальной мощности. График результата нестационарного расчета приведен на рис. 7.

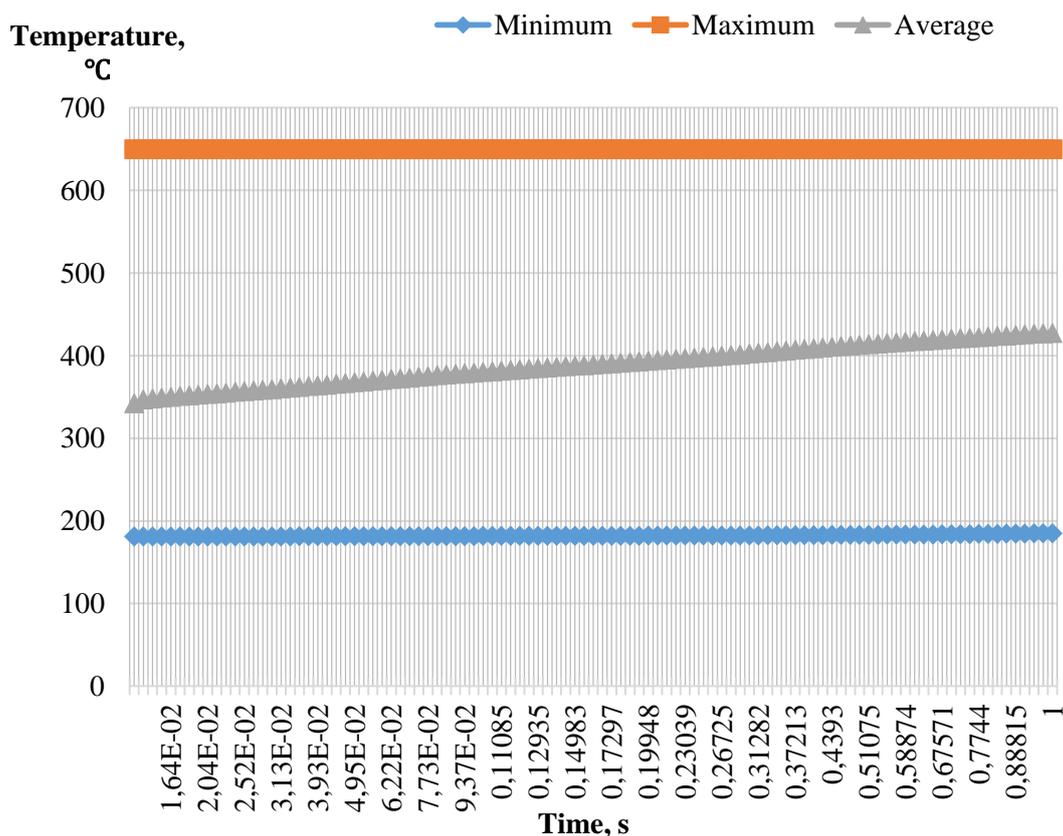


Рис. 7. График изменения температуры поршня от времени

Исследование влияния теплозащитного покрытия

Для исследования влияния теплозащитного покрытия на результаты расчетов был использован керамический сплав толщиной от 0,2 до 1 мм.

На рис. 8 представлен результат моделирования нагрева поршня с теплозащитным покрытием толщиной 0,2 мм.

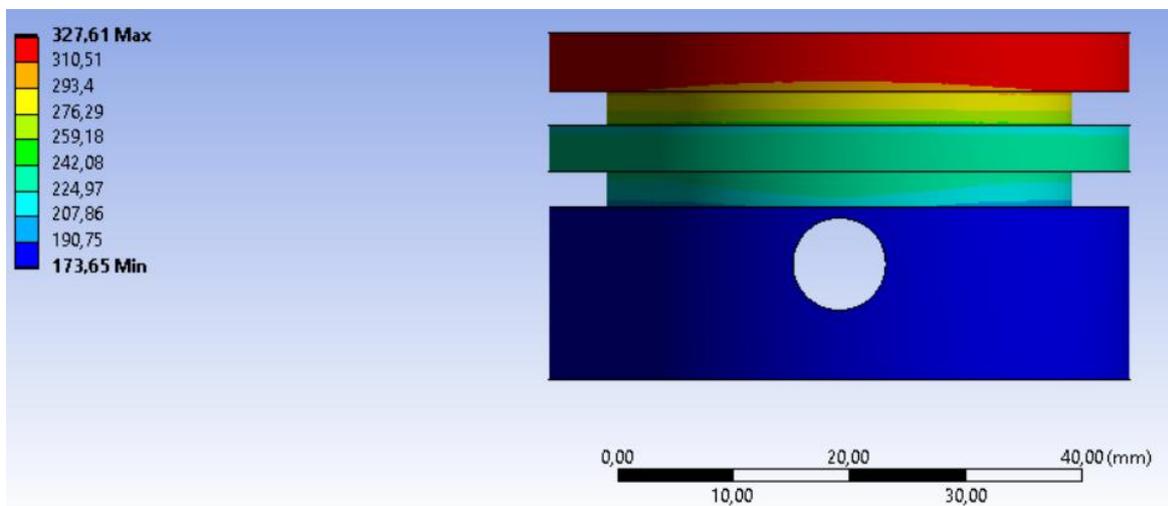


Рис. 8. Поле температур для поршня с теплозащитным покрытием толщиной 0,2 мм

Заметим серьезное изменение максимальной температуры на поршне на 52°C , что составляет почти 14%. То есть покрытие снижает температуру, воздействующую на поршень на его днище.

На рис. 9 приведен график нестационарного расчета для поршня с теплозащитным покрытием толщиной 0,2 мм.

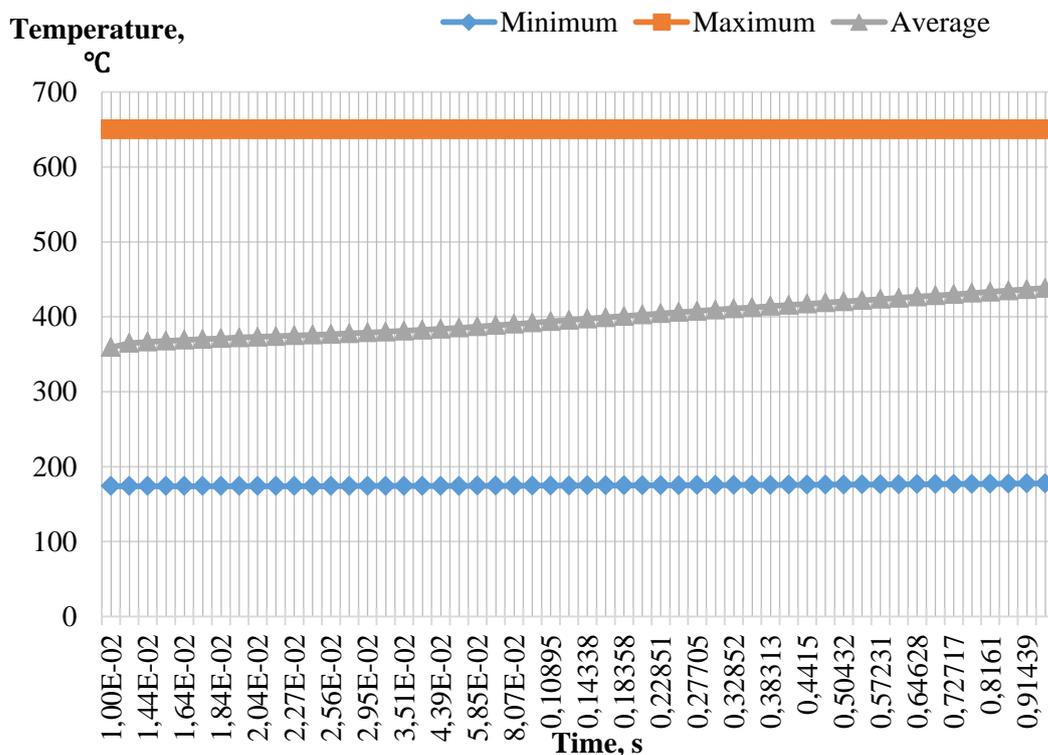


Рис. 9. График изменения температуры на поршне для модели с теплозащитным покрытием толщиной 0,2 мм от времени

Сравнивая результаты, полученные при моделировании поршня с теплозащитным покрытием и без (см. рис. 9 и рис. 7 соответственно) можно сделать вывод, что изменение средней температуры составило около 15%, максимальной около 30%, а минимальной около 5%.

На рис. 10 приведен сравнительный график поля температур с теплозащитным покрытием разной толщины.

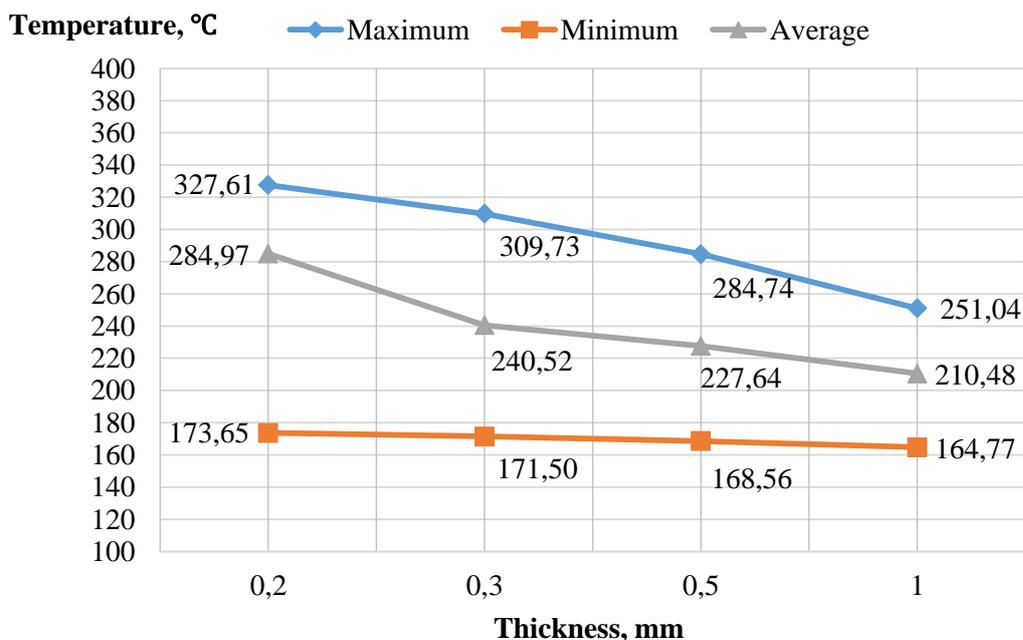


Рис. 10. График влияния защитного покрытия на температуру (максимальную, минимальную, среднюю) в зависимости от его толщины

Получим, что с увеличением толщины теплозащитного покрытия с 0,2 до 1 мм наблюдается снижение максимальной температуры на 23%, средней на 26%, а минимальной температуры примерно на 5%.

Заключение

Таким образом, исследование показало эффективность использования теплозащитного покрытия из керамического сплава для снижения температуры на поршне, что повышает срок его эксплуатации в ДВС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глинкин С. А. Расчет деталей поршневых двигателей внутреннего сгорания: учеб. пособие. Владимир: Изд-во ВлГУ, 2013. 107 с.
2. Finite Element Simulations with ANSYS Workbench 2019 [Электронный ресурс] / Huei-Huang Lee, NCKU, Taiwan. – Электрон. дан. – 2019. – Режим доступа: http://myweb.ncku.edu.tw/~hhlee/Myweb_at_NCKU/ANSYS2019.html. – Загл. с экрана. – Англ.
3. Бруяка В. А., Фокин В. Г., Солдусова Е. А., Глазунова Н. А., Адеянов И. Е. Инженерный анализ в Ansys Workbench: учеб. пособ. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2010. 271 с.

Э. Н. МУКАЕВ

mukaev.emil@gmail.com

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

Уфимский государственный авиационный технический университет

ОЦЕНКА КРИВИЗНЫ КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ СЕРДЦА

Аннотация. Целью данного исследования является повышение эффективности проведения операций на коронарные артерии за счет предварительной оценки кривизны в местах изогнутости сосудов. На первом этапе изображения, полученные методом коронаграфии, очищаются от излишней информации и строится «скелет» сосудистой системы. Затем выбранный участок скелета аппроксимируется кубическим сплайном и для полученной интерполяционной кривой находят радиус кривизны и/или точки перегиба.

Ключевые слова: дифференциальная геометрия; кубический сплайн; экстремум функции; компьютерное зрение; коронарная артерия.

Человеческое сердце представляет собой сложную систему. Одним из элементов такой системы являются коронарные артерии, через которые происходит питание данного органа. Коронарные артерии – важная часть сердца, они относятся к «конечному кровотоку», являются единственным источником кровоснабжения миокарда [1]. Для части больных основной проблемой является сужение коронарных артерий и, как следствие, возможное повышение риска инфаркта миокарда. Одним из методов, позволяющих снизить развитие ишемической болезни сердца и возникновения инфаркта, является установка в месте сужения коронарной артерии специального стента, препятствующего блокировке кровотока в сосуде. Данная операция проводится при постоянном мониторинге состояния сосудов методом коронаграфии: в коронарную артерию вводится стент в виде небольшой пружинки, которая распрямляется в суженном месте. Однако, для примерно 5% людей нельзя проводить данную операцию ввиду сильной искривленности артерии и невозможности прохождения стента по сосуду [2].

Во избежание ошибочного назначения лечения, пациенту сначала делают коронарную ангиографию сердца и помимо определения места, так называемого стеноза, проводят визуальный анализ искривленности артерий, чтобы убе-

даться в безопасности проведения операции или в необходимости применения более изощренных методов лечения (например, шунтирование). Однако, такой подход основывается на субъективном мнении специалиста и не всегда может быть верным. В связи с вышесказанным возникает задача автоматизации процесса оценки геометрии сосудов, что позволит не только устранить субъективизм оценки, но и, вероятно, повысить точность и скорость диагностики.

Удаление избыточной информации. В результате коронаграфии формируется изображение в градациях серого, на котором темные области соответствуют кровеносным сосудам (см. Рис. 1). Само изображение, как можно видеть, содержит большой объем посторонней информации, который необходимо удалить. Алгоритм удаления избыточной информации состоит из следующих шагов: размытие, бинаризация, поиск контуров по маске. Рассмотрим каждый из них подробнее.



Рис. 1. Пример изображения полученного в результате коронаграфии

Для минимизации количества шумов следует размыть исходное изображение (Рис. 2 а), используя морфологические операции замыкания и размыкания (см. Таблица 1). Комбинация этих операций с увеличением структурного элемента дает плавное преобразование картинки. На рис. 2 б показан пример такого преобразования.

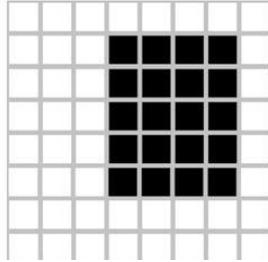
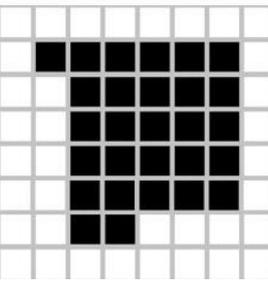
Следующим шагом будет перевод изображения в бинарный (двухцветный) формат. На рис. 2 – показан снимок артерии в бинарной форме.

На полученном изображении видно множество лишних элементов, шумов, от которых следует избавиться. Для этого выделим маску размытого изображения и найдем контуры артерии, отделив маску и инвертировав полученное изображение. Результат показан на рис. 2 г.

Проделаем предыдущий алгоритм с полученным изображением, предварительно применив побитовую инверсию (см. Рис. 2 д).

Основываясь на полученном изображении, можно построить скелет фигуры, используя функцию `skeletonize` библиотеки `Scikit-image` (см. Рис. 3).

Таблица 1

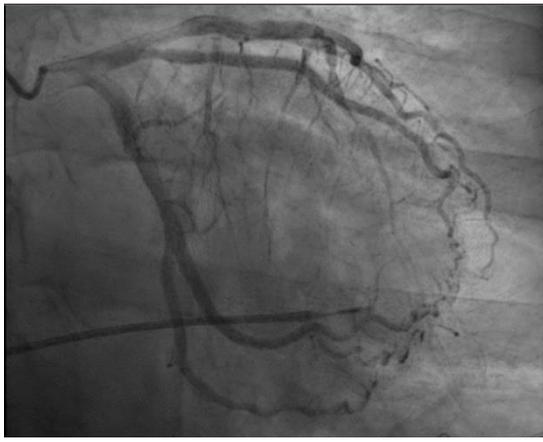
<p>Размыкание</p> $A \cdot B = (A \ominus B) \oplus B$		<p>Размыкание отсеивает все объекты, меньшие чем структурный элемент, но при этом помогает избежать сильного уменьшения размера объектов.</p>
<p>Замыкание</p> $A \cdot B = (A \oplus B) \ominus B$		<p>Применяется сначала операция наращивания, заполняя малые пустые пространства, затем сужение для избегания увеличения контура объекта</p>

Вычисление кривизны артерии. Кривизной k линии Γ в точке M называется предел, к которому стремится средняя кривизна $k_{\text{ср}}$ дуги MM_1 линии Γ при стремлении точки M_1 к точке M :

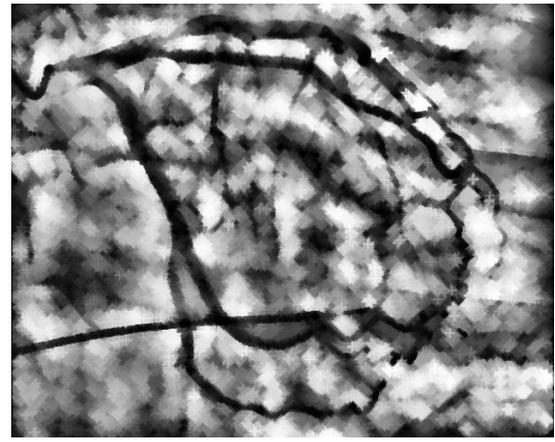
$$k = \lim_{t \rightarrow t_0} \left| \frac{\Delta \alpha}{\Delta s} \right| \quad \#(1)$$

В частности, если кривая на задана уравнением $f(x)$, ее кривизна вычисляется по формуле:

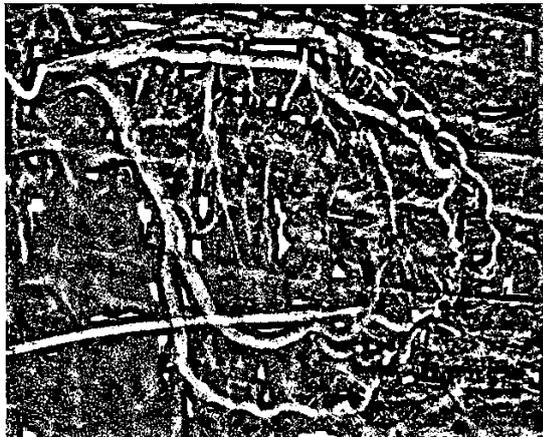
$$k(x) = \frac{|f''|}{\sqrt{1 + f'^2}^3} \quad \#(2)$$



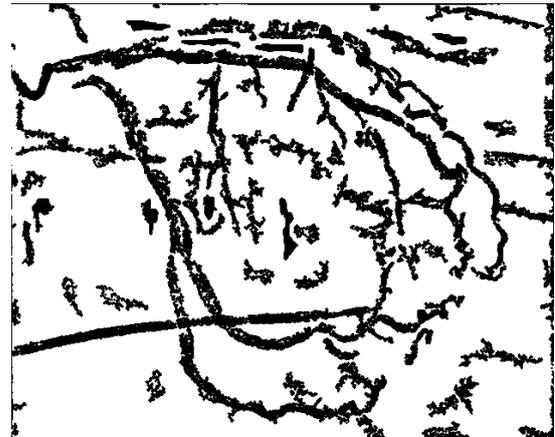
a



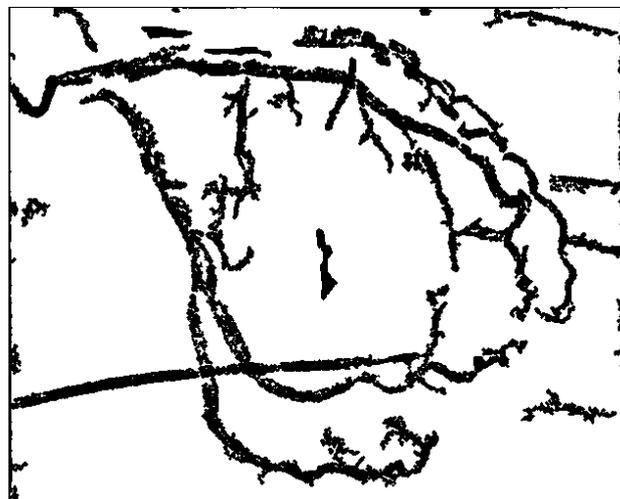
б



в



г



д

Рис. 2. Различные стадии преобразования изображения:
a – исходное изображение коронаграфии; *б* – размытие при помощи операций замыкания и размыкания; *в* – бинаризованное изображение; *г* – результат применения поиска контуров по маске; *д* – результат повторного поиска контуров по маске

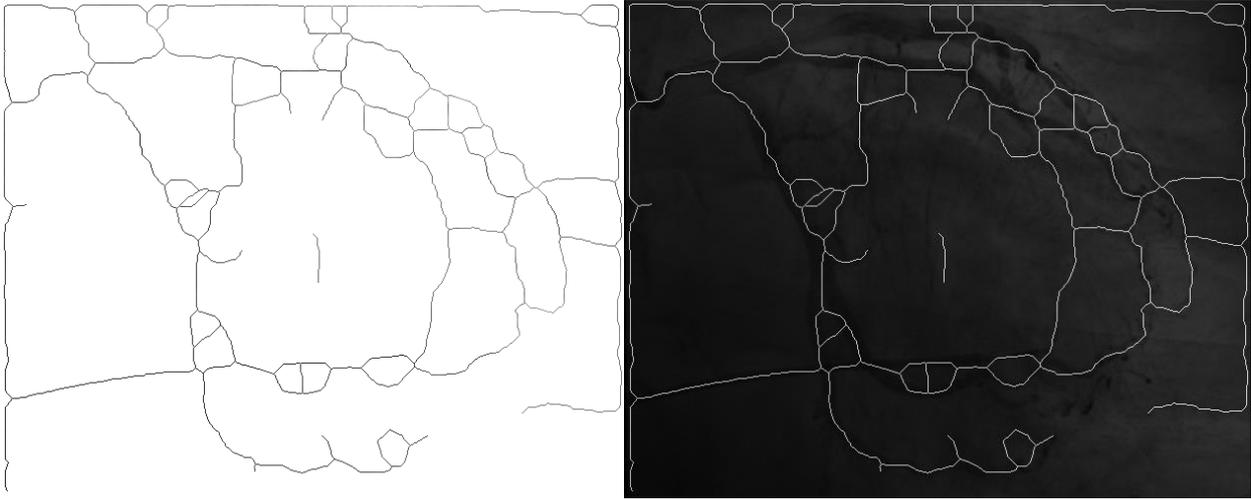


Рис. 3. Примерный скелет артерии

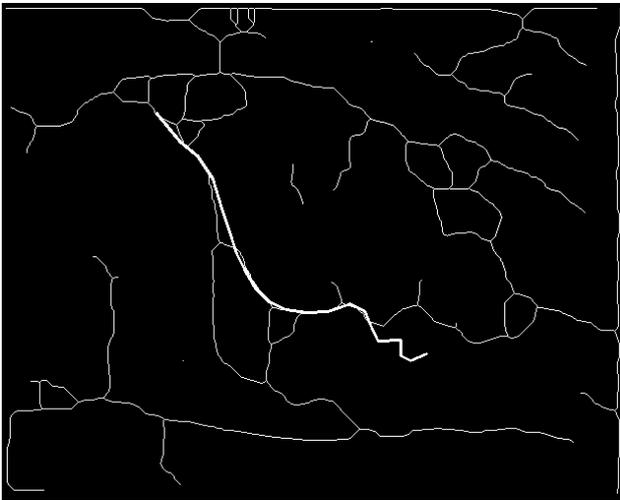


Рис. 4. Выделенный участок артерии

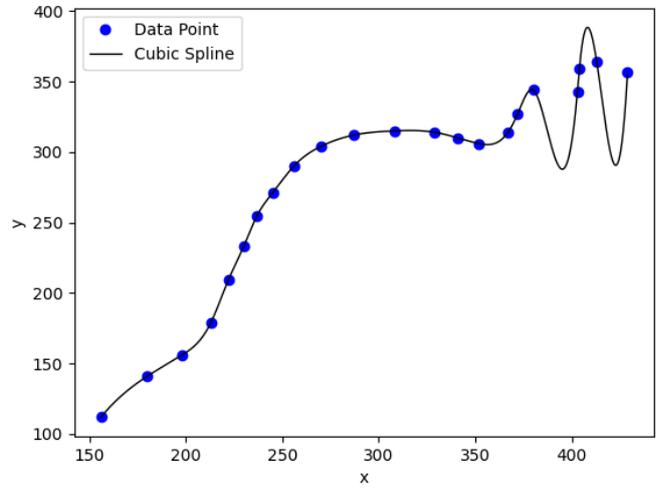


Рис. 5. Результат интерполяции участка кривой

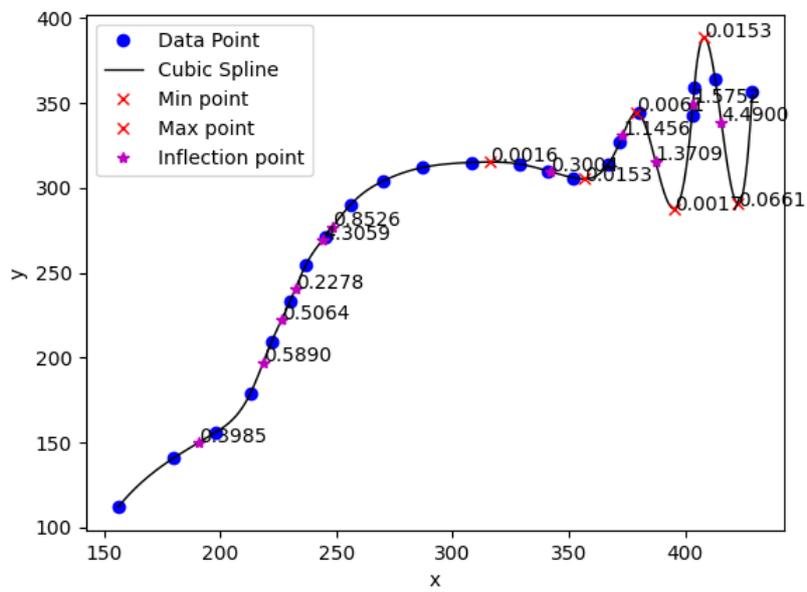


Рис. 6. Кривизна в точках перегиба и экстремума

Реализуем кубический сплайн, выделив участок артерии в определенной области. Для этого была реализована функция `EVENT_LBUTTONDOWN` библиотеки `OpenCV` для выделения объекта при помощи левой кнопки мыши, а также функцией `line` для проведения линий между точками (см. Рис. 4)

Такой способ поможет построить более точный скелет артерии и построить график интерполяции, показанный на рис. 5.

В ходе проделанной работы было разработано программное обеспечение, позволяющее очистить снимок коронаграфии от излишней информации для составления примерного скелета фигуры. На основе выбранного участка артерии строится интерполянт, с помощью которого можно выявить точки перегиба и экстремума, а также вычислить кривизну в данных точках.

Также, в работе было предложено использовать меру в виде коэффициента кривизны для классификации форм коронарных артерий и быстрого, удобного и точного метода выявления возможных проблем во время операции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Большая медицинская энциклопедия : [в 30 т.] / гл. ред. акад. Петровский Б. В.; [Акад. мед. наук СССР]. - 3-е изд. - Москва : Сов. энциклопедия, 1974-1989.
2. Xie X., Wang Y., Zhu H., Zhou H., Zhou J. Impact of Coronary Tortuosity on Coronary Blood Supply: A Patient-Specific Study // PLoS ONE, 2013. V. 8(5) – e64564.
URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0064564>.
3. Li Y, Shi Z, Cai Y, Feng Y, Ma G, et al. Impact of Coronary Tortuosity on Coronary Pressure: Numerical Simulation Study // PLoS ONE, 2012. V. 7(8) P. 6.
4. Zegers E.S., Meursing B.T.J., Zegers E.B., and Oude Ophuis A.J.M. Coronary tortuosity: a long and winding road // The National Center for Biotechnology Information; 2007. V. 15(5) P. 191–195.
5. Yang Li, Chengxing Shen, Yanan Ji, Yi Feng, Genshan Ma, and Naifeng Liu. Clinical Implication of Coronary Tortuosity in Patients with Coronary Artery Disease // The National Center for Biotechnology Information, 2011. V.6(8) P. 5.
6. OpenCV documentation [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://opencv.org>.
7. Scikit-image docs [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://scikit-image.org>.
8. Young T. R., Mohlenkamp M. J. Introduction to Numerical Methods and Matlab Programming for Engineers: учебное пособие. Ohio University, Department of Mathematics, 2021. 174 с.
9. Игнатъев Ю. Г. Дифференциальная геометрия кривых и поверхностей в евклидовом пространстве: учебное пособие. Казань: Казанский федеральный университет, 2013. 204 с.

УДК 519.23

К. Р. НАБИУЛЛИНА

nabiullina1998@gmail.com

Науч. руковод. – д-р физ.-мат. наук, проф. Р. К. ГАЗИЗОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ КОРРЕЛЯЦИИ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ НА РЕАЛЬНЫХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Аннотация. В работе рассматривается задача корреляции временных рядов - для заданного участка одного временного ряда был найден подобный ему в метрике выбранного алгоритма участок на другом.

В ходе работы была проведена программная реализация алгоритмов корреляции: метод скользящего окна с применением преобразования Фурье, метод скользящего окна с применением коэффициента Пирсона, алгоритм динамической трансформации временной шкалы, а также алгоритм динамической трансформации временной шкалы с оптимизированным подбором параметров; генерация синтетических данных на основе реальных с использованием различных шумов; анализ результатов алгоритмов на реальных и синтетических данных; исследование устойчивости алгоритмов при неоднородном сжатии/растяжении и сдвиге одного из временных рядов.

Ключевые слова: метод скользящего окна; преобразование Фурье; коэффициент Пирсона; алгоритм DTW; модифицированный алгоритм.

Цель работы – исследовать, как разные алгоритмы находят соответствие одного участка временного ряда на другом. При этом один искусственно подвергается операциям: сдвига, неоднородного сжатия или неоднородного растяжения.

Процедура корреляции скважин сводится к выделению в геологическом разрезе одной скважины (называемой «опорной») некоторого участка (интервала) разреза и последующего поиска его аналога с похожим поведением в разрезе соседней скважины (далее такую операцию будем называть «парной корреляцией»). Основная проблема проведения парной корреляции для большого количества скважин заключается в том, что результат существенно зависит от порядка обхода скважин, а также от выбранных параметров алгоритмов.

Основным источником информации при проведении корреляции являются данные геологических исследований скважин (ГИС) – каротажи. Они представляют собой последовательность измерений вдоль траекторий скважин. То-

гда любой каротаж может быть представлен, как вектор. Так как для скважин обычно проводится несколько типов каротажных измерений, то тогда для каждой скважины может быть рассмотрен набор векторов (каротажей). Необходимо провести парную корреляцию скважин, основной проблемой которой, является то, что результат существенно зависит от порядка обхода скважин. В качестве инструмента верификации результатов корреляции обычно используют метод на основе триангуляционных сетей.

Основной задачей данной работы является программная реализация алгоритмов парной корреляции разрезов скважин, которая с математической точки зрения является частным случаем проблемы распознавания образов – для заданного участка одного вектора необходимо найти подобный ему в некотором смысле участок на другом векторе.

В данной работе описаны несколько алгоритмов: метод скользящего окна с применением преобразования Фурье, метод скользящего окна с применением коэффициента Пирсона, алгоритм динамической трансформации временной шкалы, а также алгоритм динамической трансформации временной шкалы с оптимизированным подбором параметров.

Каждый алгоритм, как и каждое месторождение, имеют свои особенности, которые надо понимать и учитывать при их применении.

Метод скользящего окна заключается в сдвиге двух временных рядов на различное количество точек и подсчете коэффициента корреляции, показывающего степень соответствия данных рядов.

Метод скользящего окна с применением преобразования Фурье, а также метод скользящего окна с применением коэффициента Пирсона требуют тщательного подбора параметров на разных этапах. Основными параметрами является нормировка интервалов временных рядов – переход к диапазону $[0,1]$, выравнивание числа точек текущей кривой и эталонной, т.е. интерполяция текущей кривой к точкам эталонной.

Алгоритм динамической трансформации временной шкалы (DTW) основывается на нелинейном выравнивании сопоставляемых кривых с поиском наилучшего соответствия. Данный подход берет начало из систем распознавания речи, где решается аналогичная, с математической точки зрения, задача. Данный алгоритм также имеет свои особенности и ряд параметров, которые значительно влияют на результирующее соответствие. К данным параметрам относятся: привязка первой точки образа, привязка последней точки образа, сжатие образа, растяжение образа. Подбор данных параметров очень трудоемкий и затратный по времени, поэтому в данной работе так же представлен алгоритм динамической трансформации временной шкалы с оптимизированным подбором параметров. Данный алгоритм использует в качестве оптимизационного метода «метод имитации отжига», который подбирает параметры таким образом, чтобы получить соответствие близкое к экспертным данным.

По результатам, полученным при исследовании работы алгоритмов на реальных данных, можем сделать вывод о том, что алгоритм, основанный на преобразование Фурье, очень чувствителен к сжатию/растяжению, но при этом стоит отметить, что невязка остается небольшой при любой последовательности обхода. Что нельзя сказать про алгоритм, основанный на коэффициенте Пирсона, невязка которого в некоторых случаях обхода становится большой. Алгоритм DTW и модифицированный DTW остаются устойчивыми.

Заключительной частью данной работы является исследование устойчивости каждого из описанных алгоритмов при неоднородном сжатии/растяжении/сдвиге одного из временных рядов, а также сравнение результатов с результатами, полученными из экспертных данных.

Ниже, в таблице, представлены границы дисперсии алгоритмов на зашумленных синтетических данных.

Дисперсия алгоритмов рассматривалась относительно следующих параметров:

σ – уровень зашумления данных; k – коэффициент сжатия/растяжения; h - величина сдвига.

Таблица 1

	Фурье		Пирсон		DTW		Модифицированный DTW	
	Коррелируемы	Не коррелируемы	Коррелируемы	Не коррелируемы	Коррелируемы	Не коррелируемы	Коррелируемы	Не коррелируемы
Белый шум ум	$\sigma \geq 0.1$	$\sigma < 10$	$\sigma \geq 0.1$	$\sigma \leq 2$	$\forall \sigma$	–	$\forall \sigma$	–
Гауссов шум	$\sigma \geq 0.1$	$\sigma < 10$	$\sigma \geq 0.1$	$\sigma \leq 2$	$\forall \sigma$	–	$\forall \sigma$	–
Сжатие	$k \leq 5$	$k > 5$	$k \leq 2$	$k > 2$	$k \leq 5$	$k > 5$ (одна точка)	$k \leq 5$	$k > 5$ (одна точка)
Растяжение	$k \leq 5$	$k > 5$	$k \leq 2$	$k > 2$	$k \leq 5$	$k > 5$ (одна точка)	$k \leq 5$	$k > 5$ (одна точка)
Сдвиг	$h < 80$ м	$h \geq 80$ м	$h < 80$ м	$h \geq 80$ м	$h < 80$ м	$h \geq 80$ м (одна точка)	$h < 80$ м	$h \geq 80$ м (одна точка)

Заключение

В рамках работы была выполнена программная реализация алгоритмов парной корреляции временных рядов. А именно было реализовано несколько алгоритмов:

- метод скользящего окна с применением преобразования Фурье,
- метод скользящего окна с применением коэффициента Пирсона,
- алгоритм динамической трансформации временной шкалы.

Для алгоритма DTW (динамической трансформации временной шкалы) была предложена и реализована модификация с оптимизированным подбором параметров.

Для верификации алгоритмов был реализован метод триангуляционных сетей. Помимо этого было проведено исследование и анализ устойчивости на зашумленных синтетических данных. В результате, которого, были получены границы дисперсии для четырех реализованных алгоритмов:

– метод скользящего окна с применением преобразования Фурье устойчив при следующих параметрах зашумления:

$$\sigma \in [0.1, 10), \quad k \in [0, 5), \quad h \in [0, 80),$$

– метод скользящего окна с применением коэффициента Пирсона устойчив при следующих параметрах зашумления:

$$\sigma \in [0.1, 2), k \in [0, 2), h \in [0, 80),$$

– алгоритмы DTW и модифицированный DTW устойчивы при следующих параметрах зашумления:

$$\forall \sigma, k \in [0, 5), h \in [0, 80).$$

По результатам исследования можем сделать вывод о том, что на данный момент наиболее устойчивыми являются алгоритмы DTW и модифицированный DTW.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долицкий В. А. Геологическая интерпретация материалов геофизических исследований скважин. М.: Недра. 1966. 387 с.
2. Вендельштейн Б. Ю. Методические рекомендации по подсчету геологических запасов нефти и газа объемным методом. Москва-Тверь: ВНИГНИ, НПЦ «Тверьгеофизика». 2003. 259 с.
3. Гутман И. С., Балабан И. Ю., Кузнецова Г. П., Староверов В. М. Моделирование залежей углеводородов. Корреляция разрезов скважин в автоматическом и полуавтоматическом режиме с помощью программы AutoCorr // материалы Российской нефтегазовой технической конференции и выставки. М.: SPE, 2006. С. 1–9.
4. Шайбаков Р.А. Обоснование комплексной методики идентификации трехмерных геологических объектов: дис. канд. геол.-мин. наук: 25.00. Уфа, 2014. 190 с.
5. Малла С. Вэйвлеты в обработке сигналов: учебное пособие. 2-е изд.; пер. с англ. Жилейкина Я. М. М.: Мир, 2005. 671 с.
6. Preston F. W., Henderson J. Fourier series characterization of cyclic sediments for stratigraphic correlation. // Kansas Geological Survey. 1964. pp. 415–425.
7. Гутман И. С., Кузнецова Г. П., Саакян М. И. Детальная корреляция разрезов скважин с помощью программного комплекса «AutoCorr» // Геоинформатика. 2009. № 2. С. 86–97.

Д. А. РАСУЛОВ

damir10165@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. А. Т. БИКМЕЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

АЛГОРИТМ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗАМКНУТОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПО НАБОРУ ПЛОСКО-ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ СЕЧЕНИЙ

Аннотация. Рассматривается задача разработки алгоритма реконструкции замкнутой поверхности по набору плоско-параллельных сечений на примере результатов МРТ-исследования головного мозга. Описываются методы, предварительной обработки изображений (выравнивание, устранение избыточной информации) и реконструкции замкнутой поверхности.

Ключевые слова: обработка изображений; реконструкция замкнутой поверхности; тесселяция.

В настоящее время в диагностике различных заболеваний достаточно широко используется такой неинвазивный способ получения изображений внутренних органов как магнитно-резонансная томография (МРТ). Принцип действия МРТ заключается в следующем: магнитное поле оказывает влияние на атомы водорода, переводя их в возбужденное состояние. Далее атомы возвращаются в исходное состояние, излучая квант энергии. Считывающая аппаратура регистрирует кванты, и, на основе полученных данных, формирует снимки внутренних органов [1]. Снимки представляют собой плоскопараллельные срезы рассматриваемой области тела человека, где наиболее светлые области соответствуют тканям с большим содержанием воды, а темные – тканям в составе которых молекулы воды практически отсутствуют или областям вокруг тела человека.

Для эффективной интерпретации полученной стопки изображений врач должен обладать опытом анализа таких снимков, а также пространственным воображением. С другой стороны, современные компьютеры могут помочь врачам в анализе упорядоченного набора изображений путем автоматического создания трехмерной модели изучаемого органа.

Таким образом, была поставлена задача разработать алгоритм автоматической реконструкции трехмерной геометрии некоторого объекта по набору его плоскопараллельных сечений, на которых поверхность определяется некоторым уровнем интенсивности точек изображений.

Разрабатываемый алгоритм должен включать в себя несколько операций:

- предварительная обработка;
- формирование заготовки реконструируемой поверхности;
- пошаговое изменение заготовки с целью постепенного приближения к форме реконструируемой поверхности.

Предварительная обработка МРТ-изображений заключается в их выравнивании друг относительно друга, чтобы устранить влияние различных условий получения сечений (случайные перемещения объекта и/или регистрирующей аппаратуры). Для этого воспользуемся методом *главных осей* [2], заключающийся в следующем:

1) для каждого сечения находится «центр масс» по интенсивности:

$$(x_c, y_c) = \frac{\sum_{k=1}^n (x_k, y_k) \cdot I(x_k, y_k)}{(\sum_{k=1}^n I(x_k, y_k))}$$

где x_k, y_k – координаты пикселя изображения, x_c, y_c – координаты центра масс, n – количество точек (пикселей) изображения, $I(x_k, y_k)$ – интенсивность пикселя.

2) для каждого сечения находятся главные оси эллипса, внутри которого заключен рассматриваемый объект. Для этого составляется ковариационная матрица:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix},$$

$$a_{11} = \sum_{k=1}^n (x - x_c)^2 \cdot I(x_k, y_k), \quad a_{22} = \sum_{k=1}^n (y - y_c)^2 \cdot I(x_k, y_k),$$

$$a_{12} = a_{21} = \sum_{k=1}^n (x - x_c) \cdot (y - y_c) \cdot I(x_k, y_k).$$

Собственные вектора полученной ковариационной матрицы будут представлять собой оси искомого эллипса.

3) выбирается базовое (референсное) изображение (сечение). Далее поочередно совмещаются центры масс каждого сечения в стопке с референсным, вычисляется угол φ между главными осями двух сечений, а затем выполняется поворот всего изображения на найденный угол при помощи аффинных преобразований [3]:

$$\begin{pmatrix} x'_k \\ y'_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\varphi) & \sin(\varphi) \\ -\sin(\varphi) & \cos(\varphi) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_k \\ y_k \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} s_x \\ s_y \end{pmatrix},$$

где x'_k, y'_k – результат преобразования, s_x, s_y – компоненты вектора смещения точки.

В завершении процедуры предварительной обработки устраняется избыточная информация, то есть шумы и те части изображений, которые соответствуют окружению объекта. Примеры изображений до и после предварительной обработки приведены на рис. 1.

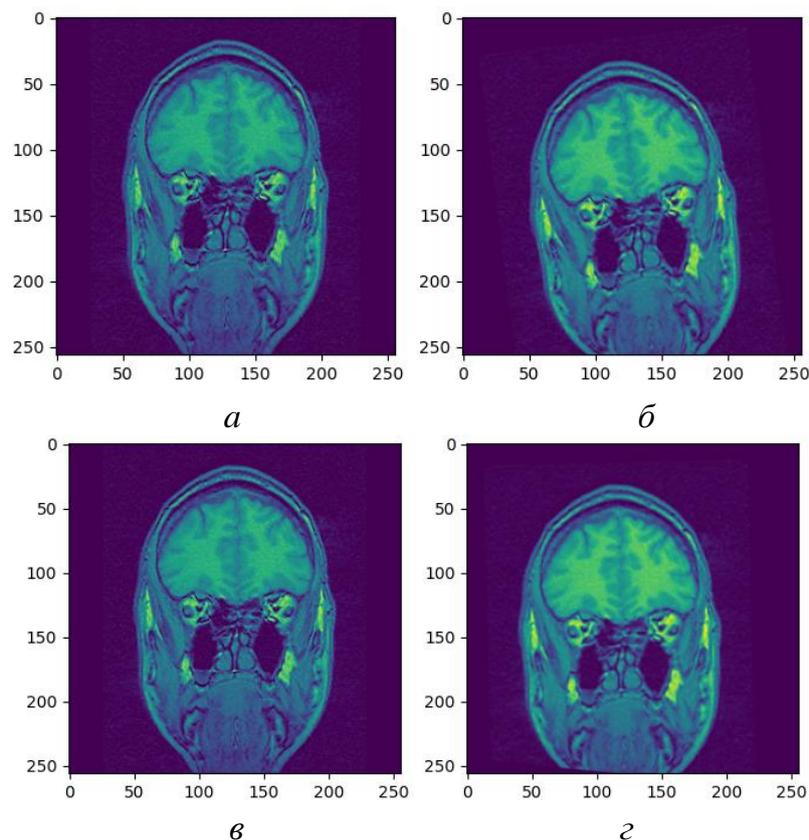


Рис. 1. Пример выравнивания МРТ-изображения для фронтального среза: *а, в* – референсное изображение; *б, г* – выравниваемое изображение до и после обработки соответственно

Реконструкция замкнутой поверхности заключается в следующем:

1) определяется «центр масс» по интенсивности всех точек внутри области интереса и радиус сферы описанной вокруг нее. Создается заготовка замкнутой поверхности в виде икосаэдра, вписанного в сферу с радиусом равным половине радиуса найденной сферы и центром в центре масс области интереса. Затем, методом тесселяции создается заданный уровень детализации α , задающий число шагов разбиения граней исходного икосаэдра. В результате разбиения на каждом шаге количество вершин, увеличивается в 4 раза.

2) находятся вспомогательные вектора, представляющие собой вектор \vec{s}_k^n в направлении локальной нормали к поверхности \widehat{n}_k и вектор в касательной плоскости \vec{s}_k^t (рис. 2):

$$\vec{s}_k = \vec{v}_k - \frac{\sum_{t=1}^m \vec{v}_t}{m},$$

$$\vec{s}_k^n = (\vec{s}_k \cdot \widehat{n}_k) \widehat{n}_k, \quad \vec{s}_k^t = \vec{s}_k - \vec{s}_k^n.$$

Здесь m – количество ближайших соседей рассматриваемой (k -ой) вершины.

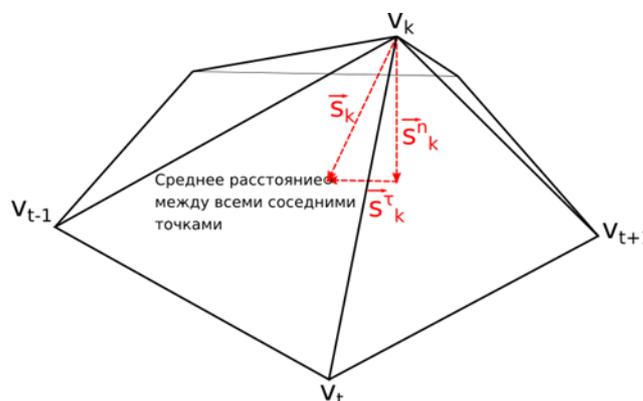


Рис. 2. Графическое представление вспомогательных векторов

3) для каждого узла поверхности находится вектор обновления его положения, состоящий из трех компонент:

Первая компонента:

$$\vec{u}_k^1 = \gamma^t \cdot \vec{s}_k^t, \quad \gamma^t < 1;$$

В самом простом случае можно взять $\gamma^t = 1/2$.

Вторая компонента:

$$\vec{u}_k^2 = \gamma_k^n \cdot \vec{s}_k^n, \quad \gamma_k^n < 1; \quad \gamma_k^n = \frac{1 + \text{th}\left(F \cdot \left(\frac{1}{r_k} - E\right)\right)}{2},$$

где r_k – локальный радиус кривизны, который вычисляется следующим образом:

$$\cos(\theta) = \frac{l_k}{2r_k} = \frac{|\vec{s}_k^n|}{l_k} \Rightarrow r_k = \frac{l_k^2}{2|\vec{s}_k^n|}, \quad l_k = \frac{\sum_{j=1}^m |\vec{v}_k - \vec{v}_j|}{m}.$$

Вычисление вспомогательных компонент, которые отвечают за масштаб (E) и смещение (F), выполняется следующим образом:

$$E = \frac{1}{\Gamma_{\min}} + \frac{1}{\Gamma_{\max}}, \quad F = \frac{6}{\frac{1}{\Gamma_{\min}} - \frac{1}{\Gamma_{\max}}},$$

где Γ_{\min} и Γ_{\max} – минимальные и максимальные допустимые значения локального радиуса кривизны.

Третья компонента:

$$\vec{u}_k^3 = \gamma^c \cdot l_k \cdot \zeta_k \cdot \hat{n}, \quad \zeta_k \in [-1; 1], \quad \gamma^c < 1; \quad \zeta_k = \frac{2(I_k^{\min} - t_k^{(tr)})}{I_k^{\max} - t_{2\%}},$$

ζ_k определяется исходя из интенсивности точек изображения, следовательно, требуется определить максимальное и минимальное значения интенсивности:

$$I_k^{\min} = \text{MAX}\left(t_{2\%}, \text{MIN}\left(t_{\text{avg}}, I(0), I(1), \dots, I(\delta_{mx})\right)\right),$$

$$I_k^{\max} = \text{MIN}\left(t_{\text{avg}}, \text{MAX}\left(t_{\text{rt}}, I(0), I(1), \dots, I(\delta_{mn})\right)\right),$$

где $I(j)$ – значение интенсивности каждой j -ой точки на изображении вдоль локальной нормали к поверхности, δ_{mx}, δ_{mn} – глубина поиска максимума и минимума соответственно, $t_{\text{avg}}, t_{2\%}, t_{\text{rt}}$ – пороговые значения, выбираемые таким образом, чтобы отсечь очень темные и очень яркие пиксели.

Далее находится пороговое значение, согласно которому можно отделить на изображении границу поверхности от фона:

$$t_k^{(tr)} = (I_k^{\max} - t_{2\%}) \cdot b + t_{2\%},$$

где $b \in [0; 1]$ – дробная константа, выбираемая так, чтобы более четко разделить фон и границы поверхности на изображении.

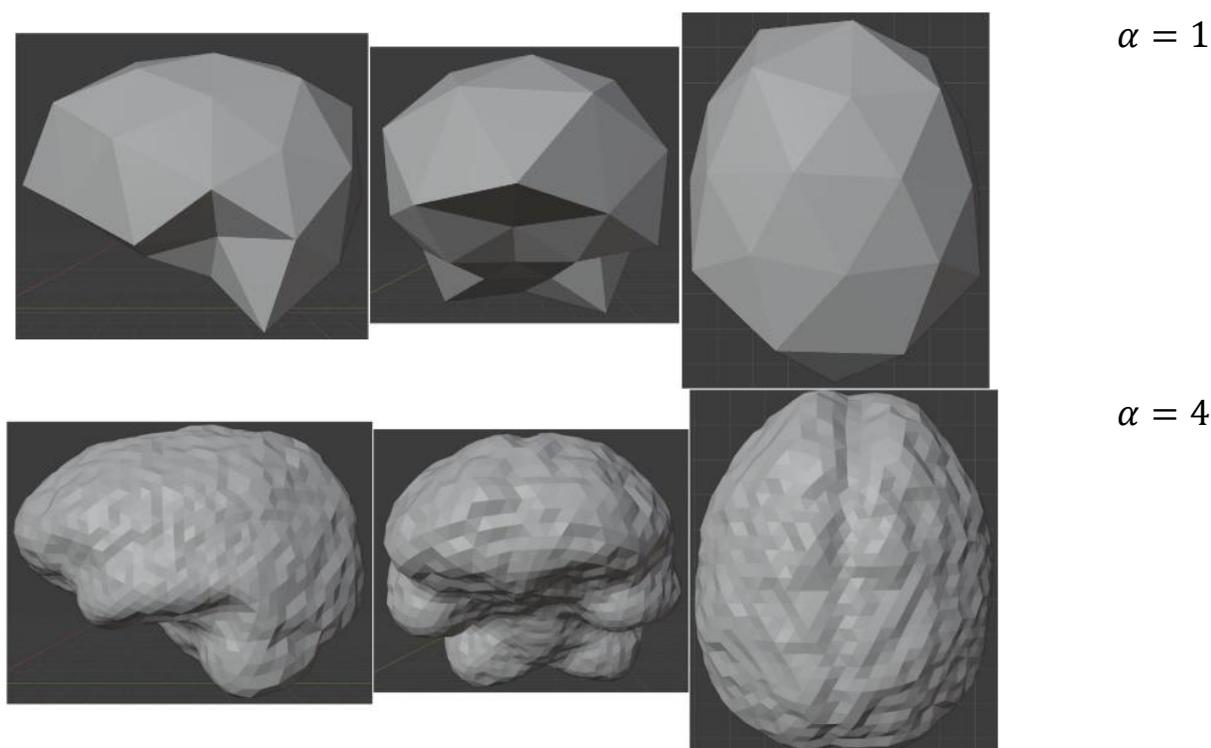


Рис. 3. Вид реконструированной поверхности для различных уровней детализации

Реконструкция поверхности происходит итеративно. На каждой итерации для всех узлов поверхности-заготовки вычисляются компоненты вектора их смещения. Производится перемещение узлов в соответствии с полученным вектором. Далее вычисляется норма матрицы, составленной из всех векторов смещения и полученное значение сравнивается с заданной точностью ε . Критерий остановки вычислений можно записать так:

$$\|\vec{u}_k\|_{k=\overline{1,n}} \leq \varepsilon$$

Результат работы алгоритма для различных уровней детализации поверхности-заготовки представлен на Рис. 3. Можно сделать вывод, что при коэффициенте детализации $\alpha = 4$ достигается хорошее качество представления интересующей поверхности. Однако, для количественной оценки качества реконструкции поверхности требуются дополнительные исследования, чему и будет посвящена дальнейшая работа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Миргазова А. А. Анализ погрешностей изменения объемов серого и белого вещества головного мозга из данных МРТ: магистерская диссертация: 03.04.02 «Физика». Казань, 2017. 42 с.
2. Kostelec P. J., Periaswamy S. Image Registration for MRI // *Modern Signal Proicessing*. 2003. V. 46. P. 161–183.
3. Никулин, Е. А. Компьютерная графика. Модели и алгоритмы: учебное пособие / Е. А. Никулин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2018. — 708 с.

УДК 519.62

Д. Р. САИДБАТАЛОВ

ruslanovitch.dmitrij@yandex.ru

Науч. руковод. – д-р физ.-мат. наук, проф. Р. К. ГАЗИЗОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ НАЧАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ТРЕХМЕРНОГО ВОЛНОВОГО УРАВНЕНИЯ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ С ПОМОЩЬЮ ИДЕАЛЬНО ПОДОБРАННЫХ СЛОЕВ

Аннотация. В работе разработано и реализовано численное решение начальной задачи для трехмерного волнового уравнения с использованием идеально подобранных слоев (Perfectly Matched Layers)

Ключевые слова: дифференциальное уравнение в частных производных; волновое уравнение; численное решение; идеально согласованные слои; PML.

При решении задач механики, физики, техники, геофизики и других наук конечно-разностными методами неограниченная область задания функции заменяется расчетной областью конечных размеров [1]. При этом необходимо задать эффективные поглощающие граничные условия [2]. Ж.-Р. Bérenger [1994] предложил метод идеально согласованных слоев (Perfectly Matched Layers, PML) для описания поглощающих слоев при распространении электромагнитных волн. Его суть заключается в построении вокруг изучаемой области тонкого слоя, в котором и происходит ослабление проходящих волн [3]. Анализ метода PML в дифференциальной постановке показывает, что коэффициент отражения на границе между изучаемой областью и слоем равен нулю для всех углов падения. Несмотря на то, что данное свойство утрачивается при дискретизации задачи, амплитуда паразитных отражений остается низкой, и тем самым при введении слоя обеспечиваются превосходные характеристики поглощения.

Рассматривается задача Коши для трехмерного волнового уравнения:

$$\frac{\partial^2 p(x, y, z, t)}{\partial t^2} = c^2 \left(\frac{\partial^2 p(x, y, z, t)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p(x, y, z, t)}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 p(x, y, z, t)}{\partial z^2} \right) \quad (1)$$

с начальным условием:

$$\begin{cases} p(x, y, z, 0) = p_0(x, y, z) \\ \frac{\partial p(x, y, z, 0)}{\partial t} = 0, \end{cases} \quad (x, y, z, t) \in R^3 \times [0, T]. \quad (1)$$

Для данной задачи требуется найти функцию $p(x, y, z, t)$, характеризующую давление, которая удовлетворяет уравнениям (1-2) в области $D = V \times [0, T], V \in R^3$.

Чтобы применить метод PML к уравнению (1), перепишем его в виде следующей гиперболической системы первого порядка:

$$\begin{cases} \frac{\partial u(M, t)}{\partial t} - c \cdot \nabla p(M, t) = 0 \\ \frac{\partial p(M, t)}{\partial t} - c \cdot \operatorname{div}(u(M, t)) = 0 \end{cases}, M \in V \quad (3)$$

где новая функция $u(M, t)$ – поле направлений.

Построим вокруг области V область V' , такую, что $V \subset V'$. Построенная область будет являться тонким слоем, в которой волны, приходящие из области V будут поглощаться, или другими словами, будут затухать. Чтобы ввести затухающий процесс в тонком слое, разложим функции u и p на компоненты по трем пространственным переменным, добавим в систему (3) поглощающие функции $\sigma_x(x), \sigma_y(y), \sigma_z(z)$ (по аналогии с дифференциальным уравнением затухающих колебаний), и зададим граничное условие. Получим систему уравнений для области V' :

$$\begin{cases} \frac{\partial u_x(M, t)}{\partial t} - c \frac{\partial p(M, t)}{\partial x} + \sigma_x(x)u_x(M, t) = 0 \\ \frac{\partial u_y(M, t)}{\partial t} - c \frac{\partial p(M, t)}{\partial y} + \sigma_y(y)u_y(M, t) = 0 \\ \frac{\partial u_z(M, t)}{\partial t} - c \frac{\partial p(M, t)}{\partial z} + \sigma_z(z)u_z(M, t) = 0 \\ \frac{\partial p_x(M, t)}{\partial t} - c \frac{\partial u_x(M, t)}{\partial x} + \sigma_x(x)p_x(M, t) = 0 \\ \frac{\partial p_y(M, t)}{\partial t} - c \frac{\partial u_y(M, t)}{\partial y} + \sigma_y(y)p_y(M, t) = 0 \\ \frac{\partial p_z(M, t)}{\partial t} - c \frac{\partial u_z(M, t)}{\partial z} + \sigma_z(z)p_z(M, t) = 0 \end{cases}, M \in V' \quad (4)$$

Начальное условие:

$$\begin{cases} p(M, 0) = p_0(M) \\ u_x(M, 0) = u_y(M, 0) = u_z(M, 0) = 0 \end{cases}, M \in V', \quad (5)$$

Граничное условие:

$$p(M, t) = 0, M \in \partial V', \quad (6)$$

$\partial V'$ - внешняя граница области V' , $\sigma_i, i = x, y, z$ – положительно определенные функции в V'/V и $\sigma_i = 0, \sigma_i \in V$.

Таким образом, численное решение начально-краевой задачи с поглощающим слоем (4-6) в области V' будет соответствовать численному решению начальной задачи (1-2) в области V .

Введем сеточную функцию

$$p_h = \{u_{i,j,k}^n = u(x_i, y_j, z_k, t^n), 0 \leq i \leq I, 0 \leq j < J, 0 \leq k < K, 0 \leq n \leq N\}$$

(сеточные функции $p_{x_h}, p_{y_h}, p_{z_h}, u_{x_h}, u_{y_h}, u_{z_h}$ строятся аналогично), которая является сеточным представлением решения исходной (дифференциальной) задачи, или точным решением дифференциальной задачи в узлах сетки.

Построим разностную схему для первого уравнения системы (4), разностные схемы для остальных уравнений строятся аналогично.

Для аппроксимации частных производных используем правую и центральные разностные производные:

$$\frac{\partial \tilde{u}_x}{\partial t} = \frac{u_x^{n+1}{}_{i,j,k} - u_x^n{}_{i,j,k}}{\tau}$$

$$\frac{\partial \tilde{p}}{\partial p} = \frac{p_{i+1,j,k}^n - p_{i-1,j,k}^n}{2h}$$

Тогда, простейшей разностной аппроксимацией, или дискретизацией уравнения является следующая система уравнений:

$$\frac{u_x^{n+1}{}_{i,j,k} - u_x^n{}_{i,j,k}}{\tau} = c \frac{p_{i+1,j,k}^n - p_{i-1,j,k}^n}{2h} - \sigma_x(x_i) u_x^n{}_{i,j,k}, \quad (7)$$

$$\sigma_x(x_i) = \frac{x_i}{w_{PML}} \cdot \sigma_{MAX}, \quad (8)$$

где x_i -расстояние до области V по оси Ox , w_{PML} -толщина PML.

Разностное уравнение (7) имеет первый порядок точности по τ и второй порядок точности по h .

Для анализа устойчивости возьмем первое уравнение системы (4), для остальных уравнений устойчивость анализируется аналогично.

Явная схема разностного уравнения (7) имеет вид

$$u_x^{n+1}{}_{i,j,k} = u_x^n{}_{i,j,k} (1 - \sigma_x(x_i)) + \frac{c\tau}{2h} (p_{i+1,j,k}^n - p_{i-1,j,k}^n)$$

Оценим модуль $u_x^{n+1}{}_{i,j,k}$:

$$\begin{aligned} |u_x^{n+1}{}_{i,j,k}| &\leq |u_x^n{}_{i,j,k}| |\gamma| + \frac{c\tau}{2h} (|p_{i+1,j,k}^n| + |p_{i-1,j,k}^n|), \\ |u_x^{n+1}{}_{i,j,k}| &\leq \left| |u_x^{n-1}{}_{i,j,k}| |\gamma| + \frac{c\tau}{2h} (|p_{i+1,j,k}^{n-1}| + |p_{i-1,j,k}^{n-1}|) \right| |\gamma| \\ &\quad + \frac{c\tau}{2h} (|p_{i+1,j,k}^n| + |p_{i-1,j,k}^n|) \leq \\ &\leq |u_x^{n-1}{}_{i,j,k}| |\gamma|^2 + |\gamma| \frac{c\tau}{2h} (|p_{i+1,j,k}^{n-1}| + |p_{i-1,j,k}^{n-1}|) \\ &\quad + \frac{c\tau}{2h} (|p_{i+1,j,k}^n| + |p_{i-1,j,k}^n|) \leq \dots \leq \\ &\leq |u_x^0{}_{i,j,k}| |\gamma|^n + |\gamma|^{n-1} \frac{c\tau}{2h} (|p_{i+1,j,k}^0| + |p_{i-1,j,k}^0|) \\ &\quad + |\gamma|^{n-2} \frac{c\tau}{2h} (|p_{i+1,j,k}^1| + |p_{i-1,j,k}^1|) + \dots + \frac{c\tau}{2h} (|p_{i+1,j,k}^n| + |p_{i-1,j,k}^n|) \end{aligned}$$

При $n \rightarrow \infty$, решение устойчиво по начальным данным, если выполняются условия

$$\frac{c\tau}{2h^2} \leq 1 \quad (9)$$

$$|\gamma| \leq 1 \leftrightarrow \sigma_x \leq \frac{2}{\tau} \quad (10)$$

Условия устойчивости (9) и (10) справедливы для остальных разностных схем, аппроксимирующих уравнения системы (4).

Ниже приведена эволюция решения начально-краевой задачи с поглощающим слоем для волнового уравнения с начальным гауссовым профилем. В качестве решения взят срез при $z = 0,5$.

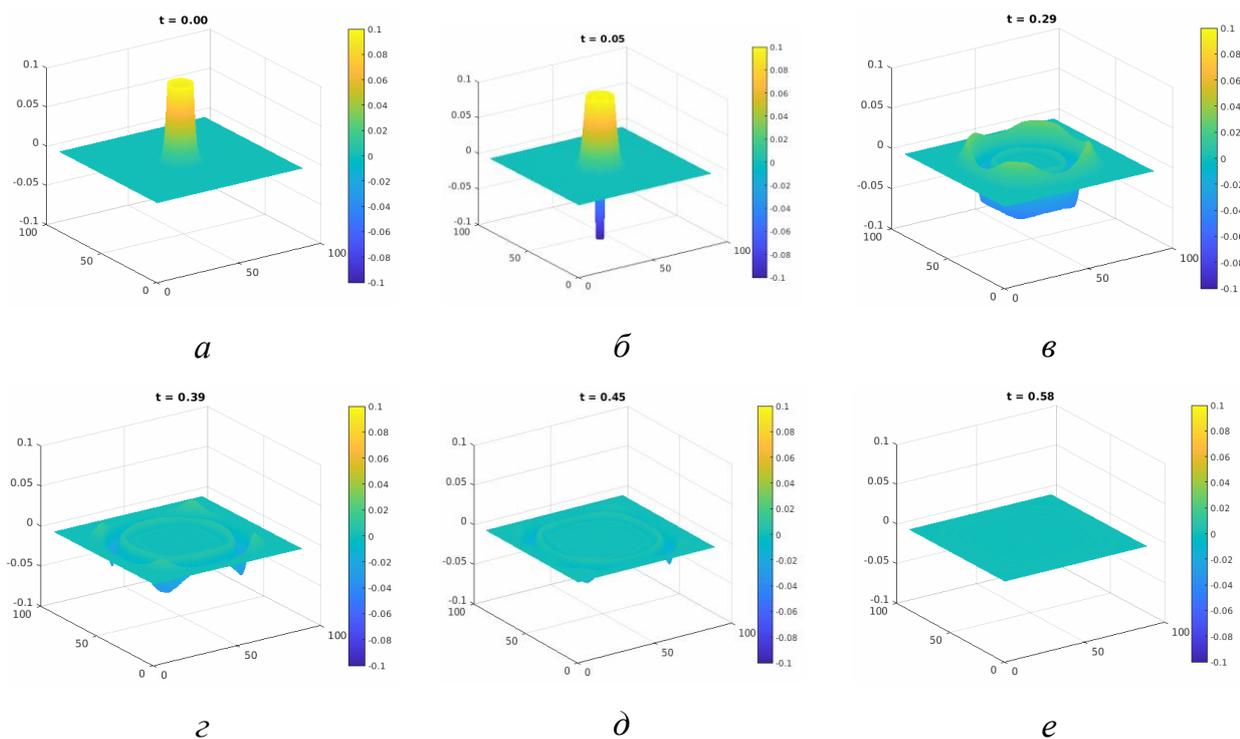


Рис. 1. Эволюция решения начально-краевой задачи с поглощающим слоем:
a – $t = 0,0$; *б* – $t = 0,05$; *в* – $t = 0,29$; *г* – $t = 0,39$; *д* – $t = 0,45$; *e* – $t = 0,58$

На рис. 1 а) – г) наблюдается поглощение волны. На рис. 1 д) и е) видно, как поглощаются остаточные волны. На рис. 1 е) видно, что все волны успешно поглотились. Также видно, что волна не отражается от границы. Из этого следует, что метод PML позволяет эффективно решать начальную задачу методом конечных разностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Finite Difference Computing with PDEs, A Modern Software Approach / H. P. Langtangen, S. Linge. SpringerOpen, 2010. 522 с.
2. Métivier L., Halpern L. Perfectly Matched Layers equations for 3D acoustic wave propagation in heterogeneous media // WAVES. 2011. Vancouver, Canada. hal-008266.
3. Llenceu aquesta pàgina i substituïu-la per aquella que us faciliti la Unitat d'Informació i Projectió Institucionals (UIPI), disponible al formulari següent. URL: http://www.upf.edu/uii/sgraphics/formulari_tesi.htm (дата посещения - 22.09.2021)

УДК 004.048

А. В. СПЕЛЕ

spele.sasha@gmail.com

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. А. Т. БИКМЕЕВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

АЛГОРИТМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДАННЫХ СИСТЕМЫ ОПТИЧЕСКОГО ТРЕКИНГА

Аннотация. В настоящей работе предлагаются методы решения проблемы потери данных системы оптического трекинга. С системы считываются данные, которые обычно неполные. Приводится пример двумерного восстановления данных с помощью интерполяции кубическим сплайном и использовании нейронной сети.

Ключевые слова: система оптического трекинга.

Для данного проекта была использована система оптического трекинга ART с программным обеспечением DTrack2, благодаря которому происходит считывание данных. Это системное оборудование состоит из четырех основных частей:

1. Контроллер, который обеспечивает физический интерфейс между камерами и главным компьютером, напрямую или через сеть.
2. Массив инфракрасного слежения, который представляет собой комбинацию камер.
3. Точные и эргономичные устройства навигации и взаимодействия, такие как Flystick и Fingertracking.
4. Уникальную оптическую систему мишеней ART.

Существуют две основные технологии, используемые в системе оптического трекинга: пассивные со светоотражающими маркерами и активные, маркеры способные сами излучать свет. Система способная определять точно положение каждого маркера, но для вычисления ориентации необходимо не менее трех маркеров на каждый объект.

Для записи движений применяются 17 6DOF маркеров (Рисунок 1), которые прикрепляются к различным частям тела (Рисунок 2). Каждая мишень представляет из себя набор инфракрасных светоотражателей уникальной формы, за счет чего система может не только определить какая именно это объект,

но и вычислить его точное расположение в пространстве и углы поворота относительно центра координат.

1	Glasses Target 4	active	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
2	Broken glasses	active	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
3	Glasses Target 5	active	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
4	Waist Target 1 Rev.3.0	active	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
5	Hand Target 23	active	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
6	Hand Target 25	active	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
7	Upper Arm Target 1 Rev.3.0	active	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
8	Foot Target 1 Rev.3.0	active	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
9	Upper Arm Target 2 Rev.3.0	active	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
10	Foot Target 2 Rev.3.0	active	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
11	Thigh Target 1 Rev.3.0	active	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
12	Thigh Target 2 Rev.3.0	active	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0

Рис. 1. Стандартные тела DTrack

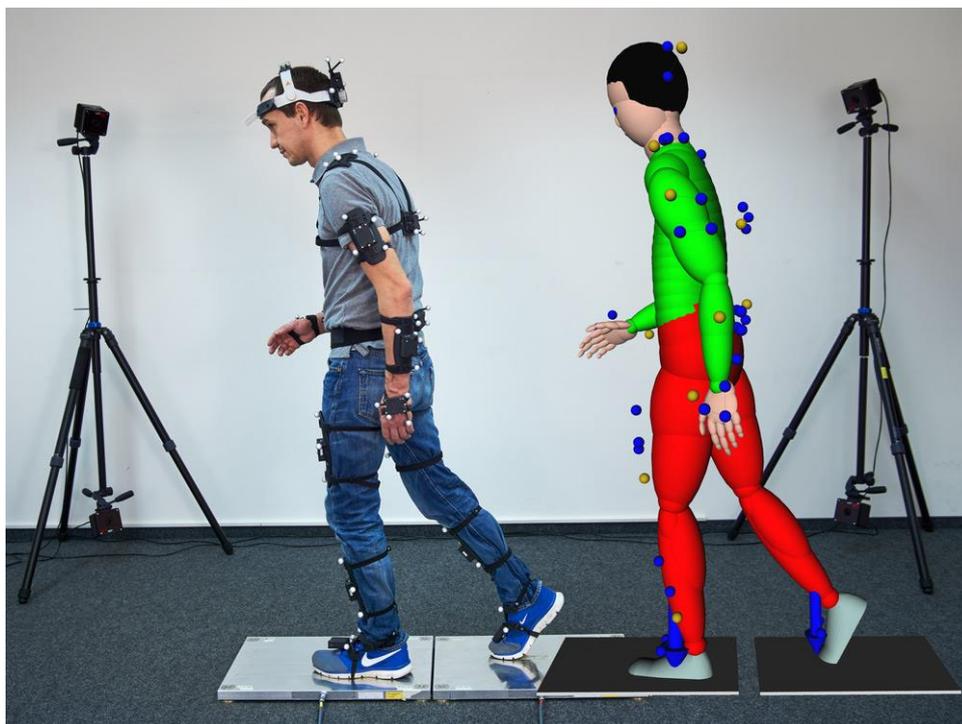


Рис. 2. Костюм захвата движения

Данные с системы оптического трекинга ARTrack считываются с частотой 60 кадров в секунду и записываются в отдельный файл (Рисунок 3). Структура файла включает в себя:

– Номер текущего кадра (frame) и время, пройденно с момента начала записи(ts)

– Данные положения семнадцати отслеживаемых маркеров в пространстве

Данные о положении содержат координаты объекта loc и матрицу вращения rot. Координаты loc представлены в миллиметрах.

```
IDLE_recording.txt – Блокнот
Файл  Правка  Формат  Вид  Справка
frame 119 ts 14494.549 nbody 21 nfly 1 nmea 0 nmearef 0 nhand 0 nmar 0 nhuman 0 ninertial 0
bod 0 not tracked
bod 1 qu 1.000 loc -26.118 1478.318 -6.851 rot -0.995 -0.031 0.097 -0.024 0.997 0.076 -0.099 0.073 -0.992
bod 2 not tracked
bod 3 qu 1.000 loc 158.452 1003.354 -84.909 rot -0.453 0.513 0.729 -0.598 -0.781 0.178 0.661 -0.355 0.661
bod 4 qu 1.000 loc 222.916 719.298 -53.809 rot -0.775 0.459 0.434 -0.271 -0.863 0.427 0.570 0.213 0.793
bod 5 qu 1.000 loc -277.695 719.262 -87.267 rot -0.397 0.594 -0.700 -0.528 -0.772 -0.355 -0.751 0.229 0.620
bod 6 qu 1.000 loc 229.217 1076.511 -183.501 rot -0.062 0.995 -0.080 0.993 0.054 -0.108 -0.103 -0.086 -0.991
bod 7 qu 1.000 loc 68.963 65.430 -96.751 rot 0.998 -0.034 -0.061 0.054 0.932 0.359 0.044 -0.362 0.931
bod 8 qu 1.000 loc -238.652 1038.925 -226.692 rot -0.063 -0.995 0.075 -0.769 0.001 -0.639 0.636 -0.098 -0.765
bod 9 qu 1.000 loc -101.571 71.231 -92.977 rot 0.978 0.101 0.183 -0.163 0.918 0.361 -0.132 -0.383 0.914
bod 10 qu 1.000 loc 86.825 638.155 -38.513 rot 0.091 0.984 0.154 0.179 -0.168 0.969 0.980 -0.061 -0.191
bod 11 qu 1.000 loc -111.731 647.860 -33.675 rot 0.045 -0.993 -0.109 0.008 -0.109 0.994 -0.999 -0.045 0.003
bod 12 not tracked
bod 13 qu 1.000 loc 243.246 918.034 -146.252 rot -0.349 0.246 0.904 0.935 0.150 0.320 -0.057 0.958 -0.282
bod 14 qu 1.000 loc -8.642 1104.479 -260.216 rot -0.996 -0.081 0.050 0.091 -0.964 0.251 0.028 0.255 0.967
bod 15 qu 1.000 loc 87.787 278.810 -117.178 rot -0.998 0.001 0.063 0.062 -0.149 0.987 0.010 0.989 0.148
bod 16 qu 1.000 loc -271.761 885.622 -173.768 rot -0.259 0.288 0.922 -0.964 -0.014 -0.266 -0.064 -0.958 0.281
bod 17 qu 1.000 loc 133.464 1310.715 -130.256 rot 0.934 -0.337 0.116 0.178 0.724 0.667 -0.309 -0.602 0.736
bod 18 qu 1.000 loc -145.264 1322.896 -132.165 rot -0.949 -0.225 0.221 -0.111 0.894 0.435 -0.295 0.388 -0.873
bod 19 qu 1.000 loc -114.206 257.504 -113.055 rot 0.991 0.030 -0.134 0.137 -0.191 0.972 0.003 -0.981 -0.193
bod 20 not tracked
fly 0 not tracked
btn 0 0 0 0 0 0 iov 0.000 0.000
Стр 1, столб 1 100% Windows (CRLF) UTF-8

IDLE_recording.txt – Блокнот
Файл  Правка  Формат  Вид  Справка
no inertial body data

frame 1019 ts 14509.549 nbody 21 nfly 1 nmea 0 nmearef 0 nhand 0 nmar 0 nhuman 0 ninertial 0
bod 0 not tracked
bod 1 qu 1.000 loc -31.676 1476.530 -13.433 rot -0.996 -0.021 0.088 -0.013 0.995 0.097 -0.090 0.095 -0.991
bod 2 not tracked
bod 3 qu 1.000 loc 150.324 1003.324 -90.150 rot -0.455 0.519 0.724 -0.599 -0.779 0.182 0.659 -0.351 0.665
bod 4 qu 1.000 loc 213.910 718.718 -55.825 rot -0.781 0.461 0.420 -0.283 -0.862 0.421 0.556 0.210 0.804
bod 5 qu 1.000 loc -286.457 719.850 -92.280 rot -0.403 0.596 -0.695 -0.543 -0.767 -0.342 -0.737 0.240 0.632
bod 6 qu 1.000 loc 223.656 1075.926 -184.907 rot -0.061 0.995 -0.082 0.995 0.055 -0.079 -0.075 -0.086 -0.993
bod 7 qu 1.000 loc 68.640 65.545 -96.869 rot 0.998 -0.031 -0.060 0.051 0.933 0.357 0.045 -0.359 0.932
bod 8 qu 1.000 loc -245.892 1038.370 -234.161 rot -0.068 -0.994 0.081 -0.766 0.000 -0.643 0.639 -0.106 -0.762
bod 9 qu 1.000 loc -101.970 71.238 -92.958 rot 0.977 0.104 0.185 -0.166 0.917 0.362 -0.132 -0.385 0.914
bod 10 qu 1.000 loc 79.252 639.343 -40.803 rot 0.084 0.986 0.142 0.168 -0.155 0.974 0.982 -0.058 -0.178
bod 11 qu 1.000 loc -119.860 648.584 -38.888 rot 0.052 -0.994 -0.099 -0.003 -0.099 0.995 -0.999 -0.052 -0.008
bod 12 not tracked
bod 13 qu 1.000 loc 236.604 917.602 -147.365 rot -0.378 0.243 0.893 0.925 0.146 0.352 -0.045 0.959 -0.280
bod 14 qu 1.000 loc -14.297 1104.093 -266.506 rot -0.997 -0.073 0.037 0.080 -0.960 0.267 0.016 0.269 0.963
bod 15 qu 1.000 loc 84.250 278.448 -116.802 rot -0.998 -0.010 0.067 0.067 -0.154 0.986 0.000 0.988 0.155
bod 16 qu 1.000 loc -280.046 885.856 -179.729 rot -0.248 0.287 0.925 -0.967 -0.008 -0.256 -0.066 -0.958 0.279
bod 17 qu 1.000 loc 126.482 1310.330 -134.121 rot 0.932 -0.339 0.126 0.171 0.721 0.672 -0.319 -0.604 0.730
bod 18 qu 1.000 loc -151.877 1322.777 -139.527 rot -0.951 -0.231 0.207 -0.123 0.893 0.433 -0.285 0.386 -0.877
bod 19 qu 1.000 loc -117.362 257.455 -114.277 rot 0.990 0.044 -0.131 0.137 -0.181 0.974 0.019 -0.983 -0.185
bod 20 not tracked
```

Рис. 3. Данные полученные с системы оптического трекинга

Однако при считывании данных с камер могут возникать аномалии из-за которых они могут теряться, такие данные обозначаются “not tracked”.

Можно выделить следующие наиболее частые причины возникновения аномалий:

– Выход за пределы поля зрения фотоприемников. Во время процесса съемки между целью и датчиками нередко возникает препятствие. Как следствие, объект становится невидимым для камеры, а информация о местоположении перестает поступать от приборов. Применение активных маркеров, которые сами способны к свечению, отчасти помогает решить эту проблему, что увеличивает шанс успешного отслеживания.

– Внешние источники излучения. Чувствительные матрицы могут уловить посторонний свет, посчитав его за еще один отражатель. В DTrack2 это затруднение решено при помощи использования мишеней с уникальной сложной геометрией. Это позволяет в точности распознавать каждую часть тела. Также благодаря этому программа точно считывает не только координаты, но и ориентацию в пространстве.

Перейдем непосредственно к эксперименту. Эксперимент заключался в том что объект исследования надевает на себя систему мишеней ART Track и входит в область слежения системы оптического трекинга. Далее он совершает определенные движения, например ходьба вокруг комнаты. Система оптического трекинга состоит из 8 инфракрасных камер находящихся в углах кубической комнаты и принимают отраженный маркерами сигнал.

После получения данных необходимо их проанализировать. Анализ данных проводится с помощью языка программирования Python. Для начала нужно заменить все данные с пометкой “ not tracked” на “None” и построить график (Рисунок 4). На данном графике видно, что произошла потеря данных, когда объект исследования двигался по углу комнаты.

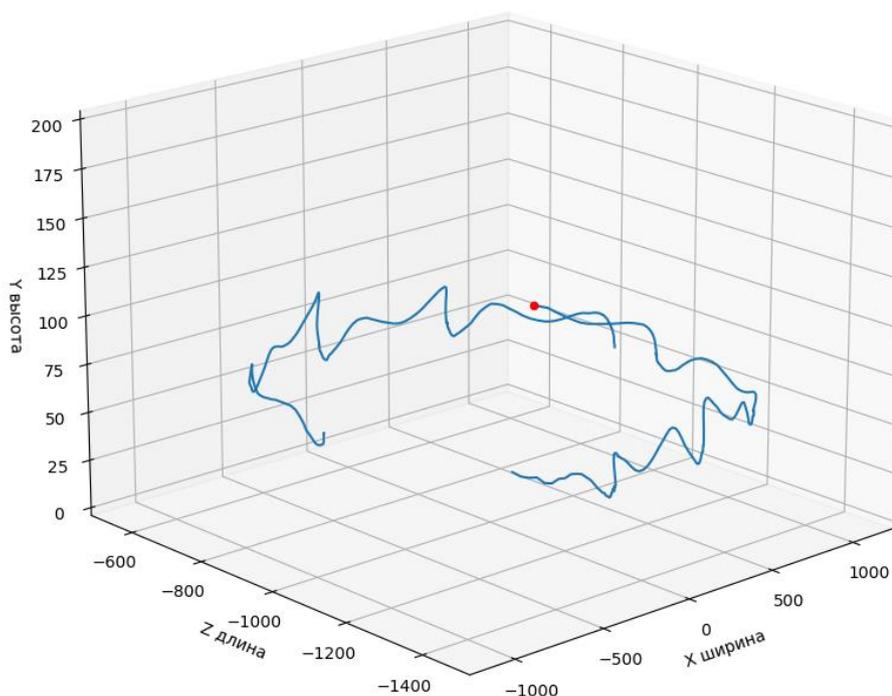


Рис. 4. Пример потери данных на графике движения тела “Левая стопа”

Главная проблема состоит в способе восстановления потерянных данных на выявленном интервале. Было решено использовать способы двумерного восстановления данных, то есть зависимость по одной координате от времени. Первым реализованным способом является использование метода интерполяции кубического сплайна. Суть данного метода состоит в построении кубической функции вида $f(x) = a + bx + cx^2 + dx^3$ на отрезке потерянных данных.

Просмотрим результаты восстановления для разных тел, например тела голова (Рисунок 5) и тела левая стопа (Рисунок 6). Как видно из графика тела “Голова” (Рисунок 5) данный метод хорошо работает с теми потерянными данными где графически можно поставить сплошную прямую. Однако из графика тела “Левая стопа” (Рисунок 6) видно, что с данными (?????) метод работает плохо, так как конструкция графика сильно изменяется.

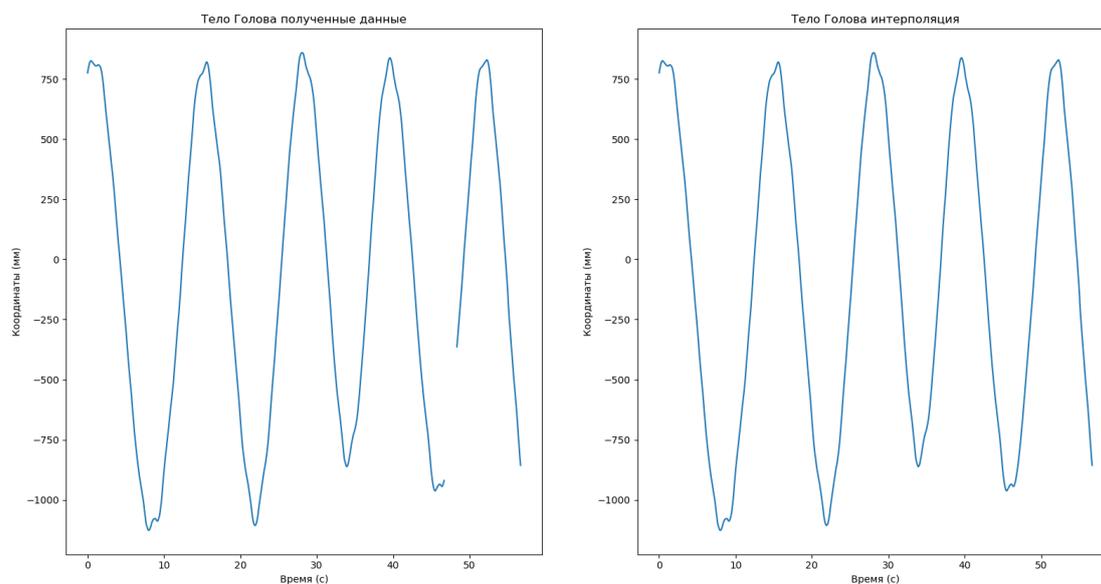


Рис. 5. Пример использования метода интерполяции для восстановления данных тела “Голова”

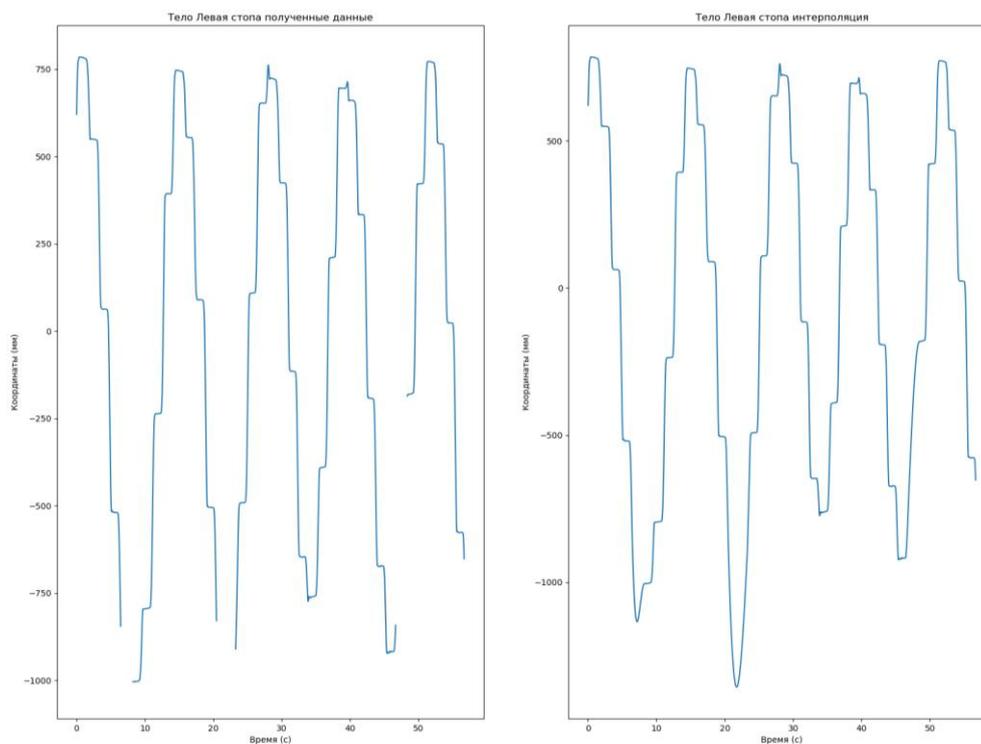


Рис. 6. Пример использования метода интерполяции для восстановления данных тела “Левая стопа”

Второй реализованным способ является восстановление данных с помощью нейронной сети. Суть восстановления данных с помощью нейронной сети состоит в том, что известный массив данных делится на известную часть временного ряда и неизвестную часть временного ряда. По известной части создается модель с помощью которой восстанавливается интервал неизвестной части.

Так же как и для метода кубического сплайна рассмотрим тела “Голова” (Рисунок 7) и “Левая стопа” (Рисунок 8).

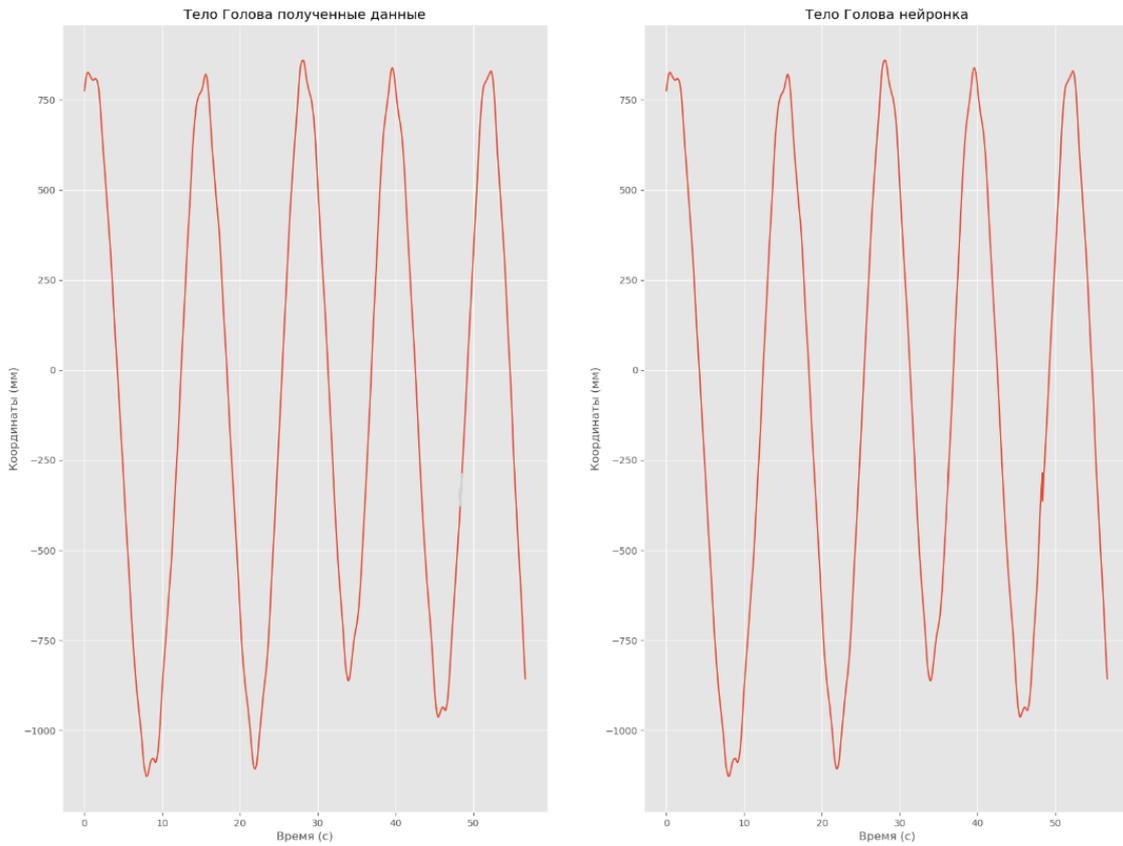


Рис. 7. Пример использования нейронной сети для восстановления данных тела “Голова”

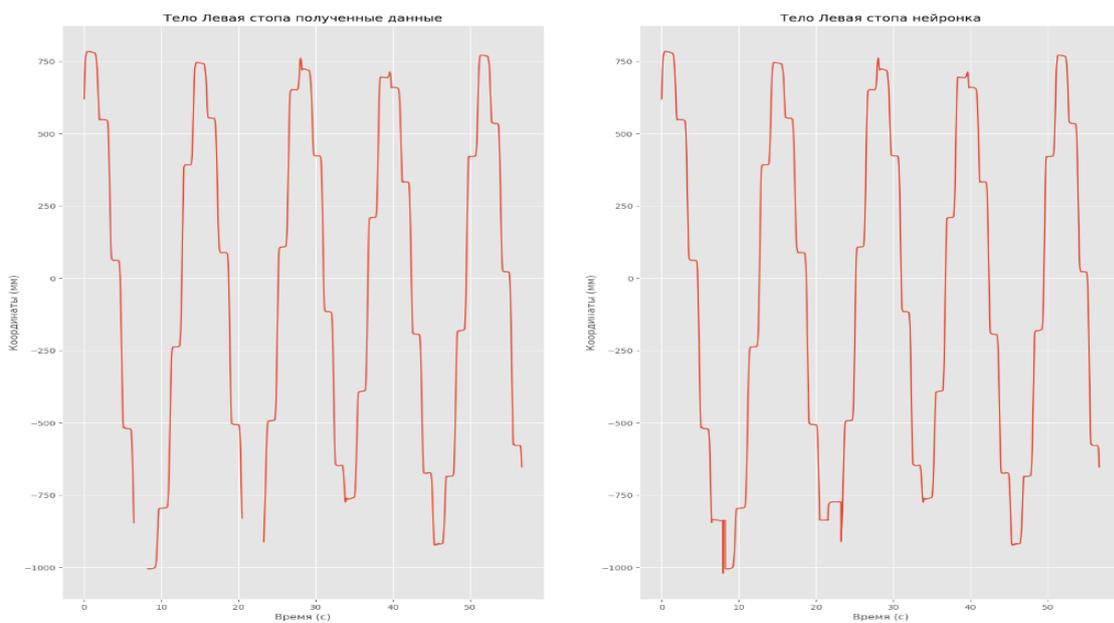


Рис. 8. Пример использования нейронной сети для восстановления данных тела “Левая стопа”

Из полученных графиков видно что несмотря на меньший интервал потерянных данных для тела “Голова”, данный метод работает не так хорошо как метод интерполяции, однако смотря на тело “Левая стопа” видно, что нейронная сеть смогла сохранить ступенчатую структуру движения тела.

Описанные методы восстановления данных нуждаются в доработке, но надеюсь в дальнейшем результаты данной работы могут быть использованы при создании приложений для записи и воспроизведения перемещения различных объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. System user manual. ARTtrack® , TRACKPACK & DTrack®. Weilheim: A.R.T. GmbH, 2018. 275 с.
2. Бахвалов Н. С., Жидков Н. П., Кобельков Г. М. Численные методы. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2008. 636 с.
3. Meredith M., Maddock S. Motion Capture File Formats Explained. University of Sheffield, 1998. 40 p.

УДК 622.276.3

А. А. СУЛЕЙМАНОВ

aidar_81299@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. С. В. ЕМЕЦ

Уфимский государственный нефтяной технический университет

ОСОБЕННОСТИ УЧЕТА ПРОДУКЦИИ СКВАЖИН СЕПАРАЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Аннотация. В настоящей статье приводится описание технологии подготовки нефти и процесса измерения продукции скважин с использованием сепарационной установки с последующим покомпонентным измерением расхода. Определены особенности данного способа измерения и определены пути уменьшения методической погрешности.

Ключевые слова: измерение дебита; сепаратор; подготовка нефти; методика измерений; шаровой сегмент; интегрирование.

На нефтедобывающих промыслах количество нефти должно быть обязательно измерено. В соответствии с ПНСТ 360 [1], масса скважинной жидкости должна быть измерена с допускаемой относительной погрешностью не более 2,5 %. Измерительные установки на промыслах достигают такой точности за достаточно долгий промежуток времени вследствие наличия методической погрешности. Настоящая работа определяет пути выхода точности измерения дебита скважин на требуемый уровень точности за более короткий промежуток времени.

Измерительные установки обычно являются частью установки подготовки нефти (рис. 1). Процесс подготовки протекает следующим образом. Нефтеводяная смесь со скважины подается на сепарацию первой ступени или же поступает в измерительную систему. Затем происходит вторая стадия сепарации, после чего нефть отправляется на электродегидратор. Для дегазации и очищения от сероводорода нефть идет на стриппинг-колонну. Последней стадией подготовки является процесс охлаждения, необходимый для дальнейшего хранения или транспортировки.

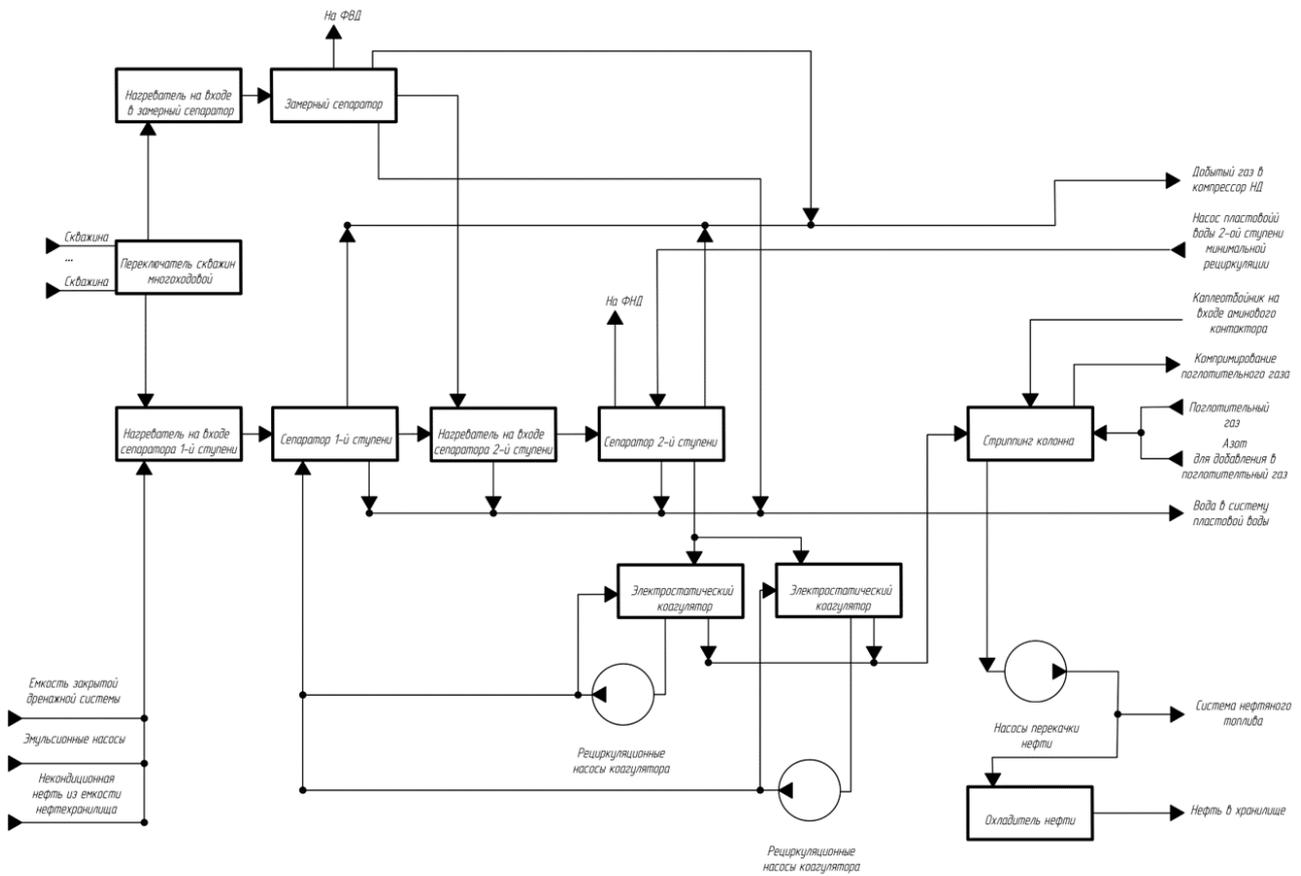


Рис. 1. Технологическая схема установки подготовки нефти

Одна из распространенных установок учета продукции скважин состоит из трехфазного сепаратора и измерительных линий для отдельного учета нефти, газа и воды (рис. 2).

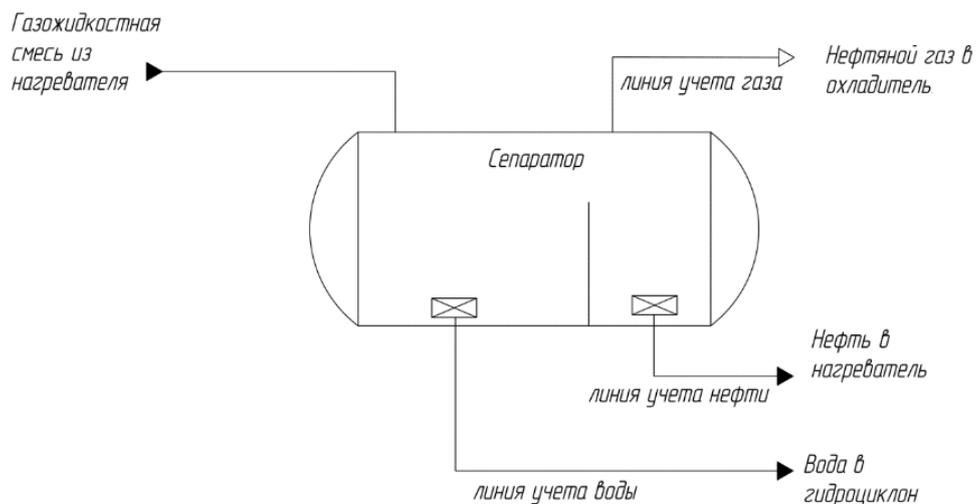
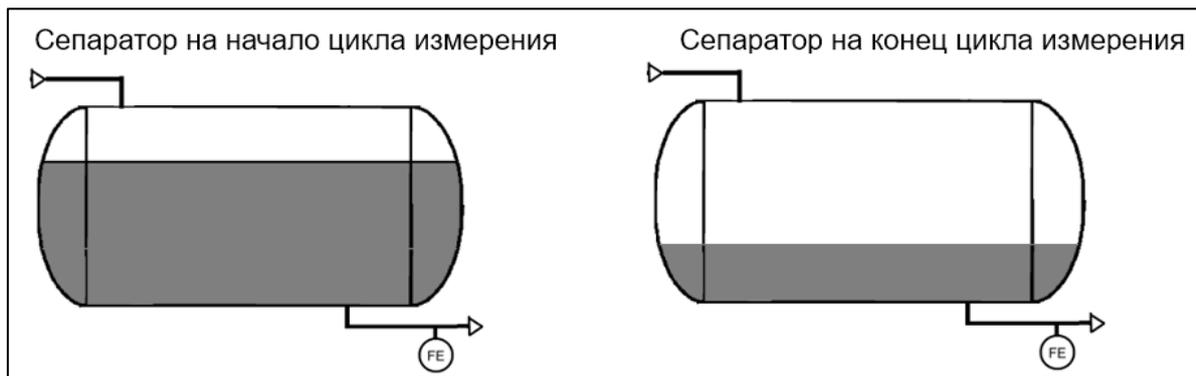


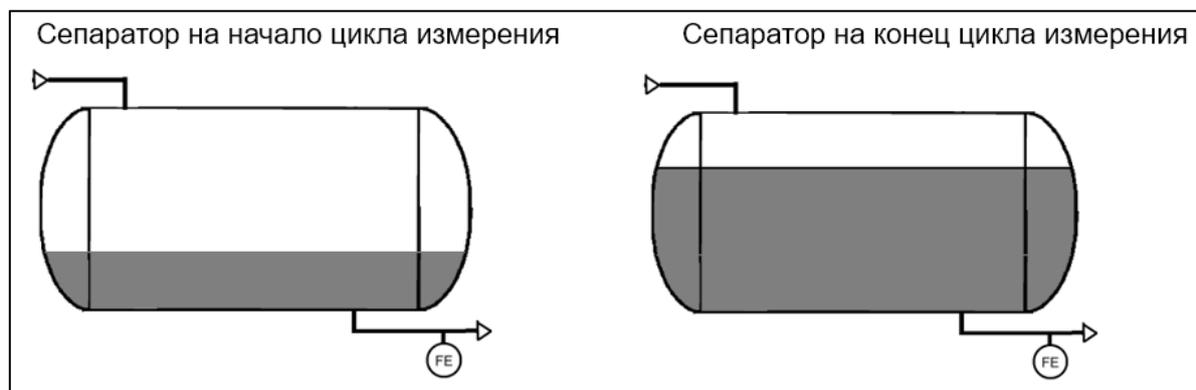
Рис. 2. Технологическая схема установки измерения дебита

В рассматриваемой схеме учета продукции имеется следующая особенность. Сепаратор обладает свойством накапливать жидкость, из-за чего у методики измерения возникают уязвимости, не позволяющие выйти на требуемую точность учета сразу после подключения скважины на замер. Если уровень жидкости в сепараторе на начало измерения дебита скважины выше, чем на конец измерения, то это значит, что жидкость, оставшаяся в сепараторе с предыдущего цикла измерения, прошла через измерительные линии и была учтена как жидкость текущего цикла (рис. 3, а). Если же уровень в сепараторе на начало измерения ниже, чем на конец, это значит, что не вся нефть, пришедшая со скважины, прошла через измерительные линии, так как задержалась в сепараторе (рис. 3, б).

Из-за перечисленных проблем возникает методическая погрешность.



а



б

Рис. 3. Иллюстрация причин возникновения методической погрешности

Одним из решений данной проблемы могло бы быть регулирование уровня жидкости в сепараторе, так как поддерживая уровень нефти в сепараторе до замера и на момент окончания замера одинаковым – удалось бы нивелировать проблему неучтенного объема, так как равный уровень означал бы равенство объемов жидкости в сепараторе на начало и на конец цикла измерения, что является свидетельством отсутствия задержек излишков нефти в сепараторе.

Здесь возникает некоторая трудность. В сепараторе помимо нефти содержится и вода. Поэтому необходимо регулировать не только уровень нефти, но и уровень водонефтяного раздела. Однако регулирование двух уровней в сепараторе одновременно является сложной технической задачей. Поэтому для решения представленной проблемы предлагается другая методология – оценивать разность объемов жидкости в сепараторе по геометрическим размерам сепаратора и показаниям датчика уровня, затем вычислять массу этой разности и вычитать из массы, подсчитанной расходомерами. То есть из массы, рассчитанной по расходомеру необходимо вычесть поправочную массу, которая равна разности масс нефти в сепараторе в начале измерения и в конце измерения. Таким образом, прежде массовый расход рассчитывался по формуле:

$$G_{old} = \frac{\Sigma M_2 - \Sigma M_1}{t_2 - t_1}, \quad (1)$$

где G_{old} – массовый расход по старому методу, кг/ч; ΣM_1 – показания счетчика массомера на начало замера, кг; ΣM_2 – показания счетчика массомера на конец замера, кг; t_1, t_2 – время начала и конца замера, ч. После введения учета остаточной массы расход будет рассчитываться согласно выражению:

$$G_{new} = \frac{\Sigma M_2 - \Sigma M_1 - (M_1 - M_2)}{t_2 - t_1}, \quad (2)$$

где M_1 – масса жидкости в сепараторе на начало замера, кг; M_2 – масса жидкости в сепараторе на конец замера, кг.

Схема сепаратора с указанием основных размеров приведена на рис. 4. Поскольку в выражении (2) нам неизвестны массы жидкости, то предлагается их найти путем вычисления ее объема в разные моменты времени. Объем жид-

кости, согласно рис. 4. складывается из объема цилиндрической части и объема в шаровом сегменте.

Объем жидкости в цилиндрической части сепаратора при известном уровне жидкости вычисляется достаточно [2]:

$$V_{ц} = S_{сезм} \cdot L = \frac{R_{ц}^2 L}{2} \left(2 \arccos \left(\frac{R_{ц} - h}{R_{ц}} \right) - \sin \left(2 \arccos \left(\frac{R_{ц} - h}{R_{ц}} \right) \right) \right) \quad (3)$$

где h – уровень жидкости в сепараторе, м; L – высота цилиндра, м; $V_{ц}$ – объем жидкости в цилиндрической части, м³.

Объем жидкости, заключенной в шаровом сегменте можно вычислить путем интегрирования [2]:

$$V_{сезм} = \int_{R-R_{ц}}^{h+R-R_{ц}} \frac{(2Rx - x^2)}{2} \left(2 \arccos \left(\frac{R - m_0}{\sqrt{2Rx - x^2}} \right) - \sin \left(2 \arccos \left(\frac{R - m_0}{\sqrt{2Rx - x^2}} \right) \right) \right) dx \quad (4)$$

Далее был проведен расчет массового расхода в сепараторе по старой методике (выражение (1)) и согласно предложенной методике (выражение (2)).

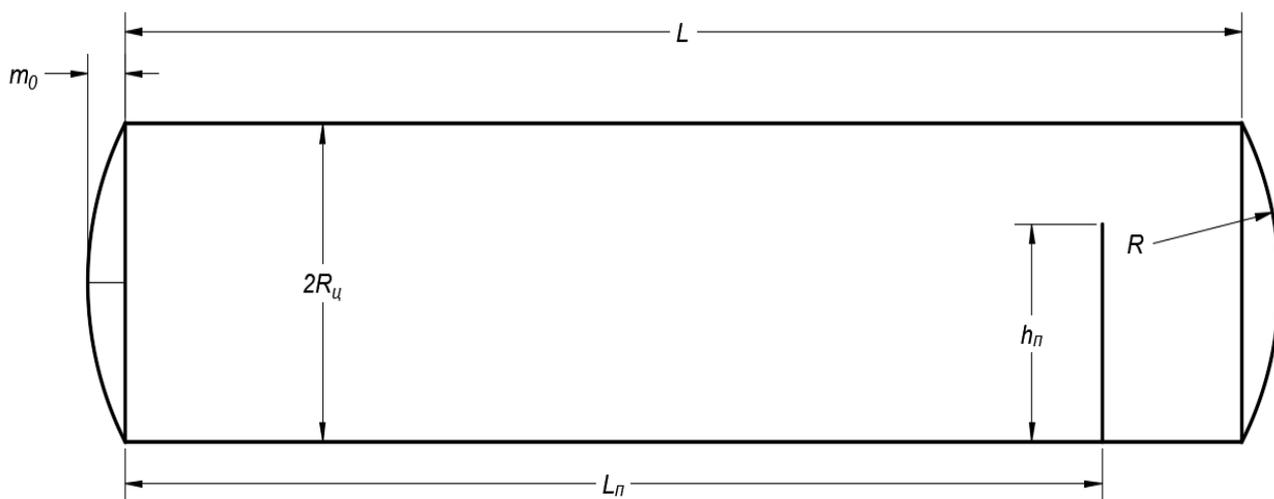


Рис. 4. Схема сепаратора:

$R_{ц}$ – радиус сепаратора, м; m_0 – высота шарового сегмента или кругового сегмента центрального сечения днища, м; L – длина сепаратора, м; R – радиус шарового сегмента днища, м; L_n – длина сепаратора до перегородки, м; h_n – высота перегородки

Как видно из таблицы 1, в расчете по старому методу участвует остаток нефти предыдущего замера. С течением времени значение расхода G_{HM} стре-

мится к истинному значению расхода $G_{ИСТ}$. Это видно по значению относительной погрешности по расходу

$$\delta_G = \frac{G_{НМ} - G_{ИСТ}}{G_{ИСТ}}.$$

Значение же расхода по новому методу $G_{НМ-НД}$ (соответствует G_H) приходит к истинному значению сразу же (при условии, что истинный расход постоянен). Методическая погрешность в таком случае равна отсутствию, что и является достоинством нового метода. В измерениях в дальнейшем участвует только инструментальная погрешность.

Если оценивать эффективность в абсолютном выражении, то максимальная абсолютная погрешность измерения массы нефти, которую можно устранить, вычисляется по формулам 1 и 2, при подстановке уровня нефти равного высоте перегородки 2050 мм и уровня воды равного нулю. По формуле получается максимальное значение неучтенного объема нефти $55,2 \text{ м}^3$. Если принять плотность нефти $992,4 \text{ кг/ м}^3$, то максимальная масса неучтенной нефти составляет $54,7 \text{ т}$.

Таким образом, метод позволяет или сократить время замера, или повысить точность при неизменном времени замера.

Таблица 1

Сравнение эффективности работы исходной и новой методик

Параметр	Значения				
	0	1	2	10	30
t , ч	0	1	2	10	30
$M_{НД}$, кг	5000	5000	5000	5000	5000
$G_{ИСТ}$, кг/ч	10000	10000	10000	10000	10000
$M_{НМ}$, кг	0	15000	25000	105000	305000
$M_{НМ} - M_{НД}$, кг	-	10000	20000	100000	300000
$G_{НМ}$, кг/ч	-	15000	12500	10500	10167
$G_{НМ-НД}$, кг/ч	-	10000	10000	10000	10000
δ_M , %	-	50	25	5	1,67
δ_G , %	-	50	25	5	1,67

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ПНСТ 360-2019 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Измерения количества добываемых из недр нефти и попутного нефтяного газа. Общие метрологические и технические требования [Электронный ресурс].
URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200167722> (дата обращения 23.05.2021).
2. Выгодский М. Я. Справочник по высшей математике // М.: изд-во АСТ, 2019. 703 с.

СИММЕТРИИ ОДНОГО НЕЛИНЕЙНОГО ВОЛНОВОГО УРАВНЕНИЯ

Аннотация. В работе проведено исследование одного нелинейного волнового уравнения методами группового анализа.

Ключевые слова: нелинейное волновое уравнение; допускаемая группа преобразований.

Рассмотрим волновое уравнение

$$u_{tt} + \varphi(u)u_t = (u^\delta u_x)_x \quad (1)$$

с произвольной функцией $\varphi(u)$ ($\varphi(u) \neq \text{Const}$) и произвольной постоянной δ ($\delta \neq 0$).

Будем искать допускаемую группу преобразований с оператором

$$X = \xi(x, t, u) \frac{\partial}{\partial x} + \tau(x, t, u) \frac{\partial}{\partial t} + \eta(x, t, u) \frac{\partial}{\partial u}.$$

Действуя вторым продолжением оператора

$$X_2 = X + \varsigma_1 \frac{\partial}{\partial u_x} + \varsigma_{11} \frac{\partial}{\partial u_{xx}} + \varsigma_2 \frac{\partial}{\partial u_t} + \varsigma_{22} \frac{\partial}{\partial u_{tt}}$$

на уравнение (1), получим определяющее уравнение:

$$\begin{aligned} \varsigma_{22} - \eta(\delta(\delta - 1)u^{\delta-2}u_x^2 + \delta u^{\delta-1}u_{xx} - \varphi_u(u)u_t - 2\varsigma_1 \delta u^{\delta-1}u_x - \varsigma_{11}u^\delta + \\ + \varsigma_2 \varphi(u))|_{(1)} = 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Подставляя выражения

$$\varsigma_1 = D_x \eta - u_t D_x \tau - u_x D_x \xi = \eta_x + u_x \eta_u - u_t (\tau_x + u_x \tau_u) - u_x (\xi_x + u_x \xi_u),$$

$$\varsigma_2 = D_t \eta - u_t D_t \tau - u_x D_t \xi = \eta_t + u_t \eta_u - u_t (\tau_t + u_t \tau_u) - u_x (\xi_t + u_t \xi_u),$$

$$\varsigma_{11} = D_x \varsigma_1 - u_{tx} D_x \tau - u_{xx} D_x \xi =$$

$$\begin{aligned} = \eta_{xx} + 2\eta_{xu}u_x + u_{xx}\eta_u + u_x^2\eta_{uu} - 2u_{tx}(\tau_x + u_x\tau_u) - \\ - 2u_{xx}(\xi_x + u_x\xi_u) - u_t(\tau_{xx} + u_{xx}\tau_u + 2u_x\tau_{ux} + u_x^2\tau_{uu}) - \\ - u_x(\xi_{xx} + u_{xx}\xi_u + 2u_x\xi_{xu} + u_x^2\xi_{uu}), \end{aligned}$$

$$\varsigma_{22} = D_t \varsigma_2 - u_{tt} D_t \tau - u_{tx} D_t \xi =$$

$$= \eta_{tt} + 2\eta_{tu}u_t + u_{tt}\eta_u + u_t^2\eta_{uu} - 2u_{tt}(\tau_t + u_t\tau_u) - 2u_{tx}(\xi_t + u_t\xi_u) - \\ - u_t(\tau_{tt} + u_{tt}\tau_u + 2u_t\tau_{ut} + u_t^2\tau_{uu}) - u_x(\xi_{tt} + u_{tt}\xi_u + 2u_t\xi_{tu} + u_t^2\xi_{uu}),$$

и $u_{xx} = (u_{tt} + u_t\varphi(u) - \delta u^{\delta-1}u_x^2)\frac{1}{u^\delta}$ в уравнение (2) и расщепляя его по переменным u_x, u_t, u_{tt} , получим следующую систему уравнений:

$$1: \quad \eta_{tt} - u^\delta\eta_{xx} + \varphi(u)\eta_t = 0, \quad (3)$$

$$u_t: \quad 2\eta_{tu} - \tau_{tt} - \frac{\eta\delta\varphi(u)}{u} + \eta\varphi_u(u) - \varphi(u)\tau_t + 2\varphi(u)\xi_x = 0, \quad (4)$$

$$u_{tt}: \quad -2\tau_t - \frac{\eta\delta}{u} + 2\xi_x = 0, \quad (5)$$

$$u_x: \quad -2\delta u^{\delta-1}\eta_x - 2u^\delta\eta_{xu} + u^\delta\varepsilon_{xx} = 0, \quad (6)$$

$$u_x^2: \quad \eta\delta u^{\delta-2} - \delta u^{\delta-1}\eta_u = 0, \quad (7)$$

$$u_t^2: \quad \eta_{uu} - 2\tau_{ut} = 0, \quad (8)$$

$$u_t u_{tt}: \quad \tau_u = 0, \quad (9)$$

$$u_{tx}: \quad 2u^\delta\tau_x - 2\xi_t = 0, \quad (10)$$

$$u_t u_{tx}: \quad \xi_u = 0, \quad (11)$$

$$u_t^3: \quad \tau_{uu} = 0, \quad (12)$$

$$u_x u_t^2: \quad \xi_{uu} = 0. \quad (13)$$

Решая уравнения (9)-(13), получим $\xi = \xi(x), \tau = \tau(t)$. Подставляя их в уравнение (8), делаем вывод, что функция η линейна по переменной u : $\eta = a(t, x)u + b(t, x)$. В этом случае из уравнения (5) следует, что $\eta = \frac{2u}{\delta}(\xi_x - \tau_t)$. Подставляя значение η в уравнение (6), получим:

$$\xi = C_1 + C_2x, \text{ причем } \delta \neq -\frac{4}{3}.$$

Найдем τ из уравнений (3)-(4). Если $\varphi(u)$ – произвольная функция, то из системы

$$\tau_{tt} = 0, \quad \xi_{xxx} = 0, \quad \tau_{ttt} = 0, \quad \tau_{tt} = 0, \\ \tau_t = 0, \quad \tau_t = \xi_x,$$

имеем $\xi = C_1$, $\tau = C_3$, где C_i – постоянные. Поскольку $\eta = \frac{2u}{\delta}(\xi_x - \tau_t)$ и $\xi = C_1 + C_2x$, то $\eta = 0$ и $C_2 = 0$. Следовательно, в случае произвольной функции $\varphi(u)$ уравнение (1) допускает двухпараметрическую группу с операторами

$$X_1 = \frac{\partial}{\partial x}, \quad X_2 = \frac{\partial}{\partial t}.$$

Найдем расширения группы преобразований. Из уравнений (3)-(4) имеем классифицирующую систему:

$$-\left(\frac{4}{\delta} + 1\right)A + \varphi(u)B + \frac{2u}{\delta}C\varphi(u) = 0,$$

$$\varphi(u) = K + Mu^\delta.$$

Следовательно, из решения данного уравнения можно сделать вывод, что допускаемая уравнением (1) группа расширяется, если:

- 1) $\varphi(u) = \hat{A}\left(\frac{\delta}{2} + 2\right) + Mu^\delta$, δ – произвольная константа;
- 2) $\varphi(u) = \hat{A}\left(\frac{\delta}{2} + 2\right) + Mu^{-\frac{4}{3}}$, $\delta = -\frac{4}{3}$;

Рассмотрим *случай 1*: $\varphi(u) = \hat{A}\left(\frac{\delta}{2} + 2\right) + Mu^\delta$. Подставляя $\varphi(u)$ в уравнения (3),(4), имеем

$$\left(-\frac{4}{\delta} - 1\right)\tau_{tt} + \hat{A}\left(\frac{\delta}{2} + 2\right)\tau_t + Mu^\delta\tau_t - 2u^\delta(\varepsilon_x - \tau_t) = 0,$$

$$-\frac{2u}{\delta}\tau_{ttt} - \frac{2u^{\delta+1}}{\delta}\xi_{xxx} - \hat{A}\left(\frac{\delta}{2} + 2\right)\frac{2u}{\delta}\tau_{tt} - Mu^{\delta+1}\frac{2}{\delta}\tau_{tt} = 0.$$

Откуда, расщепляя по u , следует система уравнений

$$1: \left(-\frac{4}{\delta} - 1\right)\tau_{tt} + \hat{A}\left(\frac{\delta}{2} + 2\right)\tau_t = 0,$$

$$u^\delta: \quad M\tau_t - 2(\varepsilon_x - \tau_t) = 0,$$

$$u: \quad -\frac{2}{\delta}\tau_{ttt} - \hat{A}\left(\frac{\delta}{2} + 2\right)\frac{2}{\delta}\tau_{tt} = 0,$$

$$u^{\delta+1}: \quad -\frac{2}{\delta}\xi_{xxx} - M\frac{2}{\delta}\tau_{tt} = 0.$$

Как решение получаем: $\xi_x = \frac{C_3}{2}$, $\tau_t = \frac{C_3}{M+2}$, $M \neq -2$. Следовательно, координаты оператора будут иметь вид:

$$\xi = \frac{C_3 x}{2} + C_4, \tau = \frac{C_3 t}{M+2} + C_5, \text{ где } M \neq -2,$$

такое возможно если выполняется одно из следующих условий: $C_3 = 0$ или $\delta = -4$ или $\hat{A} = 0$. Из уравнения (5) следует $\eta = \frac{uC_3}{(M+2)\delta}$.

Если $C_3 = 0$ или $M=-2$ имеем те же операторы что и в случае произвольной функции $\varphi(u)$.

Если $\hat{A} = 0$, то $\varphi(u) = Mu^\delta$, то допускаемая уравнением (1) группа преобразований расширяется до трехпараметрической оператором:

$$X_3 = \frac{x}{2} \frac{\partial}{\partial x} + \frac{t}{M+2} \frac{\partial}{\partial t} + \frac{u}{(M+2)\delta} \frac{\partial}{\partial u}.$$

Рассмотрим *случай 2*: Пусть $\delta = -\frac{4}{3}$. Из уравнения (5) следует $\eta = \frac{2u}{\delta}(\xi_x - \tau_t) = \frac{3u}{2}(\tau_t - \xi_x)$. Из уравнений (3)-(4) имеем систему:

$$\begin{aligned} \tau_{tt} &= 0, & \xi_{xxx} &= 0, & \tau_{ttt} &= 0, & \tau_{tt} &= 0, \\ \tau_t &= 0, & \tau_t &= \xi_x. \end{aligned}$$

Ее решение: $\xi = C_1, \tau = C_3$, где C_i – постоянные. Поскольку $\eta = \frac{2u}{\delta}(\xi_x - \tau_t)$, то $\eta = 0$. И группа не расширяется.

Если $\varphi(u) = \hat{A} + Mu^{-\frac{4}{3}}$, то из уравнений (3)-(4) получим

$$\xi = C_1 x + C_2, \tau = 2C_1 t + C_3, \eta = \frac{3uC_1}{2}.$$

Такое возможно если выполняется одно из следующих условий: $\hat{A} = 0$ или $C_1 = 0$. Если $C_1 = 0$, то допускаемая группа преобразований не расширяется.

Если $\hat{A} = 0$, то $\varphi(u) = Mu^{-\frac{4}{3}}$, а допускаемая уравнением (1) группа преобразований расширяется оператором

$$X_3 = x \frac{\partial}{\partial x} + 2t \frac{\partial}{\partial t} - \frac{3u}{2} \frac{\partial}{\partial u}.$$

Заключение

В результате групповой классификации установлено, что нелинейное волновое уравнение в случае произвольной функции и параметра, входящих в него, допускает двухпараметрическую группу преобразований, в остальных

случаях (степенная функция) допускаемая группа расширяется до трехпараметрической. Планируется использовать в дальнейшем результаты работы для построения приближенных инвариантно-групповых решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головин С.В., Чесноков А.А. Групповой анализ дифференциальных уравнений (электронное учебное пособие). Новосибирск, 2009. 119 с.
2. Ибрагимов Н. Х. Групповой анализ обыкновенных дифференциальных уравнений и принцип инвариантности в математической физике (к 150-летию со дня рождения Софуса Ли), УМН, 1992. Т. 47, вып. 4(286), С. 83–144.

СЕКЦИЯ 7.5
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА

УДК 519.63

К. И. БАШИРОВА

karina-bashirova@bk.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. К. И. МИХАЙЛЕНКО

Уфимский государственный авиационный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСКАЖЕНИЙ ПРОХОДЯЩЕЙ И ОТРАЖЕННОЙ
УДАРНЫХ ВОЛН ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ СО СЛОЕМ
ГРАНУЛИРОВАННОЙ СРЕДЫ

Аннотация. Цель работы – исследование влияния искривления зернистого слоя на поведение волны в ударной трубе. Записана стандартная математическая модель для многофазной системы, подготовлена двумерная модель ударной трубы с зернистым слоем. Проведены расчеты прохождения ударной волны через изогнутый слой зерна с использованием различных сеток. Изучено влияние радиуса дуги, ограничивающей слой гранул, на поведение волны в пристеночных областях трубы.

Ключевые слова: численное моделирование; ударная волна; гранулированная среда; openfoam; twophaseeulerfoam; многофазные системы.

Ударная труба представляет собой вытянутый цилиндр, разделенный на две области при помощи тонкой диафрагмы. В начальный момент времени диафрагма из тонкого хрупкого материала разделяет трубу на секторы с газом или жидкостью с повышенным и пониженным давлением. Помимо давления, в областях различается температура и плотность.

При определенных значениях давления происходит разрыв диафрагмы. В области высокого давления возникает ударная волна, выходящая с околосзвуковой скоростью. После достижения противоположного конца трубы волна отражается от стенки — волна разряжения. За счет резкого перепада давления во фронте волны образуется резкий скачок давления (до 10^7 Па) и температуры (до 10^3 – 10^4 градусов Кельвина). После этого течение устанавливается, давления и температура сохраняют постоянные значения.

В большинстве исследований проводятся трудоемкие и дорогостоящие эксперименты на сложных установках. Численные эксперименты лишены этих недостатков, позволяют быстро и эффективно исследовать процессы в трубах с

различными геометрическим формами и с разными гранулированными слоями. Так, в представленной работе рассматриваются зернистые слои с различными радиусами ограничивающих дуг сверху и снизу от слоя.

Для решения поставленной задачи используются системы уравнений, состоящие из уравнений неразрывности, импульсов и энергии для несущей и несомой фаз, а также уравнение для силы межфазного взаимодействия [1-2]. В поставленной задаче для решения систем уравнений используется стандартный солвер пакета OpenFOAM twoPhaseEulerFoam. Солвер предназначен для моделирования систем из несжимаемых флюидных фаз и дисперсной среды.

На рисунке 1 а) приведена искривленная конечно-объемная сетка, построенная при помощи утилиты blockMesh, описывающая слой со сгущением на стенках трубы. Длина ударной трубы составляет 0.6 м, диаметр — 0.1 м. Для задания начальных условий труба разбивается на три части при помощи утилиты setFields в соответствии с рисунком 1 б): с гранулированной средой и без нее. На нижней границе слой ограничен окружностью с радиусами от 0.07 до 0.8 м. В верхней части трубы находится область повышенного давления ($3 \cdot 10^5$ Па), в остальных частях трубы давление составляет 10^5 Па. В момент времени до разрыва диафрагмы область нормального давления занимает нижние 0.5 м трубы. Содержание зерна в слое составляет 0.2 от общего объема. Диаметр зерна на $275 \cdot 10^{-5}$ м. При расчетах используются песок в качестве дисперсной среды и вода в качестве несущей фазы.

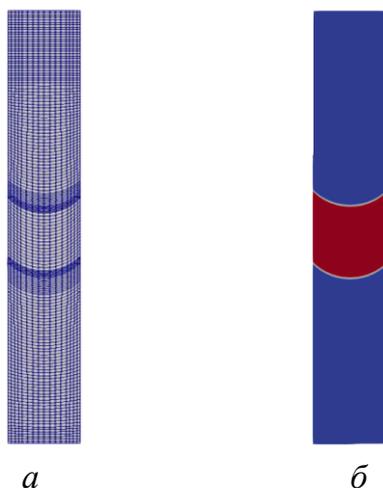


Рис. 1. Искривленная сетка (а), схема размещения слоя с гранулами внутри трубы (б)

В ходе прохождения волны вдоль трубы происходит несколько отражений: от гранулированного слоя и от нижней стенки трубы. Рассмотрим отражения на примере слоя, ограниченного снизу выпуклой окружностью с радиусом 0.08 м. На рисунке 2 а) показано распределение давления во время прохождения гранулированного слоя, на рисунке 2 б) – после слоя, на рисунке 2 в) – схема размещения прямых, вдоль которых строятся графики градиента давления.

По рисункам 2 а) — 2 б) видно, что в области над слоем градиенты давления постепенно начинают повторять форму слоя, в то время как под слоем давление стремится выровняться. Кроме того, в области над слоем в момент времени $t = 0.0011$ с появляется струя с высоким давлением, которая впоследствии переходит в область разрежения. Это может оказать негативное влияние на конструкции, если они расположены вблизи от слоя или привести к возникновению кавитационных эффектов.

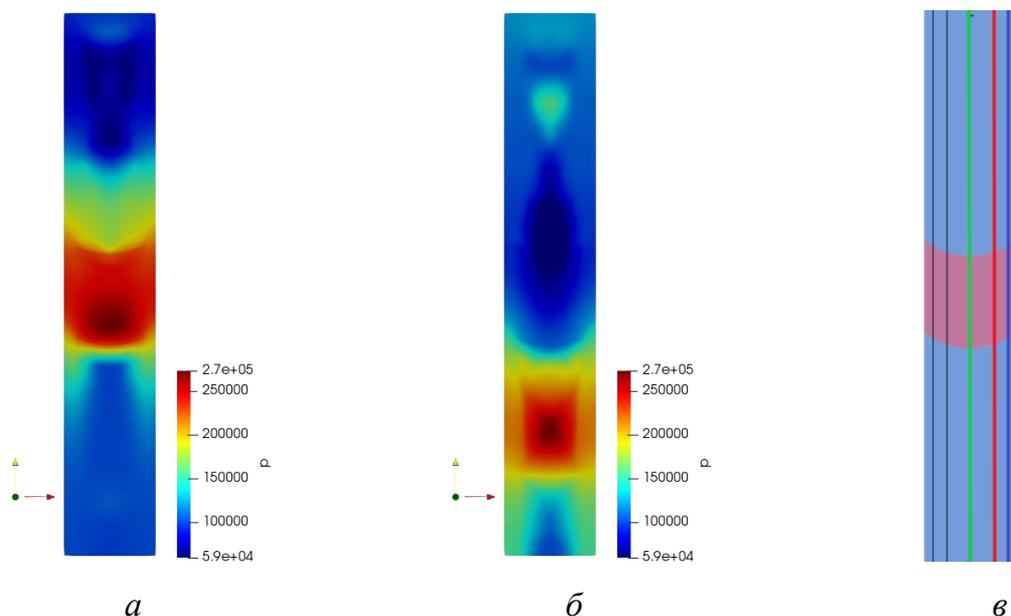
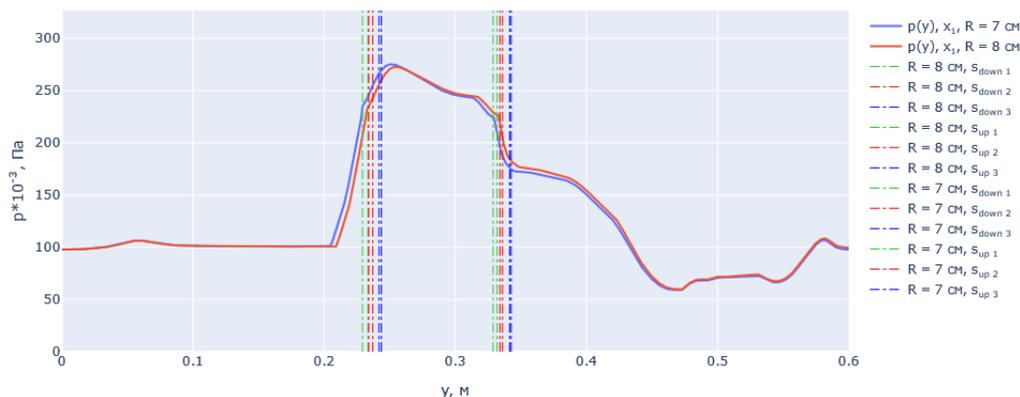


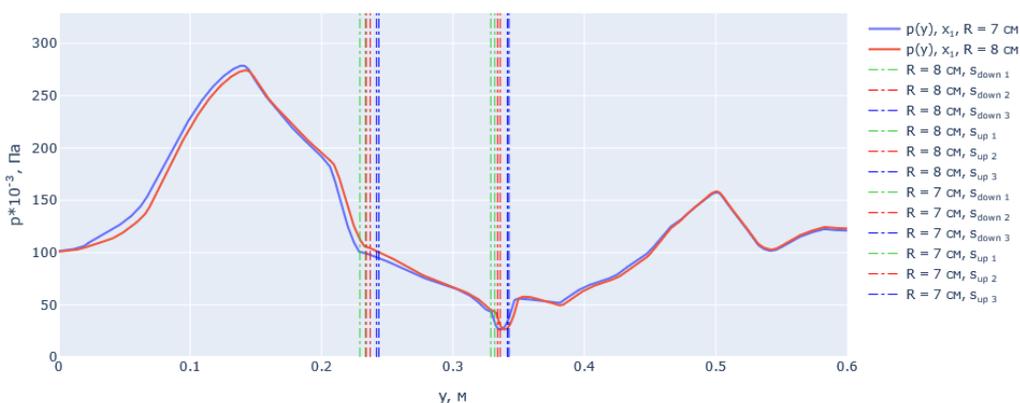
Рис. 2. Распределение давления в ударной трубе в моменты времени:
а – $t=0.0007$ с; *б* – $t=0.0011$ с; *в* – схема размещения прямых,
 вдоль которых строятся кривые давления

В середине трубы построены графики давления вдоль трубы: 3 а) — давление вдоль трубы во время прохождения сквозь слой, 3 б) — после отражения от противоположной стенки трубы. Пунктирными линиями цветов, соответ-

ствующим цветом на схеме 2 в), отмечены границы расположения слоя гранулированной среды. Графики построены для радиусов искривления слоя 7 см и 8 см.



а



б

Рис. 3. Градиент давления вдоль ударной трубы для радиусов закругления 0.07 м и 0.08 м в моменты времени: *а* – $t=0.0007$ с; *б* – $t=0.0011$ с

По графикам видно, что в момент времени $t = 0.0007$ с фронт волны в трубе с радиусом 0.07 м раньше входит в трубу и раньше выходит из нее, что объясняется геометрической формой слоя. При выходе из слоя давление в этой трубе несколько выше, чем в трубе с радиусом 0.08 м. Можно отметить, что давление сильнее концентрируется в центре трубы за счет более существенных переотражений к центру потока, вызванных усилением изгиба слоя. Напротив, в момент времени $t = 0.0011$ с при выходе из слоя выше давление в трубе с радиусом 0.08 м за счет более позднего начала отражения от нижней стенки. При этом видно, что в области за слоем давление выравнивается, и волна для трубы с большим

радиусом догоняет вторую волну. При этом в обеих трубах наблюдаются области повышенного и пониженного давления, показанные на рисунке 2 б).

В области после гранулированного слоя фронт волны пытается выровняться, что сопоставимо с поведением волны в постоянном течении [19]. Аналогичное распределение давления до зернистого слоя разительно отличается от давления в установившемся потоке. Зернистая среда препятствует свободному прохождению волны, градиент давления в верхней области пытается повторить контур слоя с гранулами. Стоит отметить, что описанное выше поведение характерно для моментов времени до отражения волны от нижней стенки трубы.

Таким образом, была построена двухмерная модель трубы, учитывающая различные формы изогнутого слоя. Показана важность учета формы слоя и расстояния до него из-за перераспределения давления в пристеночных и центральных областях трубы. Подобное изменение фронта волны может приводить к кумулятивным эффектам при столкновении ударных волн с различными конструкциями. Кроме того, подобные процессы могут усиливать кавитационную эрозию поверхности. Неравномерность слоя может привести к непредвиденной ситуации, связанной с множественными переотражениями и различным временем нахождения волны в слое, возникновением дополнительных течений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михайленко К.И., Валеева Ю.Р. Моделирование осаждения мелкодисперсной взвеси из воздуха при прохождении волн давления // Вычислительные методы и программирование, 2013. Т. 14. С.328–333.
2. Bagnold R.A. Experiments on a gravity-free dispersion of large solid spheres in a Newtonian fluid under shear // Proc. R. Soc. Lond, 1954. V.225. P. 49–63.
3. Михайленко К.И., Кулешов В.С. Математическое моделирование скоростной неравномерности потока газа за пористой преградой // Вычислительные технологии, 2015. Т. 20. № 6. С. 46–58.

И. И. ГАЛЛЯМИТДИНОВ

ishmorat@mail.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук О. К. БАБКОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет***ГРУППОВАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ НЕКОТОРОГО ОБОБЩЕНИЯ
УРАВНЕНИЯ ГАРРИ ДИМА**

Аннотация. Объектом исследования является уравнение Гарри Дима, а также, полученное путем введения произвольной функции, некоторое его обобщение. Для обобщения построено определяющее уравнение допускаемой алгебры Ли. Найдена основная алгебра допустимых операторов и все возможные случаи ее расширения. Построена оптимальная система одномерных подалгебр для всех случаев обобщения уравнения: $u_t = E(u)u_{xxx}$. Для каждой полученной одномерной алгебры найдены инварианты базисного оператора, по которым построены инвариантные уравнение, а также выведены возможные их решения.

Ключевые слова: уравнение Гарри Дима; групповая классификация; определяющие уравнения допускаемой алгебры Ли; допустимые операторы; оптимальная система одномерных подалгебр; инварианты; инвариантные уравнения.

Инфинитезимальный оператор будем искать в виде

$$X = A(t, x, u) \frac{\partial}{\partial t} + B(t, x, u) \frac{\partial}{\partial x} + H(t, x, u) \frac{\partial}{\partial u},$$

где A, B, H – подлежащие определению функции переменных t, x, u .

Применим к уравнению $F \equiv -u_t + E(u)u_{xxx} = 0$ третье продолжение оператора X и подставим в полученное равенство выражение производной $u_t = E(u)u_{xxx}$. Расщепляя по производным u_x и u_{xx} , получим систему:

$$H_{xxx}E(u) - H_t = 0,$$

$$-H_{xu} + B_{xx} = 0,$$

$$(B_{xxx} - 3H_{xxu})E(u) - B_t = 0,$$

$$(A_t - 3B_x)E(u) + H \left(\frac{d}{du} E(u) \right) = 0,$$

$$A_x = 0, \quad A_u = 0, \quad B_u = 0, \quad H_{uu} = 0.$$

Таким образом, можно определить вид функций A, B, H :

$$A = A_2 t + A_1,$$

$$B = B_2 x^2 + B_1 x + B_0,$$

$$H = 2B_2ux + H_1u + H_2x + H_0.$$

Откуда следует, что $E(u)$ может иметь один из следующих видов функций: линейная функция $E(u) = E_1u + E_0$, степенная $E(u) = E_1(au + b)^\lambda$ показательная функция $E(u) = E_1e^{\lambda u}$.

Итак, получили три вида функции $E(u)$, помимо произвольной функции, которая может присутствовать в изначально данном уравнении. Рассмотрим каждый из этих случаев поочередно.

1. $E(u)$ – произвольная функция, не являющаяся степенной функцией или экспонентой. Тогда коэффициенты A, B, H имеют вид:

$$A = 3B_1t + A_1, \quad B = B_1x + B_0, \quad H = 0,$$

Таким образом, для функции $E(u)$ общего вида получим трехмерную алгебру Ли с базисом: $X_1 = \frac{\partial}{\partial t}$, $X_2 = \frac{\partial}{\partial x}$, $X_3 = 3t \frac{\partial}{\partial t} + x \frac{\partial}{\partial x}$.

Из таблицы коммутаторов находим базисные операторы присоединенной группы алгебры Ли L_3 :

$$E_1 = 3X_1 \frac{\partial}{\partial X_3}, \quad E_2 = X_2 \frac{\partial}{\partial X_3}, \quad E_3 = -3X_1 \frac{\partial}{\partial X_1} - X_2 \frac{\partial}{\partial X_2}.$$

Этим операторам соответствуют следующие матрицы внутренних автоморфизмов:

$$A_1 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ a_1 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad A_2 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & a_2 & 1 \end{vmatrix} \quad A_3 = \begin{vmatrix} a_3^3 & 0 & 0 \\ 0 & a_3 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Любой оператор подгруппы этой группы может быть записан в виде

$$X = e^1 X_1 + e^2 X_2 + e^3 X_3,$$

где e^i ($i = 1, \dots, 3$) – некоторые коэффициенты, координаты вектора e , определенные с точностью до общего множителя. Подвергнем действию автоморфизма A оператор X , на вектор e при этом действует преобразование A^T .

Следовательно, матрицами A_i можно вектор $e = \{e^1, e^2, e^3\}$ преобразовать в один из векторов:

$$\{0, 1, 0\}, \quad \{1, 0, 0\}, \quad \{0, 0, 1\}, \quad \{1, 1, 0\}, \quad \{-1, 1, 0\}.$$

Этим векторам ставятся в соответствие операторы:

$$X_2, \quad X_1, \quad X_3, \quad X_1 + X_2, \quad X_1 - X_2,$$

Итак, построили оптимальную систему одномерных подалгебр алгебры Ли L_3 .

2. Если в уравнении присутствует показательная функция $E(u) = E_1 e^{\lambda u}$, где $E_1 \neq 0$ и $\lambda \neq 0$, тогда получим

$$A = (3B_1 - H_0 \lambda)t + A_1, \quad B = B_1 x + B_0, \quad H = H_0.$$

Следовательно, за счет появления дополнительного допустимого оператора $X_4 = -\lambda t \frac{\partial}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial u}$, алгебра становится четырехмерной.

По таблице коммутаторов находим базисные операторы присоединенной группы алгебры Ли L_4 :

$$\begin{aligned} E_1 &= 3X_1 \frac{\partial}{\partial X_3} - \lambda X_1 \frac{\partial}{\partial X_4}, & E_2 &= X_2 \frac{\partial}{\partial X_3}, \\ E_3 &= -3X_1 \frac{\partial}{\partial X_1} - X_2 \frac{\partial}{\partial X_2}, & E_4 &= \lambda X_1 \frac{\partial}{\partial X_1}. \end{aligned}$$

Этим операторам соответствуют матрицы внутренних автоморфизмов:

$$\begin{aligned} A_1 &= \left\| \begin{array}{cccc} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 3a_1 & 0 & 1 & 0 \\ -\lambda a_1 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right\| & A_2 &= \left\| \begin{array}{cccc} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & a_2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right\| \\ A_3 &= \left\| \begin{array}{cccc} a_3^3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right\| & A_4 &= \left\| \begin{array}{cccc} a_4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right\| \end{aligned}$$

Матрицами A_i вектор e можно преобразовать в один из векторов:

$$\begin{aligned} \{0, 1, 0, 0\}, & \quad \{1, 0, 0, 0\}, & \quad \{0, 0, 0, 1\}, & \quad \{1, 1, 0, 0\}, \\ \{0, 1, 0, 1\}, & \quad \{0, 0, 1, k\}, & \quad \left\{1, 0, 1, \frac{3}{\lambda}\right\}. \end{aligned}$$

Таким образом, этим векторам ставятся в соответствие следующие операторы:

$$\begin{aligned} X_2, & \quad X_1, & \quad X_4, & \quad X_1 + X_2, \\ X_2 + X_4, & \quad X_3 + kX_4, & \quad X_1 + X_3 + \frac{3}{\lambda}X_4. \end{aligned}$$

Итак, построили оптимальную систему одномерных подалгебр алгебры Ли L_4 .

3. Степенная функция $E(u) = E_1(au + b)^\lambda$, при $E_1 \neq 0$ и $\lambda \neq 3$, приводит к

$$A = (3B_1 - \lambda H_1)t + A_1, \quad B = B_1x + B_0, \quad H = H_1 \left(u + \frac{b}{a}\right).$$

Следовательно, алгебра четырехмерна и $X_4 = -\lambda t \frac{\partial}{\partial t} + \left(u + \frac{b}{a}\right) \frac{\partial}{\partial u}$.

Таблица коммутаторов совпадает с таблицей коммутаторов для случая, где $E(u) = E_1 e^{\lambda u}$, значит, получим ту же самую оптимальную систему одномерных подалгебр алгебры Ли L_4 .

4. В случае $E(u) = E_1(au + b)^3$, где $a, E_1 \neq 0$ и $\lambda = 3$:

$$A = 3(B_1 - H_1)t + A_1, \quad B = B_2x^2 + B_1x + B_0, \quad H = (2B_2x + H_1) \left(u + \frac{b}{a}\right).$$

Алгебра допустимых операторов в этом случае пятимерна и получается расширением основной трехмерной алгебры Ли $L_3 = [X_1, X_2, X_3]$ операторами

$$X_4 = -3t \frac{\partial}{\partial t} + \left(u + \frac{b}{a}\right) \frac{\partial}{\partial u}, \quad X_5 = x^2 \frac{\partial}{\partial x} + 2x \left(u + \frac{b}{a}\right) \frac{\partial}{\partial u}.$$

Из таблицы коммутаторов находим базисные операторы присоединенной группы алгебры Ли L_5 :

$$E_1 = 3X_1 \frac{\partial}{\partial X_3} - 3X_1 \frac{\partial}{\partial X_4}, \quad E_2 = X_2 \frac{\partial}{\partial X_3} + (2X_3 + 2X_4) \frac{\partial}{\partial X_5},$$

$$E_3 = -3X_1 \frac{\partial}{\partial X_1} - X_2 \frac{\partial}{\partial X_2}, \quad E_4 = 3X_1 \frac{\partial}{\partial X_1},$$

$$E_5 = (-2X_3 - 2X_4) \frac{\partial}{\partial X_2} - X_5 \frac{\partial}{\partial X_3}.$$

Этим операторам соответствуют следующие матрицы внутренних автоморфизмов:

$$A_1 = \left\| \begin{array}{ccccc} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ a_1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ -a_1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right\|$$

$$A_2 = \left\| \begin{array}{ccccc} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a_2 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & a_2^2 & 2a_2 & 2a_2 & 1 \end{array} \right\|$$

$$A_3 = \begin{vmatrix} a_3^3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a_3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & a_3^{-1} \end{vmatrix} \quad A_4 = \begin{vmatrix} a_4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$$A_5 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -2a_5 & -2a_5 & a_5^2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -a_5 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Выбором матриц A_i можно преобразовать в один из векторов:

$$\begin{aligned} &\{0, 1, 0, 0, 0\}, && \{0, 0, 1, 0, 0\}, && \{1, 0, 0, 0, 0\}, && \{0, 0, 0, 1, 0\}, \\ &\{1, 1, 0, 0, 0\}, && \{0, 1, 0, 0, k\}, && \{0, 0, 1, 0, 1\}, && \{0, 0, 1, k, 0\}, \\ &\{1, 0, 1, 0, 0\}, && \{0, 1, 0, 1, 0\}, && \{0, 0, 0, 1, 1\}, && \{1, 1, 0, 0, 1\}, \\ &&&&&&&& \{0, 0, 1, 1, 1\}. \end{aligned}$$

Таким образом, этим векторам ставятся в соответствие следующие операторы:

$$\begin{aligned} &X_2, & X_3, & X_1, & X_4, & X_1 + X_2, & X_2 + kX_5, \\ &X_3 + X_5, & X_3 + kX_4, & X_1 + X_3, & X_2 + X_4, & X_4 + X_5, \\ && X_1 + X_2 + X_5, & X_3 + X_4 + X_5. \end{aligned}$$

Итак, построили оптимальную систему одномерных подалгебр алгебры Ли L_5 .

Таблица 1

Е(и)	Оп-ры оптим. системы	Инвариантные ур-ния
Произвольная функция	X_2	$\Phi_z = 0$
	X_1	$\Phi_{zzz} = 0$
	X_3	$-1/3 \Phi_{zz} = E(\Phi)\Phi_{zzz}$
	$X_1 + X_2$	$-\Phi_z = E(\Phi)\Phi_{zzz}$
	$X_1 - X_2$	$\Phi_z = E(\Phi)\Phi_{zzz}$
$E_1 e^{\lambda u}$	X_2	$\Phi_z = 0$
	X_1	$\Phi_{zzz} = 0$
	X_4	$-1/(\lambda E_1) e^{-\lambda \Phi} = \Phi_{zzz}$
	$X_1 + X_2$	$-\Phi_z = E_1 e^{\lambda \Phi} \Phi_{zzz}$
	$X_2 + X_4$	$1/\lambda (\Phi_z - 1) = E_1 e^{\lambda \Phi} \Phi_{zzz}$
	$X_3 + 3/\lambda X_4$	$\Phi_z = 6E_1/\lambda e^{\lambda \Phi}$
	$X_3 + kX_4$	$(\Phi_{zz} - k)/(k\lambda - 3) = E_1 e^{\lambda \Phi} \Phi_{zzz}$
$X_1 + X_3 + 3/\lambda X_4$	$3/\lambda - \Phi_{zz} = E_1 e^{\lambda \Phi} \Phi_{zzz}$	

$E_1(au + b)^\lambda$	X_2	$\Phi_z = 0$
	X_1	$\Phi_{zzz} = 0$
	X_4	$-\Phi^{1-\lambda}/(\lambda E_1 a^\lambda) = \Phi_{zzz}$
	$X_1 + X_2$	$-\Phi_z = E_1(a\Phi + b)^\lambda \Phi_{zzz}$
	$X_2 + X_4$	$1/\lambda (\Phi_z - \Phi) = E_1 a^\lambda \Phi^\lambda \Phi_{zzz}$
	$X_3 + 2X_4 \quad k = 3/\lambda$	$\Phi_z = 0$
	$X_3 + 3/\lambda X_4$	$\Phi_z = (3E_1 a^\lambda)/\lambda^3 (3 - \lambda)(3 - 2\lambda)\Phi^{\lambda+1}$
	$X_3 + kX_4$	$(\Phi_{zz} - k\Phi)/(k\lambda - 3) = E_1 a^\lambda \Phi^\lambda \Phi_{zzz}$
	$X_1 + X_3 + 3/\lambda X_4$	$3/\lambda \Phi - \Phi_{zz} = E_1 a^\lambda \Phi^\lambda \Phi_{zzz}$
$E_1(au + b)^3$	X_2	$\Phi_z = 0$
	X_3	$-1/3 \Phi_{zz} = E_1(a\Phi + b)^3 \Phi_{zzz}$
	X_1	$\Phi_{zzz} = 0$
	X_4	$\Phi_{zzz} = -1/(3E_1 a^3 \Phi^2)$
	$X_1 + X_2$	$-\Phi_z = E_1(a\Phi + b)^3 \Phi_{zzz}$
	$X_2 + kX_5$	$\Phi_z = 0$
	$X_3 + X_5$	$2\Phi - \Phi_{zz} = 3E_1(a\Phi + bz^2)^3 \Phi_{zzz}$
	$X_3 + X_4$	$\Phi_z = 0$
	$X_3 + kX_4$	$(\Phi_{zz} - k\Phi)/3(k - 1) = E_1 a^3 \Phi^3 \Phi_{zzz}$
	$X_1 + X_3$	$-\Phi_{zz} = E_1(a\Phi + b)^3 \Phi_{zzz}$
	$X_2 + X_4$	$\Phi_z - \Phi = 3E_1 a^3 \Phi^3 \Phi_{zzz}$
	$X_4 + X_5$	$3(\Phi_z + \Phi) = E_1(a\Phi/9)^3 \Phi_{zzz}$
	$X_1 + X_2 + X_5$	$\Phi_{zzz} = -\frac{\Phi_z}{E_1 \left(a\Phi + \frac{b}{2}\right)^3} - 4\Phi_z$
	$X_3 + X_4 + X_5$	$\Phi_z = 0$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Овсянников Л.В. Групповые свойства дифференциальных уравнений. Новосибирск, Издательство сибирского отделения АН СССР, 1962. 240 с.
2. Овсянников Л.В. Лекции по теории групповых свойств дифференциальных уравнений. Новосибирск, НГУ, 1966. 136 с.
3. Педрони М., Шиача В., Зубелли Х.П., Бигамильтонова теория уравнения Гарри Дима, ТМФ, 2002, том 133, номер 2, 311–326.
4. Дубровин Б.А., Кричевер И.М., Новиков С.П., Интегрируемые системы. I, Итоги науки и техн. Сер. Современ. пробл. мат. Фундам. направления, 1985, том 4, 179–277.
5. Ибрагимов Н.Х. Группы преобразований в математической физике. М., Наука, 1983. 280 с.
6. Головин С.В., Чесноков А.А. Групповой анализ дифференциальных уравнений / Новосиб. Гос. Университет, 2009. 119 с.

УДК 519.63

Б. А. ДЕНИСОВ

shepcom123@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат наук, доц. А. А. АБДРАХМАНОВА

Уфимский государственный авиационный технический университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРОВ ТРЕЩИНЫ ГРП

Аннотация. Объектами исследования являются физические характеристики симметричных трещин гидроразрыва пласта, такие как эффективный модуль Юнга, а также оценка геометрических параметров трещины ГРП. Цель работы – смоделировать обратную задачу определения размеров трещины ГРП. Построена и решена задача о собственных колебаниях трещины для линеаризованных уравнений методом разделения переменных. Выведена модель решения обратной задачи развития трещины ГРП. Выведены формулы для оценки геометрических параметров трещины ГРП. Описан алгоритм оценки определения геометрических размеров трещины ГРП. Выведена оценка эффективного модуля Юнга.

Ключевые слова: трещина гидроразрыва пласта; гидроудар; собственные колебания трещины ГРП; геометрические параметры трещины; модуль Юнга; минимизация функционала, обратная задача.

Задана неконсервативная форма гиперболической системы квазиодномерных уравнений развития трещины ГРП:

$$\frac{\partial w}{\partial t} + v \frac{\partial w}{\partial x} + w \frac{\partial v}{\partial x} = -2u_L;$$
$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{b}{\rho} \frac{\partial w}{\partial x} + w \frac{\partial v}{\partial x} = \frac{2 \left(u_L v - \frac{\tau}{\rho} \right)}{w};$$

где w – раскрытие трещины; v – скорость течения жидкости ГРП в трещине; u_L – некоторая заданная скорость фильтрационной утечки через стенки трещины; τ – напряжение трения при ламинарном режиме течения жидкости в трещине; ρ – постоянная плотность жидкости ГРП в трещине; $b = \frac{4G}{\pi h(1-\nu)} > 0$, где h – постоянная высота трещины, а G – модуль сдвига, ν – коэффициент Пуассона породы.

Представим решение системы уравнения в виде суммы некоторого основного решения этой системы и малых возмущений этого решения

$$w = w_0 + w', \quad v = v_0 + v', \quad w' \ll w_0, \quad |v'| \ll |v_0|;$$

Принимается допущение, что на фильтрационная утечка незначительна. С учетом этого предположения мы можем преобразовать нашу систему уравнений к следующему виду.

$$\begin{aligned}\frac{\partial w_0}{\partial t} + v_0 \frac{\partial w_0}{\partial x} + w_0 \frac{\partial v_0}{\partial x} &= 0; \\ \frac{\partial v_0}{\partial t} + \frac{b}{\rho} \frac{\partial v_0}{\partial x} + v_0 \frac{\partial v_0}{\partial x} &= -\frac{12\mu v_0}{\rho w_0^2};\end{aligned}$$

Возмущения основного решения подчиняются следующей системы уравнений:

$$\begin{aligned}\frac{\partial w'}{\partial t} + w_0 \frac{\partial v'}{\partial x} &= 0; \\ \frac{\partial v'}{\partial t} + \frac{b}{\rho} \frac{\partial w'}{\partial x} &= -\frac{12\mu v'}{\rho w_0^2};\end{aligned}$$

Из этих уравнений видно, что как возмущения раскрытия трещины, так и возмущения скорости течения подчиняются колебания струны с линейным трением

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 w'}{\partial t^2} - a_0^2 \frac{\partial^2 w'}{\partial x^2} + b_0 \frac{\partial w'}{\partial t} &= 0; \\ \frac{\partial^2 v'}{\partial t^2} - a_0^2 \frac{\partial^2 v'}{\partial x^2} + b_0 \frac{\partial v'}{\partial t} &= 0, \quad a_0^2 = \frac{b w_0}{\rho}, \quad b_0 = \frac{12\mu}{\rho w_0^2};\end{aligned}$$

Решение находится методом разделения переменных и состоит из решений трех типов

Первое решение для гармоник с преобладанием вязких сил над силами инерции

$$\begin{aligned}b_0^2 - 4\lambda_n a_0^2 > 0 &\Rightarrow b_0^2 > \left(\frac{\pi n}{l}\right)^2 a_0^2; \\ w'_t(x, t) &= e^{-\frac{b_0}{2}t} \sum_{n=1}^{\infty} (A_n e^{w_n t} + B_n e^{-w_n t}) \sin\left(\frac{\pi n}{2l}(x+l)\right); \\ A_n &= \frac{b_n}{2w_n} \left[w_n + \frac{b_0}{2}\right], \quad B_n = \frac{b_n}{2w_n} \left[w_n - \frac{b_0}{2}\right];\end{aligned}$$

Второе решение для гармоник с преобладанием инерционных сил над вязкими силами:

$$b_0^2 - 4\lambda_n a_0^2 < 0 \Rightarrow b_0^2 < \left(\frac{\pi n}{l}\right)^2 a_0^2;$$

$$w'_t(x, t) = e^{\frac{-b_0 t}{2}} \sum_{n=1}^{\infty} (A_n \cos(w_n t) + B_n \sin(w_n t)) \sin\left(\frac{\pi n}{2l}(x + l)\right);$$

$$A_n = b_n, \quad B_n = \frac{b_0 b_n}{2w_n};$$

Третье решение для гармоник, у которых вязкие и инерционные силы равны:

$$b_0^2 - 4\lambda_n a_0^2 = 0 \Rightarrow b_0^2 = \left(\frac{\pi n}{l}\right)^2 a_0^2;$$

$$w'_t(x, t) = e^{\frac{-b_0 t}{2}} \sum_{n=1}^{\infty} (A_n + B_n t) \sin\left(\frac{\pi n}{2l}(x + l)\right);$$

$$A_n = b_n, \quad B_n = \frac{b_0 b_n}{2};$$

Второе решение описывает собственные колебания трещины после остановки закачки жидкости гидроразрыва. Первое и третье решения описывают монотонное установление значения эффективного раскрытия трещины.

Основной вклад в величину амплитуды давления вносит первая гармоника.

Аналитическое решение для забойного давления колебательного типа

$$p_w(t) = e^{-a_2 t} [A_1 \cos(w_1 t) + B_1 \sin(w_1 t)];$$

Где $p_w(t)$ - изменение давления во времени t ; a_2, A_1, B_1 - константы; w_1 - известная основная круговая частота колебания давления.

Введем утечку жидкости в процессе собственных колебаний трещины по принципу суперпозиции

$$p_w(t) = e^{-a_2 t} [A_1 \cos(w_1 t) + B_1 \sin(w_1 t)] + a_0 e^{-kt};$$

$a_0 = p_{ISIP}$ - известное мгновенное давление остановки насоса; k - константа.

Неизвестное в новом выражении - k, a_2, A_1, B_1

n - число замеров забойного давления $p_i = p_w(t_i)$

По данным замеров строится экспоненциальная линия тренда $a_0 e^{-kt_i}$ и определяется значение постоянной k

Составляется функционал Φ – сумма квадратов отклонений замеров забойного давления p_i от аналитического решения в моменты времени t_i :

$$\Phi = \sum_{i=1}^n [a_0 e^{-kt_i} + A_1 e^{-a_2 t_i} \cos(w_1 t_i) + B_1 e^{-a_2 t_i} \sin(w_1 t_i) - p_i]^2;$$

Чтобы функционал Φ имел минимум $\Phi \rightarrow \min$, нужно продифференцировать его по параметрам a_2, A_1, B_1 и приравнять полученные выражения нулю (метод наименьших квадратов).

В результате вычисления задачи минимизации функционала можно свести полученную систему уравнения к единственному трансцендентному уравнению для определения параметра a_2 : $F(a_2, k, w_1, t_i, p_i) = 0$;

Для используемых жидкостей ГРП вводится понятие эффективности η , которая зависит от свойств насыщенного флюидом пласта – отношение объема трещины V_f к концу закачки к объему закачанной жидкости V_0 .

$$\eta = \frac{V_f}{V_0};$$

Для полного объема симметричной трещины к концу закачки жидкости используются следующие формулы:

$$V_f = \eta V_0 = 2 w_0 h l;$$

Из формулы полного объема симметричной трещины и формулы для первой основной частоты из уравнения прямой задачи колебательного типа можно вывести формулы для вычисления полудлины трещины ГРП l и ее высоты h :

$$l = \frac{\pi T w_0^2}{4} \sqrt{\frac{\rho b w_0}{\pi^2 \rho^2 w_0^4 + 9 \mu^2 T^2}};$$
$$h = \frac{2 V_0 \eta}{\pi T w_0^3} \sqrt{\frac{\pi^2 \rho^2 w_0^4 + 9 \mu^2 T^2}{\rho b w_0}};$$

Таким образом, мы составили алгоритм оценки геометрических размеров трещины ГРП по данным забойных датчиков:

1. Определение периода T и мгновенного давления остановки насоса $a_0 = p_{ISIP}$ по графику забойного давления.
2. Расчет круговой частоты первой моды $w_1 = 2\pi/T$.
3. Построение экспоненциальной линии тренда $a_0 e^{-kt_i}$ и нахождение константы k по данным замеров забойного давления.
4. Вычисления параметра a_2 из уравнения $F(a_2, k, w_1, t_i, p_i) = 0$ на отрезке $a_2 \in [0; 2]$.
5. Определение декремента затухания $b_0 = 2a_2$.
6. Нахождение эффективной ширины трещины w_0 .
7. Определение жесткости трещины ГРП $b = (a_0 - \sigma)/w_0$.
8. Вычисление высоты h и полудлины l трещины ГРП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильясов А.М., Булгакова Г.Т. Квазиодномерная модель гиперболического типа гидроразрыва пласта // Вестн. сам. гос. техн. ун-та Сер. Физ.-мат. науки. 2016. Т. 20. №4. С. 739-754.
2. Байков В.А., Булгакова Г.Т., Ильясов А.М., Кашапов Д.В. К оценке геометрических параметров трещины гидроразрыва пласта. // Изв. РАН. МЖГ. 2018. №5. С. 64-75.
3. Ильясов А.М., Кадырова К.Р., Байков В.А., Латыпов И.Д. Метод оценки модуля Юнга породы по данным гидроудара. // Нефтяное хозяйство. 2019. №3. С. 70-73.
4. Тихонов А.Н., Самарский А.А., Уравнения математической физики. М.: Наука, 1977.

УДК 519.63

Ш. И. ЗАКИРЗЯНОВ

mishkino-sh@mail.ru

Науч. руковод. – д-р физ.-мат. наук, проф. В. А. БАЙКОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

АВТОМОДЕЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ И АСИМПТОТИКИ ЗАДАЧИ О РАЗВИТИИ ТРЕЩИНЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА ДЛЯ СЛУЧАЯ СТЕПЕННОЙ ЖИДКОСТИ

Для увеличения объема добываемой нефти из нефтеносного пласта применяется технология гидравлического разрыва пласта (ГРП). Этот метод заключается в создании трещины в пласте с помощью закачиваемой в него под большим давлением жидкости разрыва. Под действием давления в пласте создается трещина. После этого жидкость, надавливая на ее стенки заставляет трещину распространяться вглубь породы. Для закрепления трещины в жидкость разрыва добавляют твердые частицы, называемые проппантом. В результате ГРП многократно повышается дебит добывающей скважины.

Моделирование процесса ГРП позволяет прогнозировать геометрию трещины и оптимизировать ее параметры. Однако в общей постановке математическая модель этого процесса очень сложна, так как она включает в себя описание течения смеси неньютоновской жидкости и проппанта внутри трещины, распространение трещины, фильтрацию жидкости в ее стенки. Уравнения, которые описывают эти процессы являются нелинейными, сильно связанными друг с другом. Поэтому их решение в общем виде возможно только численно. Однако и здесь в некоторых случаях имеются проблемы с плохой сходимостью и большой вычислительной сложностью численных схем. При исследовании сложных начально – краевых задач часто используют переход к автомодельным переменным и поиск автомодельных решений, что и будет сделано в данной работе.

Актуальность выбранной темы исследования заключается в необходимости поиска аналитических решений задачи о развитии трещины гидравлического разрыва пласта для случая степенной жидкости.

1. Автомодельные решения

1.1. Применение анализа инвариантности

1.1.1. Безразмерная постановка задачи

Запишем математическую формулировку задачи о развитии трещины ГРП:

$$\begin{aligned} \frac{\partial H}{\partial t} - \frac{n}{2n+1} \left(\frac{1}{K}\right)^{\frac{1}{n}} \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{\partial P}{\partial x} \left| \frac{\partial P}{\partial x} \right|^{\frac{1-n}{n}} H^{\frac{1+2n}{n}} \right] &= 0, \quad 0 \leq x \leq L_f \\ P(x, t) &= -\frac{E}{\pi(1-\nu^2)} \int_0^L \frac{\partial H(s, t)}{\partial s} \frac{s ds}{s^2 - x^2}, \quad 0 \leq x \leq L \\ K_{Ic} &= 2 \sqrt{\frac{L}{\pi}} \int_0^L \frac{P(x, t) dx}{\sqrt{L^2 - x^2}} \\ q(0, t) &= -\frac{n}{2n+1} \left(\frac{1}{K}\right)^{\frac{1}{n}} \frac{\partial P}{\partial x} \left| \frac{\partial P}{\partial x} \right|^{\frac{1-n}{n}} H^{\frac{1+2n}{n}} \Bigg|_{x=0} = Q_0 F(t) \\ \frac{dL_f}{dt} &= -\frac{n}{2n+1} \left[\left(\frac{1}{K}\right)^{\frac{1}{n}} \frac{\partial P}{\partial x} \left| \frac{\partial P}{\partial x} \right|^{\frac{1-n}{n}} H^{\frac{1+2n}{n}} \right] \Bigg|_{x=L_f} \\ P(x, t) &= -P_0, \quad L_f \leq x \leq L \end{aligned} \tag{1.1}$$

Тогда решение задачи будет зависеть от следующих параметров:

$$x, t, A = \left[\frac{n}{2n+1} \left(\frac{1}{K}\right)^{\frac{1}{n}} \right]^{-1}, E' = \frac{E}{(1-\nu^2)}, K_{Ic}, Q_0, P_0 \tag{1.2}$$

Они имеют размерности м, с, $\text{Па}^{\frac{1}{n}} * \text{с}$, Па, $\text{Па} * \sqrt{\text{м}}$, $\frac{\text{м}^2}{\text{с}}$, Па соответственно. Возьмем в качестве величин с независимыми размерностями A, Q_0, E' . Тогда согласно пи-теореме, количество определяющих параметров задачи уменьшится до четырех:

$$\xi = \frac{x}{L^*}, \tau = \frac{t}{t^*}, k = \frac{K_{Ic}}{K_{Ic}^*}, P = \frac{P_0}{P_0^*} \quad (1.3)$$

где

$$L^* = \left[Q_0 \left(\frac{A}{E^{\frac{1}{n}}} \right) \right]^{\frac{1}{2}}, t^* = \frac{A}{E^{\frac{1}{n}}}, K_{Ic}^* = E' \left[Q_0 \left(\frac{A}{E^{\frac{1}{n}}} \right) \right]^{\frac{1}{4}}, P_0^* = E' \quad (1.4)$$

Запишем решение задачи в безразмерной форме:

$$\bar{H}(\xi, \tau) = \frac{H(x, t)}{H^*}, \bar{P}(\xi, \tau) = \frac{P(x, t)}{P^*}, \bar{L}(\tau) = \frac{L(t)}{L^*}, \bar{L}_f(\tau) = \frac{L_f(t)}{L_f^*} \quad (1.5)$$

Подставим эти выражения в уравнения (2.1) – (2.7):

$$\frac{H^*}{t^*} \frac{\partial \bar{H}}{\partial \tau} - \frac{H^{*\frac{1+2n}}{n} P^{*\frac{1}{n}}}{AL^* L^{*\frac{1}{n}}} \frac{d}{d\xi} \left[\bar{H}^{\frac{1+2n}{n}} \left| \frac{\partial \bar{P}}{\partial \xi} \right|^{\frac{1-n}{n}} \left(\frac{\partial \bar{P}}{\partial \xi} \right) \right] = 0, \quad 0 \leq \xi \leq \frac{L_f^* \bar{L}_f}{L^*} \quad (1.6)$$

$$\bar{P}(\xi, \tau) P^* = -\frac{E'}{\pi} \int_0^{\bar{L}} \frac{H^*}{L^*} \frac{\partial \bar{H}}{\partial \xi} \frac{\xi' d\xi'}{\xi'^2 - \xi^2}, \quad 0 \leq \xi \leq \bar{L}, \quad (1.7)$$

$$kK_{Ic}^* = 2 \sqrt{\frac{L^* \bar{L}}{\pi}} \left[\int_0^{\frac{L_f^* \bar{L}_f}{L^*}} \frac{\bar{P} P^* d\xi}{\sqrt{\bar{L}^2 - \xi^2}} - P P_0^* \int_{\frac{L_f^* \bar{L}_f}{L^*}}^{\bar{L}} \frac{d\xi}{\sqrt{\bar{L}^2 - \xi^2}} \right] \quad (1.8)$$

$$Q_0 f(\tau) = -\frac{H^{*\frac{1+2n}}{n} P^{*\frac{1}{n}}}{AL^{*\frac{1}{n}}} \left[H^{\frac{1+2n}{n}} \left| \frac{\partial \bar{P}}{\partial \xi} \right|^{\frac{1-n}{n}} \left(\frac{\partial \bar{P}}{\partial \xi} \right) \right] \Bigg|_{\xi=0} \quad (1.9)$$

$$\frac{L_f^* d\bar{L}_f}{t^* d\tau} = -\frac{H^{*\frac{1+n}}{n} P^{*\frac{1}{n}}}{AL^{*\frac{1}{n}}} \left[H^{\frac{1+n}{n}} \left| \frac{\partial \bar{P}}{\partial \xi} \right|^{\frac{1-n}{n}} \left(\frac{\partial \bar{P}}{\partial \xi} \right) \right] \Bigg|_{\xi=\frac{L_f^* \bar{L}_f}{L^*}} \quad (1.10)$$

$$\bar{P}(\xi, \tau) P^* = -P P_0^*, \quad \frac{L_f^* \bar{L}_f}{L^*} \leq \xi \leq \bar{L} \quad (1.11)$$

Из (1.11) видно, что $P^* = P_0^*$, а из (1.7) следует, что $H^* = L^*$. Из (1.10) получаем, что $L_f^* = H^*$. Также заметим, что все размерные множители в полученных выражениях сокращаются, тем самым мы получаем безразмерную постановку задачи:

$$\frac{\partial \bar{H}}{\partial \tau} - \frac{d}{d\xi} \left[\bar{H}^{\frac{1+2n}{n}} \left| \frac{\partial \bar{P}}{\partial \xi} \right|^{\frac{1-n}{n}} \left(\frac{\partial \bar{P}}{\partial \xi} \right) \right] = 0, \quad 0 \leq \xi \leq \bar{L}_f \quad (1.12)$$

$$\bar{P}(\xi, \tau) = -\frac{1}{\pi} \int_0^{\bar{L}} \frac{\partial \bar{H}}{\partial \xi} \frac{\xi' d\xi'}{\xi'^2 - \xi^2}, \quad 0 \leq \xi \leq \bar{L}, \quad (1.13)$$

$$k = 2 \sqrt{\frac{\bar{L}}{\pi}} \left[\int_0^{\bar{L}_f} \frac{\bar{P} d\xi}{\sqrt{\bar{L}^2 - \xi^2}} - P \int_{\bar{L}_f}^{\bar{L}} \frac{d\xi}{\sqrt{\bar{L}^2 - \xi^2}} \right] \quad (1.14)$$

$$f(\tau) = - \left[H^{\frac{1+2n}{n}} \left| \frac{\partial \bar{P}}{\partial \xi} \right|^{\frac{1-n}{n}} \left(\frac{\partial \bar{P}}{\partial \xi} \right) \right] \Bigg|_{\xi=0} \quad (1.15)$$

$$\frac{d\bar{L}_f}{d\tau} = - \left[H^{\frac{1+n}{n}} \left| \frac{\partial \bar{P}}{\partial \xi} \right|^{\frac{1-n}{n}} \left(\frac{\partial \bar{P}}{\partial \xi} \right) \right] \Bigg|_{\xi=\bar{L}_f} \quad (1.16)$$

$$\bar{P}(\xi, \tau) = -P, \quad \bar{L}_f \leq \xi \leq \bar{L} \quad (1.17)$$

1.1.2. Применение преобразования подобия

Рассмотрим преобразования подобия, записанные в наиболее общем виде:

$$\xi' = a\xi, \tau' = b\tau, H' = cH, P' = dP, L' = eL, L'_f = gL_f, f' = hf \quad (1.18)$$

Для удобства знак черты опускается.

Будем искать такие нетривиальные преобразования, при которых вид задачи (1.12) – (1.17) не меняется.

Очевидно, что $e = g$, так как преобразование не должно менять отношения между размерами трещины и лага. Так как ξ принимает значения от 0 до L , то $a = e$.

Заметим, что при задании произвольной функции f , входящей в граничные условия на скважине, задача не может оставаться инвариантной относительно какого-либо преобразования. Поэтому условие $f' = hf$ можно рассматривать в качестве ограничения на выбор функции f . Отсюда получаем функциональное уравнение $f(b\tau) = hf(\tau)$. Решение этого уравнения – функция τ^ω , где

ω – произвольное вещественное число, и $h = b^\omega$.

Исходя из вышесказанного, мы получаем следующие преобразования подобия:

$$\xi' = a\xi, \tau' = b\tau, H' = cH, P' = dP, L' = aL, L'_f = aL_f, f' = b^\omega f \quad (1.19)$$

Пусть параметры задачи k и P не вырождены, то есть не равны нулю или бесконечности. Тогда из условия инвариантности задачи относительно данного преобразования, получим условия на параметры:

$$\frac{c}{b} = \frac{c^{\frac{1+2n}{n}} d^{\frac{1}{n}}}{a^{1+\frac{1}{n}}}, \frac{a}{b} = \frac{c^{\frac{1+n}{n}} d^{\frac{1}{n}}}{a^{\frac{1}{n}}}, d = 1, d = \frac{c}{a}, \sqrt{ad} = 1, \frac{c^{\frac{1+2n}{n}} d^{\frac{1}{n}}}{a^{\frac{1}{n}}} = b^\omega \quad (1.20)$$

Отсюда получаем $a = b = c = 1$, то есть тождественное преобразование. Таким образом, существует только тождественное преобразование, сохраняющее вид задачи.

Пусть теперь оба параметра вырождены. Тогда получим следующую систему уравнений на параметры:

$$\frac{c}{b} = \frac{c^{\frac{1+2n}{n}} d^{\frac{1}{n}}}{a^{1+\frac{1}{n}}}, \frac{a}{b} = \frac{c^{\frac{1+n}{n}} d^{\frac{1}{n}}}{a^{\frac{1}{n}}}, d = \frac{c}{a}, \frac{c^{\frac{1+2n}{n}} d^{\frac{1}{n}}}{a^{\frac{1}{n}}} = b^\omega \quad (1.21)$$

Разрешив данную систему относительно параметра b , получим:

$$a = b^\lambda, c = b^\mu, d = b^\nu \quad (1.22)$$

где

$$\lambda = \frac{\omega}{2} + \frac{1+n}{2+n}, \mu = \frac{\omega}{2} + \frac{1}{2+n}, \nu = -\frac{n}{2+n}.$$

Таким образом, решение задачи должно удовлетворять соотношениям:

$$\begin{aligned} H(\xi, \tau) &= b^{-\mu} H(b^\lambda \xi, b\tau), \\ P(\xi, \tau) &= b^{-\nu} P(b^\lambda \xi, b\tau), \\ L(\tau) &= b^{-\lambda} L(b\tau), \\ L_f(\tau) &= b^{-\lambda} L_f(b\tau). \end{aligned} \quad (1.23)$$

Положим $b = \frac{1}{\tau}$. Тогда:

$$\begin{aligned}
H(\xi, \tau) &= \tau^\mu H\left(\frac{\xi}{\tau^\lambda}, 1\right) = \tau^\mu \Omega\left(\frac{\xi}{\tau^\lambda}\right), \\
P(\xi, \tau) &= \tau^\nu P\left(\frac{\xi}{\tau^\lambda}, 1\right) = \tau^\nu \Pi\left(\frac{\xi}{\tau^\lambda}\right), \\
L(\tau) &= \tau^\lambda L(1) = \tau^\lambda \tilde{L}, \\
L_f(\tau) &= \tau^\lambda L_f(1) = \tau^\lambda \widetilde{L}_f.
\end{aligned} \tag{1.24}$$

Легко видеть, что автомодельная переменная имеет вид $\eta = \frac{\xi}{\tau^\lambda}$.

Если параметр P не вырожден, то параметры подобия должны дополнительно удовлетворять условию $d = 1$, что противоречит условию $d = b^\nu$, кроме случая тождественного преобразования. Таким образом, при не вырожденном P существует только тождественное преобразование, сохраняющее вид задачи.

Если не вырожден параметр k , то параметры подобия должны дополнительно удовлетворять соотношению $\sqrt{ad} = 1$. Откуда следует ограничение $\omega = \frac{2(n-1)}{2+n}$.

Таким образом, с помощью преобразования подобия были получены автомодельные переменные и решения для случаев, когда оба параметра k и P вырождены, и когда вырожден только параметр P . Также следует заметить, что функция f , задающая условие закачки, обязана иметь следующий вид: $f(\tau) = \tau^\omega$

1.1.3. Применение преобразования сдвига по времени

Рассмотрим преобразование времени вида $\tau' = \tau - T$. Будем искать такое нетривиальное преобразование, при котором вид задачи (2.12) – (2.17) не меняется. Аналогично определим вид функции f . Она должна удовлетворять уравнению $f(\tau - T) = f(\tau)g(T)$. Решением данного уравнения является функция $e^{\omega\tau}$, а $g = e^{-\omega T}$. Поэтому будем искать преобразование определяемых и определяющих параметров задачи в виде

$$\begin{aligned}
\xi' &= e^{aT}\xi, \tau' = \tau - T, H' = e^{cT}H, P' = e^{dT}P, L' = e^{aT}L, L'_f = e^{aT}L_f, \\
f' &= e^{-\omega T}f.
\end{aligned} \tag{1.25}$$

Подставляя эти преобразования в (1.12), (1.13), (1.15), (1.16) и применяя условие инвариантности получим:

$$e^{cT} = \frac{e^{\frac{cT(1+2n)}{n}} e^{\frac{dT}{n}}}{e^{\frac{aT}{n} + aT}}, e^{A\delta} = \frac{e^{\frac{cT(1+n)}{n}} e^{\frac{dT}{n}}}{e^{\frac{aT}{n}}}, e^{aT} = \frac{e^{cT}}{e^{aT}}, \frac{e^{\frac{cT(1+2n)}{n}} e^{\frac{dT}{n}}}{e^{\frac{aT}{n}}} = e^{-\omega T} \quad (1.26)$$

Откуда получаем систему уравнений:

$$\frac{c(1+n)}{n} + \frac{d}{n} - a \left(1 + \frac{1}{n}\right) = 0, c - a - d = 0, \frac{c(1+2n)}{n} + \frac{d}{n} - \frac{a}{n} = -\omega. \quad (1.27)$$

Решение этого уравнения $a = c = -\frac{\omega}{2}, d = 0$. Из $d = 0$ следует что условие, получаемое из (1.17) не накладывает дополнительных ограничений при любых P . Так как если $\omega = 0$, то преобразование становится тривиальным, поэтому считаем, что $\omega \neq 0$. Пусть теперь параметр k не вырожден. Из (1.14) получаем, что $e^{\frac{aT}{2}} e^{dT} = 1 \Rightarrow a = 0$. Получаем, что преобразование при невырожденном k должно быть тривиальным. Таким образом, автомодельное решение, получаемое при помощи сдвига по времени, существует при вырожденном k и любом P . При этом обязательно должно быть выполнено условие $f(\tau) = e^{\omega\tau}$. Тогда решение задачи имеет вид:

$$\begin{aligned} H(\xi, \tau) &= e^{\frac{\omega T}{2}} H\left(\frac{\xi}{e^{\frac{\omega T}{2}}}, \tau - T\right), \\ P(\xi, \tau) &= P\left(\frac{\xi}{e^{\frac{\omega T}{2}}}, \tau - T\right), \\ L(\tau) &= e^{\frac{\omega T}{2}} L(\tau - T), \\ L_f(\tau) &= e^{\frac{\omega T}{2}} L_f(\tau - T). \end{aligned} \quad (1.28)$$

Положим $T = \tau$:

$$\begin{aligned} H(\xi, \tau) &= e^{\frac{\omega\tau}{2}} H\left(\frac{\xi}{e^{\frac{\omega\tau}{2}}}, 0\right) = e^{\frac{\omega\tau}{2}} \Omega\left(\frac{\xi}{e^{\frac{\omega\tau}{2}}}\right), \\ P(\xi, \tau) &= P\left(\frac{\xi}{e^{\frac{\omega\tau}{2}}}, 0\right) = \Pi\left(\frac{\xi}{e^{\frac{\omega\tau}{2}}}\right), \end{aligned} \quad (1.29)$$

$$L(\tau) = e^{\frac{\omega\tau}{2}} L(0) = e^{\frac{\omega\tau}{2}} \tilde{L},$$

$$L_f(\tau) = e^{\frac{\omega\tau}{2}} L_f(0) = e^{\frac{\omega\tau}{2}} \tilde{L}_f.$$

Отсюда видно, что автомодельная переменная имеет вид $\eta = \frac{\xi}{e^{\frac{\omega\tau}{2}}}$.

1.2. Автомодельное решение для формы трещины

Решим задачу (1.12) – (1.17) при бесконечно большом сжимающем давлении. Также будем использовать условие закачки в степенном виде. Из (1.14) видно, что $L_f(\tau) = L(\tau)$, то есть лага в трещине нет. Тогда задача будет выглядеть следующим образом:

$$\frac{\partial H}{\partial \tau} + \frac{dq}{d\xi} = 0 \quad (1.30)$$

$$q(\xi, \tau) = -H^{\frac{1+2n}{n}} \left| \frac{\partial P}{\partial \xi} \right|^{\frac{1-n}{n}} \left(\frac{\partial P}{\partial \xi} \right) \quad (1.31)$$

$$H(\xi, \tau) = \frac{2}{\pi} \int_0^L G\left(\frac{\xi}{L}, \frac{\xi'}{L}\right) P(\xi', \tau) d\xi' \quad (1.32)$$

$$k = 2 \sqrt{\frac{L}{\pi}} \int_0^L \frac{P(\xi, \tau) d\xi}{\sqrt{L^2 - \xi^2}} \quad (1.33)$$

$$q(L, t) = 0 \quad (1.34)$$

$$f(\tau) = - \left[H^{\frac{1+2n}{n}} \left| \frac{\partial \bar{P}}{\partial \xi} \right|^{\frac{1-n}{n}} \left(\frac{\partial \bar{P}}{\partial \xi} \right) \right] \Big|_{\xi=0} \quad (1.35)$$

Заметим, что в (1.32) используется инверсия выражения (1.13). Так как условие закачки имеет степенной вид, а сжимающее давление вырождено, то имеет место автомодельное решение (1.24).

Покажем сначала, что функция $q(\xi, \tau)$ также будет иметь автомодельный вид:

$$q(\xi, \tau) = -\tau^{\frac{\mu(1+2n)}{n}} \Omega(\eta) \frac{1+2n}{n} * \tau^{\frac{\nu-\lambda}{n}} |\Pi'(\eta)|^{\frac{1-n}{n}} \Pi'(\eta) = -\tau^{\frac{\mu(1+2n)+\nu-\lambda}{n}} \Psi(\eta).$$

Теперь подставим полученное автомодельное решение в уравнения:

$$\mu\Omega(\eta) - \lambda\eta\Omega'(\eta) = \Psi'(\eta) \quad (1.36)$$

$$\Psi(\eta) = \Omega(\eta)^{\frac{1+2n}{n}} |\Pi'(\eta)|^{\frac{1-n}{n}} \Pi'(\eta) \quad (1.37)$$

$$\Omega(\eta) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\tilde{L}} G\left(\frac{\eta}{\tilde{L}}, \frac{\eta'}{\tilde{L}}\right) \Pi(\eta') d\eta' \quad (1.38)$$

$$k = 2 \sqrt{\frac{\tilde{L}}{\pi}} \int_0^{\tilde{L}} \frac{\Pi(\eta) d\eta}{\sqrt{\tilde{L}^2 - \eta^2}} \quad (1.39)$$

$$\Psi(\tilde{L}) = 0 \quad (1.40)$$

$$\Psi(0) = -1 \quad (1.41)$$

Также к этим условиям добавляется очевидное условие нулевого раскрытия конца трещины $\Omega(\tilde{L}) = 0$.

Таким образом, получена система дифференциальных и интегральных уравнений для определения неизвестных функций $\Pi(\eta)$, $\Omega(\eta)$, $\Psi(\eta)$ и константы \tilde{L} .

Данная система уравнений была решена для случая $\tilde{L} = 1$, $n = 1; 0,5; 0,1$ итерационным методом. Вычисления проводились по следующему алгоритму:

1. Выбирается некоторое начальное приближение функции $\Omega_0(\eta)$.
2. С помощью разностной схемы уравнения (1.36) и условия (1.40) вычисляется функция $\Psi_0(\eta)$.
3. Делается предположение о значении функции $\Pi(\eta)$ в точке $\eta_0 = 0$.
4. С помощью разностной схемы уравнения (1.37) и предположения о значении давления в нуле находится функция $\Pi_0(\eta)$.
5. С использованием $\Pi_0(\eta)$ и уравнения (1.38) находится функция $\Omega_1(\eta)$, которая используется в качестве другого начального приближения.
6. Выполняется необходимое количество итераций 1) – 5) до сходимости.
7. Проверяется значение вычисленной функции $\Psi_N(0)$. Если она близка к -1 , то алгоритм завершается. Иначе итерации начинаются заново, но со скорректированным значением $\Pi(0)$.

А. А. ЗАРЯНОВ

artemzaryanov2013@yandex.ru

Науч. руковод. – д-р физ.-мат. наук, проф. Ф. С. НАСЫРОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

О ПОСТРОЕНИИ АНАЛИТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ УРАВНЕНИЙ РЕАКЦИЯ-ДИФФУЗИЯ С ДВУМЕРНЫМ ВИНЕРОВСКИМ ПРОЦЕССОМ

Аннотация. Предложен способ построения аналитического решения для одного класса уравнений реакция-диффузия с двумерным винеровским процессом.

Ключевые слова: системы стохастических дифференциальных уравнений; уравнения реакция-диффузия; аналитические решения; винеровский процесс.

Решается следующая задача:

$$\begin{cases} u_1 - u_{10} = \int_0^t (u_{1xx} + f_1) ds + \int_0^t g_{11} * dW_1(s) + \int_0^t g_{12} * dW_2(s), \\ u_2 - u_{10} = \int_0^t (u_{2xx} + f_2) ds + \int_0^t g_{21} * dW_1(s) + \int_0^t g_{22} * dW_2(s), \end{cases} \quad (1)$$

где $u_i = u_i(x, t)$, $f_i = f_i(t, x, u_1, u_2)$, $i = 1, 2$, а функции g_{ij} определяются следующим образом:

$$\begin{aligned} g_{11} &= g_{11}(x, t, u_2), & g_{12} &= g_{12}(x, t, u_2), & g_{21} &= g_{21}(x, t, u_1), & g_{22} \\ & & & & & & = g_{22}(x, t, u_1). \end{aligned}$$

Данная система будет решаться методом, предложенным в работе [1]. В работе показывается, что решение стохастической системы (1) можно получить, решив несколько систем дифференциальных уравнений, которые уже не содержат стохастических интегралов по винеровскому процессу.

Будем искать решение системы (1) в виде

$$\begin{cases} u_1(x, t) = \phi_1(x, t, W_1(t), W_2(t)), \\ u_2(x, t) = \phi_2(x, t, W_1(t), W_2(t)). \end{cases} \quad (2)$$

Строим цепочку уравнений, используя (2):

$$\begin{cases} \phi_{1v_1}(x, t, v_1, v_2) = g_{11}(x, t, v_2), \\ \phi_{1v_2}(x, t, v_1, v_2) = g_{12}(x, t, v_2), \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} \phi_{1v_2}(x, t, v_1, v_2) = g_{21}(x, t, v_1), \\ \phi_{2v_2}(x, t, v_1, v_2) = g_{22}(x, t, v_1), \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} \phi_1(x, t, v_1, v_2)|_{v_1=W_1(t), v_2=W_2(t)} = \phi_{1xx}(x, t, W_1(t), W_2(t)) + f_1(\phi_1, \phi_2), \\ \phi_2(x, t, v_1, v_2)|_{v_1=W_1(t), v_2=W_2(t)} = \phi_{2xx}(x, t, W_1(t), W_2(t)) + f_2(\phi_1, \phi_2). \end{cases} \quad (5)$$

Системы (3) и (4) интегрируются тривиально. Решение системы (3) подставим систему (4) и решив ее получаем решения

$$\begin{cases} \phi_1(x, t, v_1, v_2) = g_{11}v_1 + g_{12}v_2 + C_1(x, t), \\ \phi_2(x, t, v_1, v_2) = g_{21}v_1 + g_{22}v_2 + C_2(x, t). \end{cases} \quad (6)$$

Для определения произвольных постоянных $C_1(x, t) = C_1$ и $C_2(x, t) = C_2$ подставим решение (6) в систему (5). После алгебраических преобразований получаем систему дифференциальных уравнений в частных производных

$$\begin{cases} C_{1t} = C_{1xx} + W_1(g_{11xx} - g_{11t}) + W_2(g_{12xx} - g_{12t})f_1(t, x, \phi_1, \phi_2), \\ C_{2t} = C_{2xx} + W_1(g_{21xx} - g_{21t}) + W_2(g_{22xx} - g_{22t})f_2(t, x, \phi_1, \phi_2), \end{cases} \quad (7)$$

которую можно записать в матричном виде следующим образом

$$\mathbf{C}_t = \mathbf{C}_{xx} + \Delta \mathbf{G} \mathbf{W} + \mathbf{F},$$

где

$$\begin{aligned} \mathbf{C} &= (C_1, C_2)^T, \mathbf{W} = (W_1(t), W_2(t))^T, \mathbf{F} = (f_1, f_2)^T, \Delta \mathbf{G} \\ &= (g_{tij} - g_{xxij}), ij = 1, 2. \end{aligned}$$

Пусть $\Delta \mathbf{G} = 0$, то есть функции g_{ij} должны удовлетворять одномерному уравнению теплопроводности, тогда, воспользовавшись тем, что для такой системы (7) существуют аналитические решения, например при

$$f_1 = f_2 = \frac{(u_1 + u_2)^2}{4} - \frac{(u_1 + u_2 - 2W)}{4} - u_1 u_2, \quad (8)$$

получаем, что и исходная система (1) при условии $\Delta \mathbf{G} = 0$ и (8) имеет аналитическое решение

$$\begin{cases} C_1(x, t) = \frac{1}{4} \left[1 + th \left(\sqrt{\frac{1}{24}} \left(x + 5 \sqrt{\frac{1}{6}} t \right) \right) \right], \\ u_1(x, t) = g_{11}W_1(t) + g_{12}W_2(t) + C_1(x, t), \\ u_2(x, t) = g_{21}W_1(t) + g_{22}W_2(t) + 1 - C_1(x, t). \end{cases}$$

Таким образом, найдены условия, при которых система (1) имеет аналитическое решение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Насыров Ф.С.* Об интегрировании систем стохастических дифференциальных уравнений // Математические труды. 2016 Т.4, №2. С.1-12.
2. *Насыров Ф.С.* Об интегрировании систем стохастических дифференциальных уравнений // Математические труды. 2016 Т.4, №2. С.1-12.

А. А. КАТАШОВА

sashaonf@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. Ю. В. ЮЛМУХАМЕТОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет***ЧАСТНОЕ РЕШЕНИЕ ПОДМОДЕЛИ ПОЛИТРОПНОГО ГАЗА
С ЛИНЕЙНЫМ ПОЛЕМ СКОРОСТЕЙ**

Аннотация. В данной работе изучается движение газа, у которого скорости частиц являются линейными функциями декартовых координат точки. Найдены все решения определенного вида для подмодели политропного газа в линейном поле скоростей, подробно рассмотрено одно из них. Актуальность работы – пополнение базы частных решений уравнений газовой динамики. Построены мировые линии для частного случая и отрисованы траектории при показателе адиабаты, соответствующего двухатомному газу и воздуху. Охарактеризовано движение частиц газа.

Ключевые слова: линейное поле скоростей; частное решение; политропный газ; показатель адиабаты.

Рассмотрим конкретную подмодель для политропного газа с линейным полем скоростей

$$\vec{u} = A(t)\vec{x} + \vec{u}_0(t),$$

где $A(t)$ – матрица 3×3 , \vec{u}_0 – вектор, элементы которого зависят от t .

Новое решение будем искать для одной из 11 подмоделей, которые были описаны Юлмухаметовой Ю.В. в [2]. Будем рассматривать ПОДМОДЕЛЬ 1

$$\begin{aligned} S' + 2SA &= (1 - \gamma)S \operatorname{tr}A, \quad A' + A^2 = S, \\ \vec{v}' + A^T \vec{v} + S\vec{u}_0 &= (1 - \gamma)\vec{v} \operatorname{tr}A, \quad \vec{u}'_0 + A\vec{u}_0 = \vec{v}, \\ p'_0 - \rho \vec{u}_0 \vec{v} &= -\gamma p_0 \operatorname{tr}A, \quad 1 < \gamma < 2, \end{aligned}$$

где γ – показатель политропы. A^T – транспонированная матрица, $\operatorname{tr}A$ – след матрицы A , матрица S – симметричная, то есть $S = S^T$. Система является системой 25 порядка.

Для данной подмодели плотность задается равенством

$$\rho = \rho_0 \exp\left(-\int \operatorname{tr}A dt\right).$$

Функция давление задается формулой

$$p = -\frac{1}{2} \rho \vec{x} \cdot S \vec{x} - \rho \vec{v} \cdot \vec{x} + p_0(t).$$

Уравнение состояния имеет вид

$$p = B(\mathcal{S})\rho^\gamma,$$

где B -произвольная функция энтропии \mathcal{S} .

Будем разыскивать частные решения в виде диагональной матрицы

$$A = \begin{pmatrix} a & 0 & 0 \\ 0 & a & 0 \\ 0 & 0 & a_1 \end{pmatrix},$$

где $a(t), a_1(t)$ – некоторые функции, вид которых будет уточнен далее.

Нахождение общего решения не представляется возможным, будем искать частное решение в виде:

$$a = \frac{k}{t},$$

Одно из найденных решений, не было описано ранее – $a = \frac{3-\gamma}{2\gamma t}, a_1 = \frac{1}{t}$, запишем матрицу A , исходя из найденных функций

$$A = \begin{pmatrix} \frac{3-\gamma}{2\gamma t} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{3-\gamma}{2\gamma t} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{t} \end{pmatrix}$$

Найденная матрица A позволяет перейти к дифференциальным уравнениям для векторов \vec{v}, \vec{u}_0 из подмодели. Найдем все функции для нашего решения.

Применим галилеевы переносы f^4 и f^5 , поэтому далее вектор \vec{u}_0 будем использовать в виде:

$$\vec{u}_0 = \begin{pmatrix} \frac{C_2}{t^2} \\ \frac{C_4}{t^2} \\ C_5 t \frac{(-5\gamma+3+\sqrt{13\gamma^2-18\gamma+9})}{2\gamma} \end{pmatrix}.$$

Из уравнений подмодели в рассматриваемом случае плотность имеет вид

$$\rho = \rho_0 |t|^{\frac{3}{\gamma}}.$$

Вспомогательный вектор \vec{v} равен

$$\vec{v} = \begin{pmatrix} \frac{C_2(\gamma t^2 + \gamma - 3)}{\gamma t^4} \\ \frac{C_4(\gamma t^2 + \gamma - 3)}{\gamma t^4} \\ \frac{C_5 t^{\frac{-9\gamma+3+b}{2\gamma}} (2\gamma t^2 - 5 + b + 3)}{2\gamma} \end{pmatrix}.$$

где $b = \sqrt{13\gamma^2 - 18\gamma + 9}$.

Дифференциальное уравнение для p_0 имеет 2 решения. Для $t < 0$ решение является мнимым:

$$p_0 = \frac{-(\gamma - 3)\rho_0 e^{\frac{-3\pi i}{\gamma}} C_5^2 ((\gamma + 3)b - 5\gamma^2 - 6\gamma + 9) t^{\frac{\gamma-b-9}{2\gamma}} + 6 \left(\frac{5 e^{\frac{-3\pi i}{\gamma}} (C_2^2 + C_4^2) (\gamma - \frac{3}{5})}{2} t^{\frac{3-\gamma}{\gamma}} + C_p (\gamma - 3) \right) (\gamma^2 - 6)}{6(-3 + \gamma)(\gamma^2 - 6)t^3},$$

поэтому для расчета давления будем использовать решение на промежутке $0 \leq t$

$$p_0 = \frac{6 \rho_0 C_5^2 (\gamma - 3) \left(\gamma - \frac{b}{3} - 1 \right) t^{\frac{\gamma-b-9}{2\gamma}} + 2(\gamma - b - 9) \left(\frac{5 (C_2^2 + C_4^2) (\gamma - \frac{3}{5})}{2} t^{\frac{3-\gamma}{\gamma}} + C_p (\gamma - 3) \right)}{6(-3 + \gamma)(\gamma^2 - 6)t^3},$$

где C_p – постоянная.

Давление запишем в виде равенства

$$p = -\frac{\rho_0}{2} |t|^{\frac{3}{\gamma}} \vec{x} \cdot \begin{pmatrix} -\frac{3-\gamma}{2\gamma t^2} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{3-\gamma}{2\gamma t^2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \vec{x} - \rho_0 |t|^{\frac{3}{\gamma}} \vec{x} \cdot \begin{pmatrix} \frac{C_2(\gamma t^2 + \gamma - 3)}{\gamma t^4} \\ \frac{C_4(\gamma t^2 + \gamma - 3)}{\gamma t^4} \\ \frac{C_5 t^{\frac{-9\gamma+3+b}{2\gamma}} (2\gamma t^2 - 5 + b + 3)}{2\gamma} \end{pmatrix} + p_0(t).$$

Для найденных нами элементов функция энтропии имеет вид:

$$s = \left(-\frac{\rho_0}{2} |t|^{\frac{3}{\gamma}} \vec{x} \cdot \begin{pmatrix} -\frac{3-\gamma}{2\gamma t^2} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{3-\gamma}{2\gamma t^2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \vec{x} - \rho_0 |t|^{\frac{3}{\gamma}} \vec{x} \cdot \begin{pmatrix} \frac{C_2(\gamma t^2 + \gamma - 3)}{\gamma t^4} \\ \frac{C_4(\gamma t^2 + \gamma - 3)}{\gamma t^4} \\ \frac{C_5 t^{\frac{-9\gamma+3+b}{2\gamma}} (2\gamma t^2 - 5 + b + 3)}{2\gamma} \end{pmatrix} + p_0(t) \right) \rho_0^{-1} |t|^{-\frac{3}{\gamma}}$$

Описание движения частиц газом дается дифференциальным уравнением с начальными данными

$$\frac{d\vec{x}}{dt} = \vec{u}(\vec{x}, t), \quad \vec{x}|_{t=t_0} = \vec{x}_0.$$

Каждая мировая линия определена начальным условием, вектор \vec{x} имеет вид:

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} t^{\frac{3-\gamma}{2\gamma}} x_0 - \frac{2 C_4 \gamma}{t(\gamma+3)} \\ t^{\frac{3-\gamma}{2\gamma}} y_0 - \frac{2 C_6 \gamma}{t(\gamma+3)} \\ \frac{z_0}{4} t - 4 C_5 \gamma |t|^{\frac{1-(5\gamma-3b)}{2\gamma}} \end{pmatrix}$$

где x_0, y_0, z_0 – лагранжевые переменные.

Матрица Якоби перехода от эйлеровых к лагранжевым переменным имеет вид:

$$J = \begin{pmatrix} 0 & t^{\frac{3-\gamma}{2\gamma}} & 0 \\ t^{\frac{3-\gamma}{2\gamma}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & t \end{pmatrix} = -t^{\frac{3}{2\gamma}}.$$

Для нахождения особенностей движения частиц газа найдем значения t , при которых якобиан равен 0.

Если $\gamma > 0$, то при $t = 0$ – момент коллапса частиц газа. Если $\gamma < 0$ – коллапс при $t \rightarrow \infty$. При $t = 0$ частицы газа занимают в пространстве положение: $x \rightarrow \infty$ и $y \rightarrow \infty, z \rightarrow 0$.

Для определенности построим траектории движения частиц при $\gamma = \frac{7}{5}$.

Этот показатель адиабаты соответствует *двухатомному газу* (кислород, водород и др.). Так же показатель адиабаты 1,4 соответствует воздуху.

Уравнения траектории движения при $\gamma = \frac{7}{5}$:

$$x(t) = \frac{11t^{\frac{11}{7}} x_0 - 7C_4}{11t}, \quad y(t) = \frac{11t^{\frac{11}{7}} y_0 - 7C_6}{11t},$$

$$z(t) = \frac{z_0}{4} t - 28C_5 \frac{|t|^{-\frac{3}{2} + \frac{3\sqrt{58}}{7}}}{5}.$$

При $t \in (0, 1]$ частицы вылетают с плоскости xOy из бесконечно удаленных точек. Каждая частица летит по своей траектории частицы, они не пересекаются и заполняют все пространство.

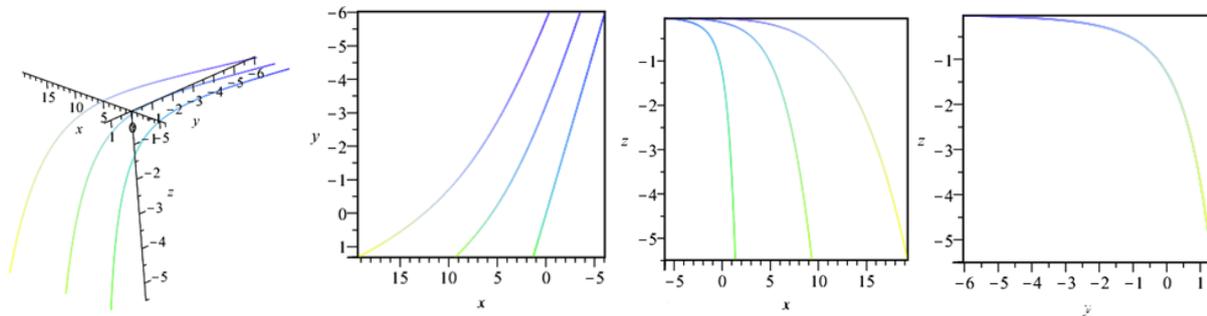


Рис. 1. Траектории частиц газа $t \in (0, 1]$.
 $x_0 = 2, 10, 20. C_4 = C_5 = C_6 = y_0 = z_0 = 1.$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Овсянников Л.В. Лекции по основам газовой динамики. Москва-Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2003. 336 с.
2. Юлмухаметова Ю.В. Подмодели газовой динамики с линейным полем скоростей // Сибирские электронные математические известия, 9 (2012), 208-226.
3. Овсянников Л.В. Новое решение уравнений гидродинамики // Докл. АН СССР. Т. 111, № 1. 1956. С. 47-49.

А. Е. КРИВОНОГОВА
programmer.adm@gmail.com

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

Уфимский государственный авиационный технический университет

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА

Аннотация. В докладе описаны возможности обработки естественного языка, обоснована необходимость предобработки данных и приведена нормализация предложений. Обработка естественного языка играет важную роль в поддержке взаимодействия компьютера и человека.

Ключевые слова: обработка естественного языка; предобработка данных.

Обработка естественного языка (Natural Language Processing, NLP) – это ветвь искусственного интеллекта, которая занимается взаимодействием компьютера и человеческого языка. Она сочетает вычислительную лингвистику со статистическими моделями, моделями машинного обучения и глубокого обучения [1], что позволяет компьютерам понимать язык. Обработка естественного языка помогает компьютерам извлекать полезную информацию из текстовых данных. Примеры задач, которые решаются путем обработки языка:

1. распознавание речи – задача преобразования голосовых данных в текстовые данные;
2. анализ настроений – задача выявления таких качеств, как настрой, психическое состояние, эмоции и так далее. Основная задача анализа настроений заключается в классификации полярности предложения: положительная, отрицательная или нейтральная;
3. генерация естественного языка – задача создания текстовых данных из некоторых структурированных данных;
4. тегирование части речи – задача тегирования части речи определенного слова в предложении на основе его определения и контекста.

Есть два основных этапа обработки естественного языка: предварительная обработка данных и разработка алгоритма.

Предварительная обработка данных включает в себя подготовку и «очистку» текстовых данных, чтобы машины могли их анализировать. предварительная обработка приводит данные в работоспособную форму и выделяет в тексте функции, с которыми может работать алгоритм.

Многие факторы влияют на результат машинного обучения (МО) в решении задач. Предоставление качественных данных для последующего обучения превыше всего. При наличии нерелевантной, избыточной информации и зашумленных данных в обучающей выборке алгоритмы дадут некачественный результат. Хорошо известно, что в задачах машинного обучения этапы подготовки и фильтрации данных требуют значительного времени на обработку. Предварительная обработка данных может включать в себя очистку, нормализацию, преобразование, извлечение, выбор признаков и так далее. Результатом предварительной обработки данных является окончательная обучающая выборка.

Качество данных играет важную роль в работе алгоритма. Если данные предварительно не обрабатываются, алгоритм, ввиду несогласованности данных, может выдать результат, который совершенно далек от желаемого.

Существующие исследования предварительной обработки данных в основном проводились в области интеллектуального анализа данных. Были исследования, которые обрабатывают web-данные, чтобы преобразовать их в аналитическую форму. Эти исследования не объяснили влияние предварительной обработки данных на алгоритм как метод, включенный в процесс подготовки данных для анализа [2, 3].

Модель предложения использует текстовые данные на основе слов, которые включают слова во множественном числе, специальные символы и цифры. Таким образом, предварительная обработка для анализа делится на преобразование, при котором исходная форма преобразуется в словесную форму, и исключение, при котором слова, которые считаются ненужными для семантической интерпретации, удаляются.

Существует три типа нормализации: понижение, при котором прописные буквы преобразуются в строчные, выделение корней и лемматизация.

На данный момент к задачам обработки естественного языка применено множество различных классов алгоритмов машинного обучения. Они принимают в качестве входных данных большой набор «функций и правил», которые генерируются из входных данных. Некоторые из наиболее ранних используемых алгоритмов, такие как деревья решений, создавали системы жестких правил, построенных на условиях «если-то». Однако, все больше исследований уделяется статистическим моделям, которые принимают более взвешенные, вероятностные решения, основанные на присоединении действительных весов к каждой входной характеристике.

Обработка естественного языка играет важную роль в поддержке взаимодействия машины и человека. По мере того, как в этой области проводится больше исследований, мы ожидаем увидеть больше достижений, которые делают машины более умными в распознавании и понимании человеческого языка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Йоав Гольдберг: Нейросетевые методы в обработке естественного языка. ДМК-Пресс, 2019 г. – 282 с.
2. T. Kuzar and P. Navrat, “Preprocessing of slovak blog articles for clustering,” in Proceedings of the 2010 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology, Toronto, ON, USA, September 2010.
3. S. K. Dwivedi and B. Rawat, “A review paper on data preprocessing: a critical phase in web usage mining process,” in Proceedings of the 2015 International Conference on Green Computing and Internet of Things (ICGCIoT), Greater Noida, Delhi, India, October 2015.

УДК 519.245

П. И. МАРКОВ

door323@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. С. А. МАЯКОВА

Уфимский государственный авиационный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ НЕРЕГУЛЯРНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ НА ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ПРОГНОЗА МЕТОДОВ ЛОКАЛЬНОЙ АППРОКСИМАЦИИ

Аннотация. В работе проводится исследование влияния параметров нерегулярных временных рядов на ширину интервала прогноза методов локальной аппроксимации. Объектом исследования являются хаотичные и квазипериодические системы и составленные из их сигналов временные ряды. Показано влияние размерности пространства вложений и число гармоник ряда Фурье на длительность прогноза различными методами локальной аппроксимации. Выведены эмпирические правила для решения задачи прогнозирования.

Ключевые слова: прогнозирование; локальная аппроксимация; временной ряд; прямой метод; итеративный метод; итеративный метод с пересчетом.

Прогнозирование, методы построения и пространство вложений. Потребность различных областей экономики в составлении качественного прогноза для сложных систем, то есть предсказание будущих значений наблюдаемого процесса, основываясь на анализе сигналов, произведенных исходной системой, в разные моменты времени (временной ряд), удовлетворяется через построение различных моделей прогнозирования, подразделяющихся на две группы [1]: глобальные и локальные. Если в структуре временного ряда трендовая и/или периодическая составляющая оказывают меньшее влияние или отсутствуют, то ряд становится нерегулярным из-за оставшейся случайной компоненты.

Различные работы Лоскутова А. Ю., его соавторов и коллег [1-6], демонстрируют основы и различные особенности практического применения методов ЛА.

Преимущество методов локальной аппроксимации (ЛА), перед моделями использующими авторегрессионные методы прогноза, в использовании кусочного приближения. Это дает возможность, с помощью методов ЛА, более точно

прогнозировать нерегулярные временные ряды, без дополнительной подготовки или обработки [2].

При анализе временных рядов главной задачей является реконструкция породившей этот ряд динамической системы [1]. Наименьшее число независимых переменных, однозначно определяющих установившееся движение исходной системы, называют размерность вложения и обозначают d_e . Количество ненулевых гармоник ряда Фурье выполняет аналогичную функцию, но для сильно сглаженного ряда.

Принцип методов локальной аппроксимации. Для построения модели используется метод задержек [4]. Выбирается вид локального представления, для установления связи следующего значения с предыдущим и выбирается порядок линейной аппроксимации, не превышающий второго, так как увеличение требований к временному ряду влечет за собой снижение точности прогноза [2].

Далее происходит самый важный и отличительный этап всех методов ЛА: выбор ближайших соседей. Соседний к стартовому вектору \mathbf{x}_{N-p+1} вектор, удовлетворяет условию:

$$\{\mathbf{x}_s\} : \sum_{s \in \omega_{\Xi}} \|\mathbf{x}_{N-p+1} - \mathbf{x}_s\| \rightarrow \min,$$

где $s \in \omega_{\Xi} \subset \omega_{N-p+1}$, $\omega_{N-p+1} \equiv \{1, \dots, N - p + 1\}$, Ξ – количество соседей, ω_{Ξ} – набор номеров векторов-соседей. Норма берется евклидова. Нижняя оценка количества соседей [1]: $\Xi \geq p + 1$. От выбора правильных соседей зависит весь итоговый результат и длительность качественных предсказаний.

После отбора соседей оцениваются параметры локального представления и строится следующее значения ряда.

Для построение прогноза на более чем один шаг существуют три типа методов [3]: итеративный – параметры рассчитываются на первом шаге и более не пересчитываются, а только что спрогнозированное значение используется для построения нового стартового вектора. Итеративный с пересчетом – спрогнозированный вектор становится стартовым, но все соседи и параметры считаются

заново. Прямой метод – прогноз строится независимо для всех T моментов времени, как если это прогнозы на один шаг, без пересчета стартового вектора и матрицы соседей.

Влияние размерности пространства вложений на длительность прогноза. Наиболее часто используемым алгоритмом для оценки величины d_e является алгоритм Грассбергера–Прокаччия [1]: пусть имеется последовательность $y_1, y_2, \dots, y_n, y_{n+1}, \dots$ наблюдаемой величины $x(t)$ следующим образом: $x(t) \equiv y_1, x(t+1) \equiv y_2, \dots$. Выберем произвольную подпоследовательность длины k и рассмотрим все возможные векторы

$$\vec{\omega}^n = \{y_{n-k+1}, y_{n-k+2}, \dots, y_n\},$$

Все они удовлетворяют соотношению $\vec{\omega}^n \in R^k$.

Возьмем некоторое значение l , две любые пары $\vec{\omega}^i, \vec{\omega}^j$ и вычислим корреляционный интеграл $C_k(l)$ как

$$C_k(l) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \theta[l - |\vec{\omega}^i - \vec{\omega}^j|],$$

где N – полное число элементов в последовательности y_n , $\theta(z)$ – ступенчатая функция Хевисайда.

Понятие корреляционной размерности:

$$d_e = \lim_{l \rightarrow 0} \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{\ln C(l)}{\ln l},$$

где l – это размер ячейки фазового пространства. Численно оценить двойной предел непросто, но геометрически выражение d_e определяется как тангенс угла наклона $\ln C(l)$ от $\ln l$. Наклон графика, также, будет зависеть от k .

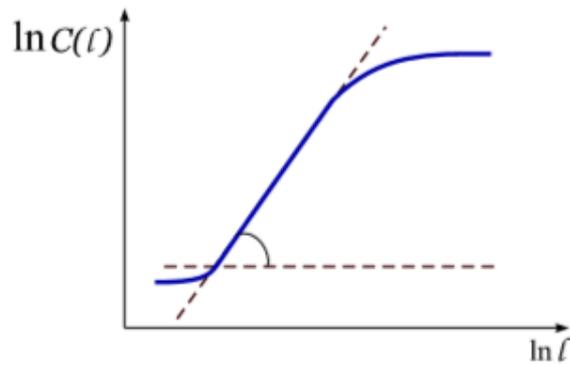


Рис. 1. Зависимость корреляционного интеграла от ширины ячейки в логарифмическом масштабе

Если конечномерное представление данной системы существует, то с увеличением k тангенс будет стремиться к определенной конечной величине. Эта величина и будет d_e .

К выборке различных нерегулярных временных рядов был применен алгоритм Грассбергера–Прокаччия. Составлены прогнозы для каждого из трех методов локальной аппроксимации с различным набором параметров для каждого ряда. Полученные размеры интервалов прогноза, где ошибка не превышает 10%, для каждого метода, представлены в таблицах 1-3.

Таблица 1

Результаты для прямого метода ЛА

Параметры	Прямой метод			
	$p = 5$	$p = 3$	$p = 5$	$p = 6$
Размерность вложения	$6(p+1)$	$6(p+1)$	$4(p+1)$	$3(p+1)$
2	3	1	2	8
3	1	1	1	1
3	59	81	59	51
3	2	4	5	1
4	1	1	1	1
5	9	10	9	7
5	11	9	11	10
6	1	2	4	1
7	8	3	3	2
7	3	2	1	2

Результаты для итеративного метода ЛА

Параметры	Итерационный метод			
	p = 5	p = 3	p = 5	p = 6
Размерность вложения	6(p+1)	6(p+1)	4(p+1)	3(p+1)
2	1	1	1	3
3	4	1	4	2
3	51	51	25	16
3	1	1	1	1
4	4	2	1	2
5	37	84	25	7
5	30	24	24	26
6	5	1	1	3
7	10	3	5	2
7	2	1	2	1

Таблица 3

Результаты для итеративного с пересчетом метода ЛА.

Параметры	Итерационный мод. метод			
	p = 5	p = 3	p = 5	p = 6
Размерность вложения	6(p+1)	6(p+1)	4(p+1)	3(p+1)
2	2	1	1	12
3	6	1	4	3
3	51	61	9	6
3	1	2	1	1
4	4	2	1	2
5	91	91	90	6
5	35	34	33	35
6	5	1	1	2
7	3	8	16	2
7	2	1	2	1

На основе полученных данных была построена линейная аппроксимация для установления степени влияния размерности вложений на каждый из методов локальной аппроксимации. Результаты представлены на рисунках 2-5.

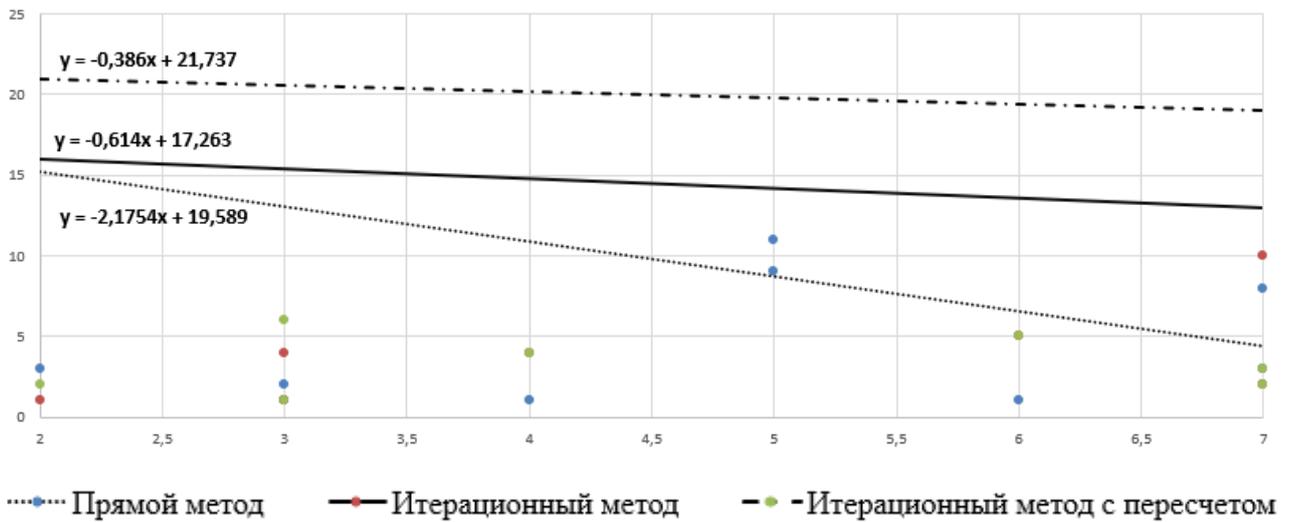


Рис. 2. Результаты аппроксимации для первого набора параметров ($p = 5, 6(p + 1)$) для трех методов ЛА

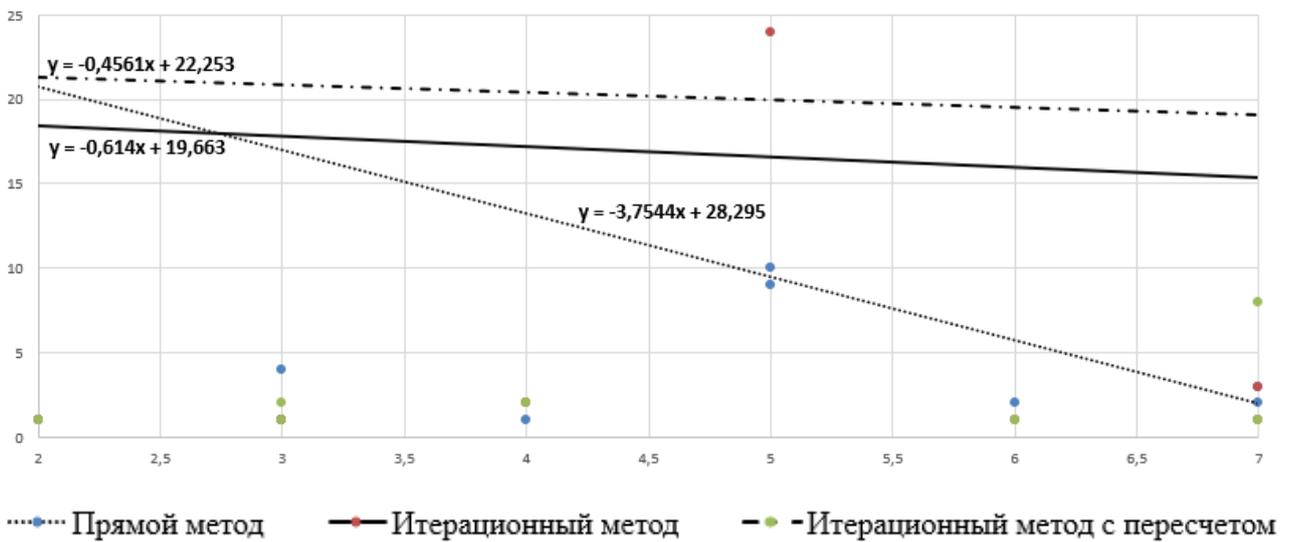


Рис. 3. Результаты аппроксимации для второго набора параметров ($p = 3, 6(p + 1)$) для трех методов ЛА

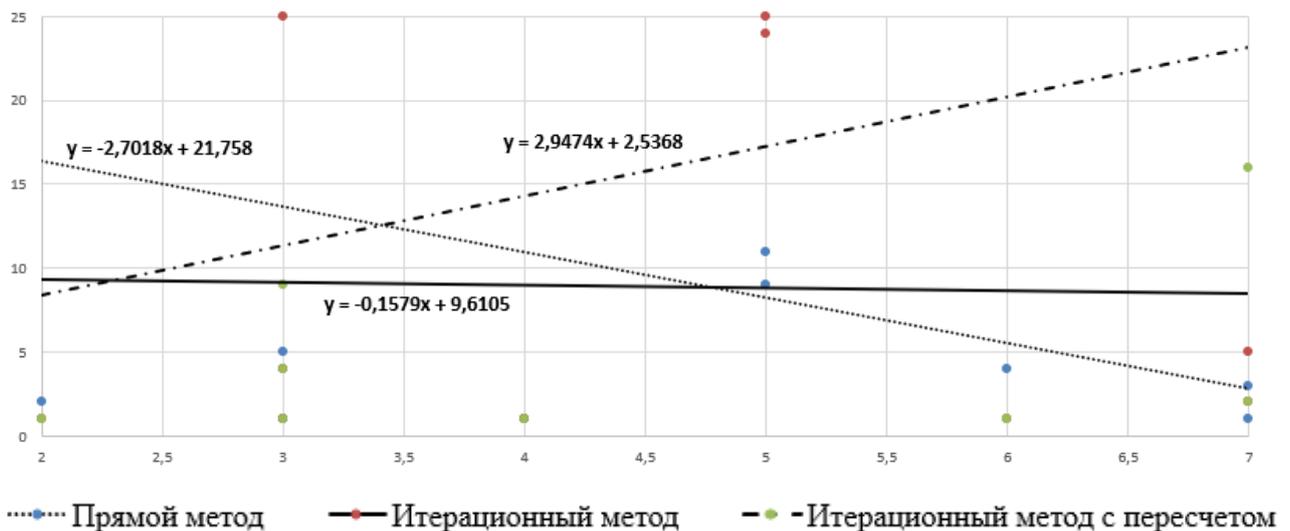


Рис. 4. Результаты аппроксимации для третьего набора параметров ($p = 5, 4(p + 1)$) для трех методов ЛА

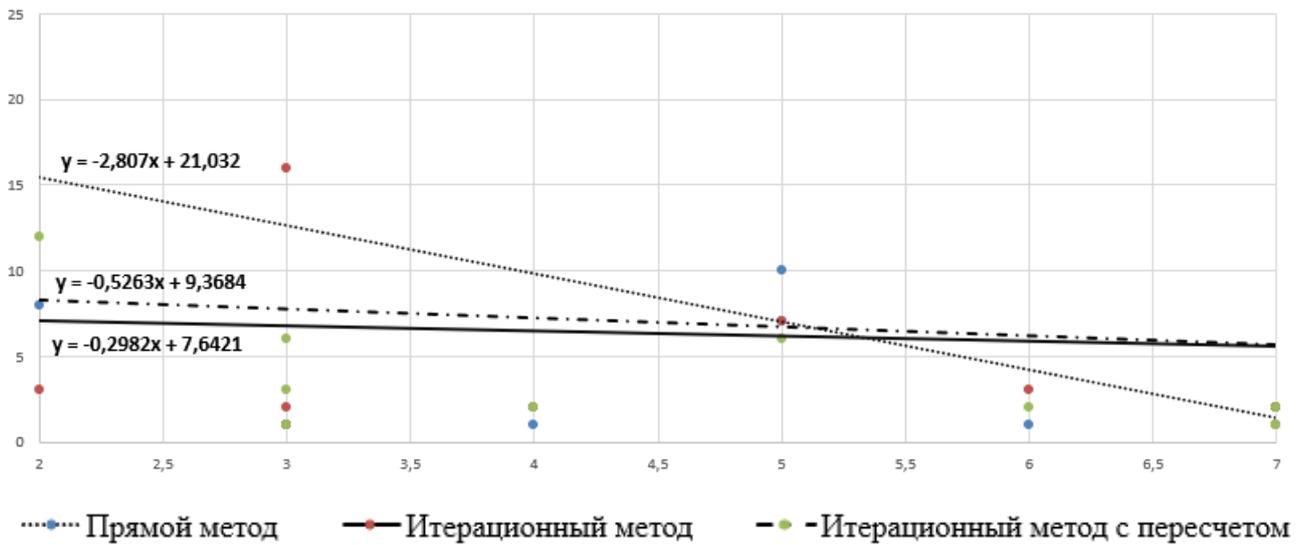


Рис. 5. Результаты аппроксимации для четвертого набора параметров ($p = 6, 4(p + 3)$) для трех методов ЛА

По результатам линейной аппроксимации можно сделать вывод о том, что группа итерационных методов прогноза фактически не зависит от того, насколько зашумлен ряд, и есть ли в нем закономерности поведения. В отличие от прямого метода, что сильно зависим от размера пространства вложений, то есть, от сложности и зашумленности исходного процесса.

Это происходит из-за того, что итерационные методы ЛА, для формирования прогноза, пересчитывают стартовый вектор, либо и стартовый вектор, и матрицу соседей, что позволяет строить прогнозы более гибко.

Влияние числа ненулевых гармоник ряда Фурье на длительность прогноза. Ненулевые коэффициенты Фурье указывают, какие из гармоник ряда являются значимыми. Это возможно использовать для анализа ширины интервала прогноза, как аналог пространства вложений для сглаженного преобразованием Фурье временного ряда.

К выборке различных нерегулярных временных рядов применили разложение в ряд Фурье с учетом до восьмого члена ряда включительно, используя математический пакет MATLAB, функции `normalize()` для нормализации данных в пределах $[0;1]$ и `fit()` с параметром 'fourier8', для нахождения ряда и коэффициентов Фурье.

Составлены прогнозы для каждого из трех методов локальной аппроксимации с различным набором параметров для каждого ряда. Полученные размеры интервалов прогноза, где ошибка не превышает 10%, для каждого метода, представлены в таблицах 4-6.

Таблица 4

Результаты для прямого метода ЛА

Параметры Значимые коэффициенты	Прямой метод			
	p = 5	p = 3	p = 5	p = 6
	6(p+1)	6(p+1)	4(p+1)	3(p+1)
14	3	1	2	8
16	1	1	1	1
0	59	81	59	51
15	2	4	5	1
15	1	1	1	1
9	9	10	9	7
4	11	9	11	10
0	1	2	4	1
16	8	3	3	2
16	3	2	1	2

Таблица 5

Результаты для итеративного метода ЛА

Параметры Значимые коэффициенты	Итерационный метод			
	p = 5	p = 3	p = 5	p = 6
	6(p+1)	6(p+1)	4(p+1)	3(p+1)
14	1	1	1	3
16	4	1	4	2
0	51	51	25	16
15	1	1	1	1
15	4	2	1	2
9	37	84	25	7
4	30	24	24	26
0	5	1	1	3
16	10	3	5	2
16	2	1	2	1

Результаты для итеративного с пересчетом метода ЛА

Параметры Значимые коэффициенты	Итерационный мод. метод			
	$p = 5$ $6(p+1)$	$p = 3$ $6(p+1)$	$p = 5$ $4(p+1)$	$p = 6$ $3(p+1)$
14	2	1	1	12
16	6	1	4	3
0	51	61	9	6
15	1	2	1	1
15	4	2	1	2
9	91	91	90	6
4	35	34	33	35
0	5	1	1	2
16	3	8	16	2
16	2	1	2	1

На основе полученных данных была построена линейная аппроксимация для установления степени влияния количества коэффициентов Фурье на каждый из методов локальной аппроксимации. Результаты представлены на рисунках 6-9.

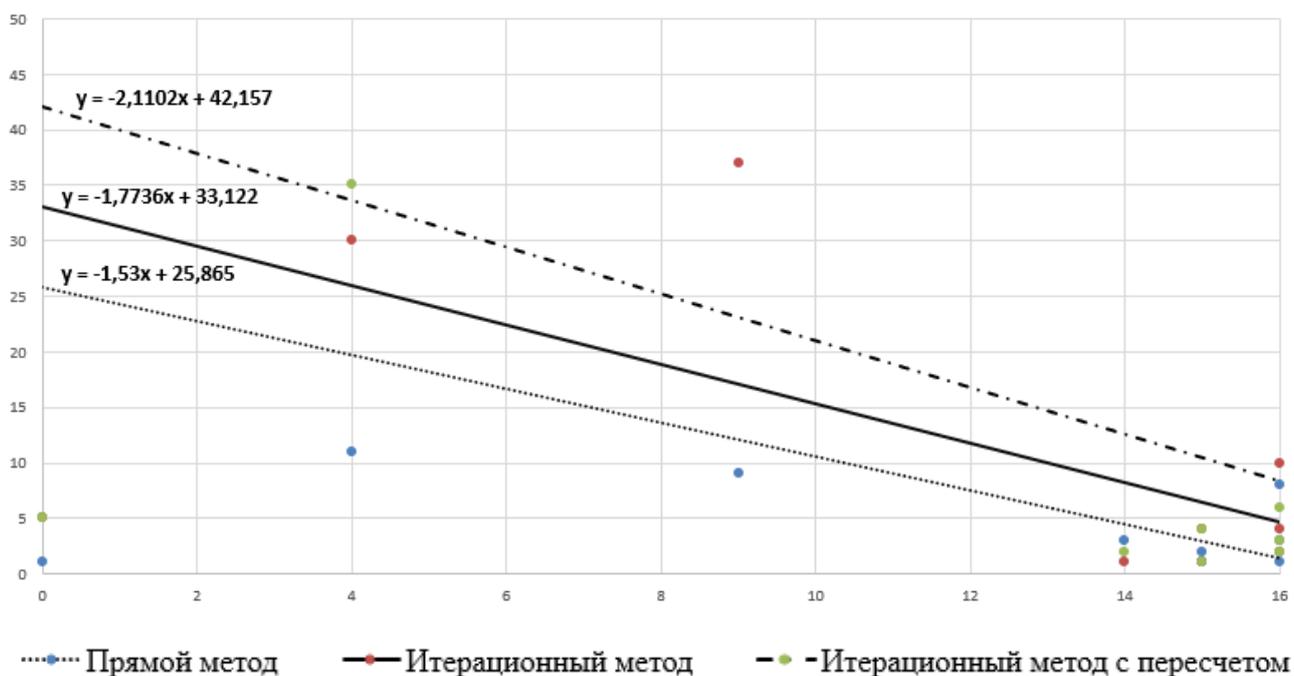


Рис. 6. Результаты аппроксимации для первого набора параметров ($p = 5, 6(p + 1)$) для трех методов ЛА

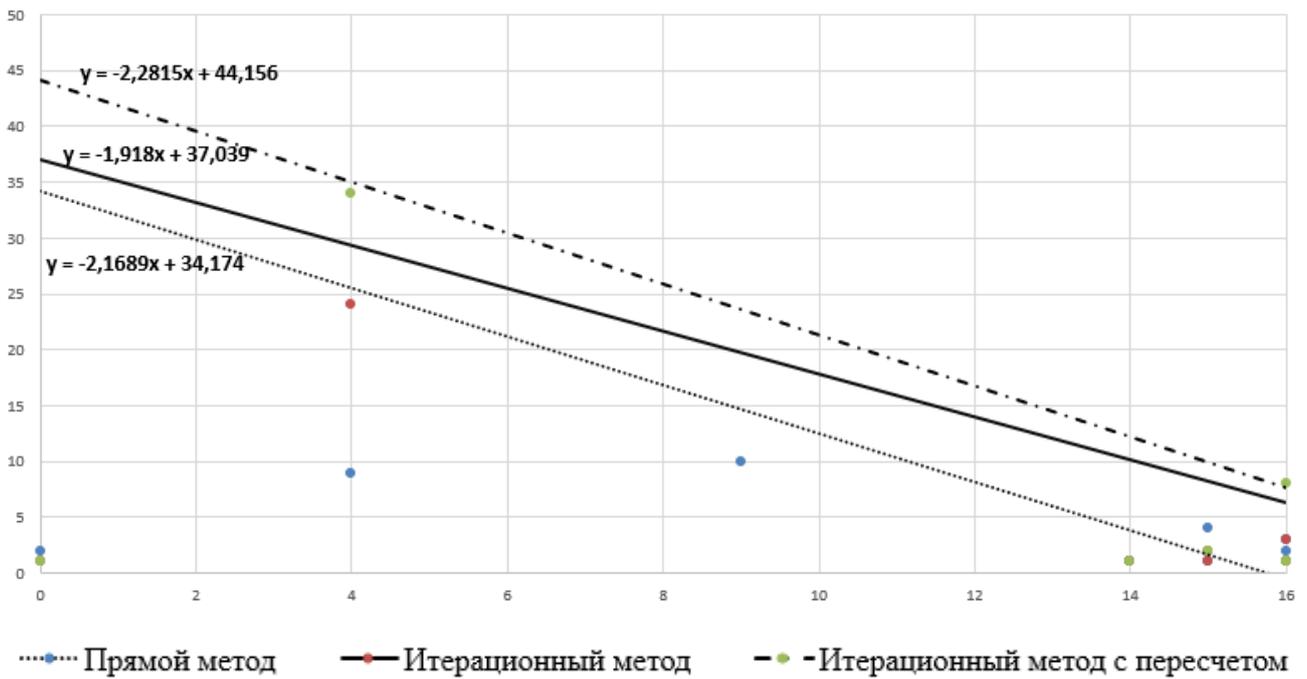


Рис. 7. Результаты аппроксимации для второго набора параметров ($p = 3, 6(p + 1)$) для трех методов ЛА

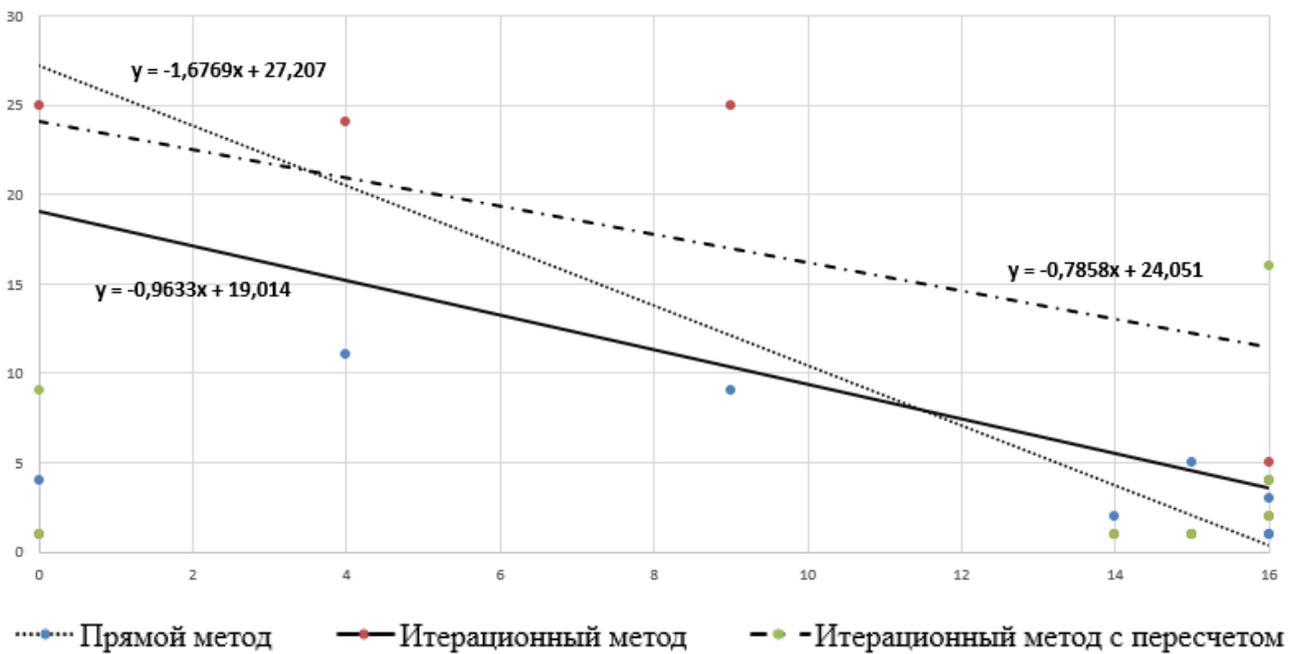


Рис. 8. Результаты аппроксимации для третьего набора параметров ($p = 5, 4(p + 1)$) для трех методов ЛА

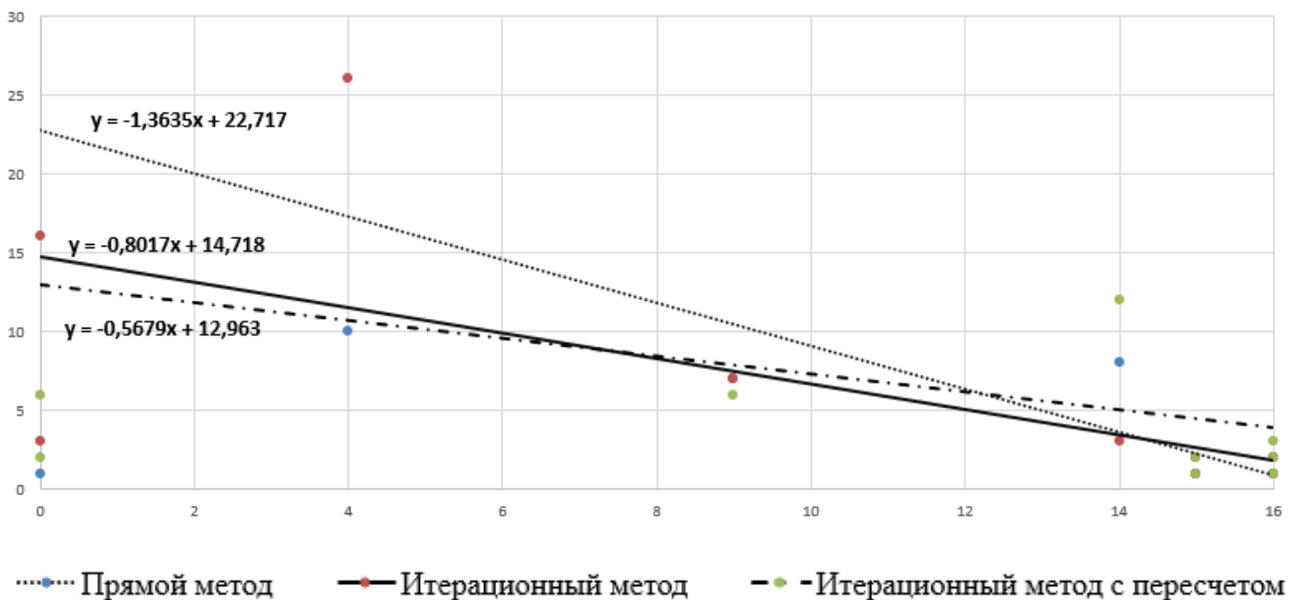


Рис. 9. Результаты аппроксимации для четвертого набора параметров ($p = 6, 4(p + 1)$) для трех методов ЛА

По результатам линейной аппроксимации можно сделать вывод о том, что ширина интервала прогноза итерационных методов обратно зависит от количества значимых коэффициентов Фурье временного ряда, то есть, от сложности образующей ряд функции.

Также, уменьшение количества рассматриваемых векторов в матрице соседей и увеличение длины вектора задержек положительно сказывается на отсутствии зависимости от количества значимых коэффициентов Фурье для итерационных методов ЛА.

Заключение. Эмпирические правила, полученные в результате анализа влияния размера пространства вложений и ненулевых коэффициентов Фурье:

- При малом размере пространства вложений предпочтение отдается прямому методу локальной аппроксимации.
- При увеличении числа размерности вложений, следует выбрать итерационные методы, увеличить длину вектора задержки и уменьшить количество рассматриваемых векторов в матрице соседей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лоскутов А.Ю., Анализ временных рядов [Электронный ресурс]: курс лекций. 51 с. Режим доступа: http://chaos.phys.msu.ru/loskutov/PDF/Lectures_time_series_analysis.pdf — Загл. с экрана.
2. Лоскутов А.Ю., Журавлев Д.И., Применение метода локальной аппроксимации для прогноза экономических показателей // Вопросы анализа и управления риском. 2003. Т. 1. №. 1. С. 21-31.
3. Котляров О.Л., Лоскутов А.Ю., Нелинейная динамика и анализ временных рядов // Проблемы анализа риска. 2004. Т. 1. №. 2. С. 160-177.
4. Истомин И.А., Котляров О.Л., Лоскутов А.Ю., К проблеме обработки временных рядов: расширение возможностей метода локальной аппроксимации посредством сингулярного спектрального анализа // Теоретическая и математическая физика. 2005. Т. 142. №. 1. С. 149.
5. Лоскутов А.Ю., Козлов А.А., Хаханов Ю.М., Энтропия и прогноз временных рядов в теории динамических систем // Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика. 2009. Т. 17. №. 4.
6. Лоскутов А.Ю., Котляров О.Л., Журавлев Д.И., Временные ряды: анализ и прогноз // Сб. научн. Трудов 11-й международной конф. «Математика, компьютер, образование». М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». 2004. Т.1. С. 16.

Д. А. НАСЫРОВА
dinasyrova@mail.ru

Науч. руковод. – канд. физ-мат. наук, доц. Р. А. БАШМАКОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

АКУСТИЧЕСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СКВАЖИН

Аннотация. Построена математическая модель, описывающая собственные колебания жидкости в нефтяной скважине, найдены главные частоты собственных колебаний жидкости в нефтяной скважине с трещиной ГРП (гидроразрыв пласта).

Ключевые слова: собственные колебания жидкости; гидроразрыв пласта; нефтяная скважина; частота колебаний; коэффициент затухания; гидроудар; стоячие волны.

Рассмотрим систему «вертикальная скважина – трещина ГРП – пласт». В исходном состоянии жидкость находится в покое.

Запишем уравнения сохранения масс и импульсов для жидкости, движущейся в скважине, где введены обозначения, используемые в механике сплошных сред и теории фильтрации:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho_0 \frac{\partial w}{\partial z} &= 0 \\ \rho_0 \frac{\partial w}{\partial t} + \frac{\partial P}{\partial z} &= -\frac{2\sigma}{a} \quad (0 < z < l) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\sigma = \mu \int_{-\infty}^t \frac{\partial w / \partial t}{\sqrt{\pi \nu (t - \tau)}} d\tau, \quad \nu = \frac{\mu}{\rho_0}, \quad \rho = \frac{P}{C^2}.$$

Граничные условия: $z = 0 \quad w(t, 0) = 0$

$$z = l \quad P(l, t) = P^{(l)}(t).$$

$$z = l \quad w(l, t) = w^{(l)}(t).$$

Преобразовывая систему (1), получим уравнение:

$$\pi a^2 l_p \frac{\partial \rho_p}{\partial t} = \pi a^2 \rho_0 w^{(l)} - 2\pi a l_p \rho_0 u_{pa} - 2d_f l_p \rho_0 u_{f0}.$$

Запишем основное уравнение упругого режима фильтрации в пласте вокруг скважины:

$$\frac{\partial P_p}{\partial t} = \alpha_p \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial P_p}{\partial r} \right) \quad (2)$$

Система уравнений фильтрации флюида по трещине [3] приведена к упрощенному уравнению:

$$\frac{\partial^2 P_f}{\partial x^2} = A_f \int_{-\infty}^t \frac{\partial P_f}{\partial \tau} \frac{d\tau}{\sqrt{\pi(t-\tau)}} \quad (3)$$

Будем искать решение системы (1) в комплексном виде:

$$P = A^{(P)}(z) e^{i\omega t}, \quad w = A^{(w)} e^{i\omega t}$$

$$A^{(P)} = \tilde{C}_1 \cos(Kz), \quad A^{(w)} = i \frac{\tilde{C}_1}{\rho_0} \frac{K \sin(Kz)}{\omega(1+2/y)}$$

Тогда при $z=l$ для закона изменения $P^{(l)}$ и $w^{(l)}$ нами найдены решения:

$$P^{(l)} = P|_{z=l} = \tilde{C}_1 \cos(Kl) \quad \text{и} \quad w^{(l)} = w|_{z=l} = i \frac{\tilde{C}_1}{\rho_0} \frac{K \sin(Kl)}{\omega(1+2/y)} e^{i\omega t}$$

$$A^{(P)}(r) = A^{(P)}(l) \frac{K_0(rq)}{K_0(aq)}, \quad A_f^{(P)} = A_p^{(P)} e^{-iK_f x}$$

Здесь $K_0(x) = \int_0^\infty e^{-x \operatorname{ch} \xi} d\xi$ – функция Макдональда нулевого порядка.

Из (2), (3) получим следующее характеристическое уравнение для определения частоты колебаний ω в виде:

$$\operatorname{tg}(Kl) = \left(-\frac{2m_p}{z_p} \frac{K_1(z_p)}{K_0(z_p)} - \frac{2m_f d_f i K_f}{z_f^2} - 1 \right) Kl_p$$

Таким образом, по собственным колебаниям жидкости внутри скважины можно судить о качестве открытого участка скважины, определить геометрические характеристики скважины, коллекторские свойства призабойной зоны, сопоставляя наблюдаемые параметры изменения давления в различных точках скважины с расчетными значениями, получаемыми по рассматриваемой модели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экономидес М., Олини Р., Валько П. Унифицированный дизайн гидроразрыва пласта: от теории к практике // Москва-Ижевск: Институт компьютерных технологий, 2007. – 237 с.
2. Wang X., Hovem K., Moos D., Quan Y. Water Hammer Effects on Water Injection Well Performance and Longevity // SPE International Symposium and Exhibition on Formation Damage Control, 2008, SPE 112282
3. Шагапов В.Ш., Нагаева З.М. К теории фильтрационных волн давления в трещине, находящейся в пористой проницаемой среде // Прикладная механика и техническая физика. – 2017. – Т. 58, № 5 (345). – С. 121 – 130.

В. П. ПИСАРЬКОВА

god_seven@mail.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. А. Н. БЕЛОГРУДОВ

Уфимский государственный авиационный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕШЕНИЙ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ФАЗОВОГО ПОРТРЕТА

Аннотация. Пользуясь знаниями о свойствах фазовых траекторий, видах фазовых траекторий и устойчивости положений равновесия, исследовать произвольные системы и нарисовать фазовые траектории систем на всей фазовой плоскости. Рассмотреть различные методы – графические, аналитические и численные, для построения фазовых траекторий.

Ключевые слова: фазовая плоскость; изоклины; .

Система ОДУ называется автономной, если в нее явно не входит независимая переменная. Рассмотрим систему линейных уравнений с постоянными коэффициентами:

$$\begin{cases} \dot{x} = a_{11}x + a_{12}y \\ \dot{y} = a_{21}x + a_{22}y \end{cases}$$

Под независимой переменной понимают переменную t (обозначающую время), а решение $x = x(t), y = y(t)$ описывает закон движения точки $(x; y)$ на плоскости xOy , называемой фазовой плоскостью.

Кривая, по которой движется точка, называется траекторией, а уравнения $x = x(t), y = y(t)$ задают параметризацию этой кривой. Фазовый портрет системы – картина расположения траекторий в фазовом пространстве R^n . Определить же направление движения по траектории можно с помощью вектора скорости.

Вид и свойства решения системы определяются корнями характеристического уравнения матрицы A :

$$|A - \lambda E| = \begin{vmatrix} a_{11} - \lambda & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} - \lambda \end{vmatrix} = 0.$$

Фазовый портрет автономного уравнения первого порядка определяется набором и характером его неподвижных точек. В случае неавтономной системы

также можно говорить о траектории, как о проекции интегральной линии на фазовое пространство, однако в отличие от автономных систем, траектории могут пересекаться.

Рассмотрим различные методы, которые помогут нам построить фазовые траектории. Метод изоклин – нанесение линий на фазовую плоскость, которые пересекают интегральные кривые под одним определенным углом. Суть метода заключается в получении уравнения изоклин, определяющего в каждой точке плоскости единственную касательную к соответствующей интегральной кривой. Пусть уравнения имеют вид:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = P(x, y), \\ \frac{dy}{dt} = Q(x, y). \end{cases}$$

Тогда уравнение изоклины запишется как: $\frac{dy}{dx} = \frac{Q(x,y)}{P(x,y)} = A = const$, где A – тангенс угла наклона касательной к фазовой траектории. Фазовые траектории проходят через углы $\varphi = 0^\circ$ и $\varphi = 90^\circ$ через главные (соответственно горизонтальную и вертикальную) изоклины.

Метод изоклин эффективно работает как инструмент исследования поведения решений. Он позволяет изобразить области характерного поведения интегральных кривых.

Линеаризация – метод, позволяющий заменить исследование нелинейной системы анализом линейной системы, в некотором смысле эквивалентной исходной. Линеаризацию системы можно провести в любой точке покоя $(x_0; y_0)$, введя локальные координаты $(\xi; \eta)$ по правилу $x = x_0 + \xi, y = y_0 + \eta$. Таким образом, мы отобразим точку в начало координат плоскости $(\xi; \eta)$. Также линеаризацию можно провести разложением правой части системы по формуле Тейлора в окрестности точки покоя.

В реальных системах начальные условия задаются с определенной точностью. Поэтому возникает естественный вопрос: как малые изменения начальных условий влияют на поведение решения при больших временах? Этим во-

просом как раз и занимается теория устойчивости. Теорема Ляпунова об устойчивости по первому приближению позволяет судить об устойчивости положения равновесия по линеаризованным уравнениям.

При исследовании на устойчивость вместо исходной нелинейной системы мы можем рассматривать линеаризованную систему $X' = JX$, которая называется системой уравнений первого приближения по отношению к исходной системе.

Если все собственные значения λ_i якобиана J имеют отрицательные действительные части, то нулевое решение исходной системы и линеаризованной системы является асимптотически устойчивым. Если хотя бы одно собственное значение имеет положительную действительную часть, то нулевое решение является неустойчивым. В случаях, когда действительные части всех собственных значений λ_i якобиана J отрицательны, причем существует хотя бы одно собственное значение с нулевой действительной частью, нулевое решение может быть устойчивым или неустойчивым.

Как видим, недостатком этого метода является ограниченность грубыми системами и неустойчивость при больших отклонениях от положения равновесия.

Также имеется другой метод – функции Ляпунова, не связанные с линеаризацией. Он более универсален.

Функция $V(x)$, непрерывно дифференцируемая в окрестности U , называется функцией Ляпунова автономной системы $X' = f(X)$, если $V(x) > 0$ для всех $X \in U \setminus \{0\}$; $V(0) = 0$ и $\frac{dV}{dt} \leq 0$ для всех $X \in U$.

Если в некоторой окрестности U нулевого решения автономной системы существует функция Ляпунова, то положение равновесия является устойчивым по Ляпунову.

Таким образом, функции Ляпунова позволяют установить устойчивость или неустойчивость системы. Преимуществом данного метода является то, что здесь не требуется знать само решение.

Кроме того, данный метод позволяет исследовать устойчивость положе-

ний равновесия негрубых систем, – например, в случае, когда точка равновесия является центром. Недостаток заключается в том, что не существует общего метода построения функций Ляпунова.

Пример 1.

$$\begin{cases} \dot{x} = \sin x \\ \dot{y} = y \cos x \end{cases}$$

Точки покоя системы $(\pi k; 0)$, $k \in \mathbb{N}$. Почленным делением уравнений системы получаем:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y \cos x}{\sin x} \Rightarrow \frac{dy}{y} = dx \cot x,$$

и решим дифференциальное уравнение.

$$\int \frac{dy}{y} = \int dx \cot x \Rightarrow \ln y = \ln \sin x + C \Leftrightarrow y = C \sin x$$

Будем строить фазовые траектории графическим методом.

С помощью этого уравнения построим семейство кривых.

Построим кривую $\varphi(x) = \sin x$.

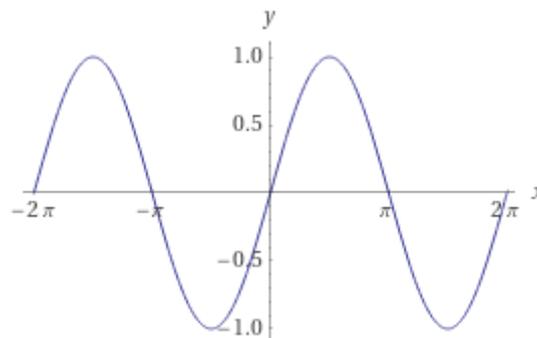


Рис. 1.

Затем картину семейства $\psi(x) = C \sin x \geq 0$ путем параллельного переноса.

С учетом всего вышеописанного получим следующую картину:

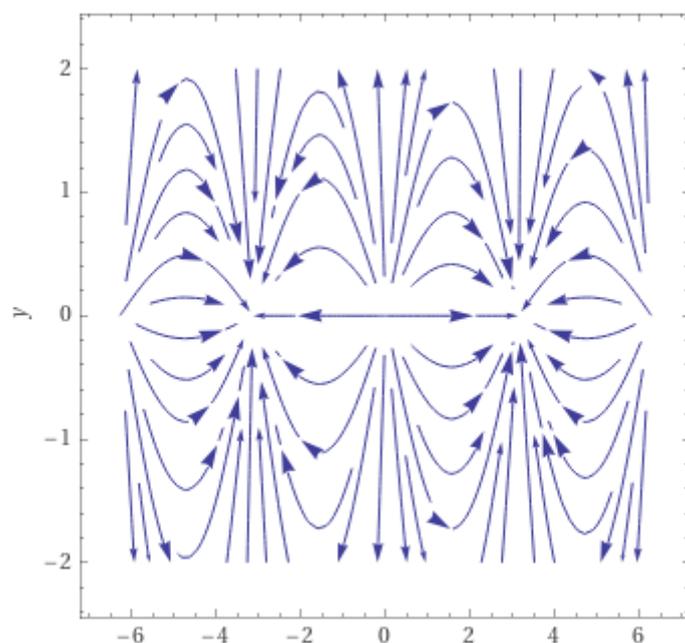


Рис. 2.

Эту задачу мы решили графическим методом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петровский И. Г. Лекции по теории обыкновенных дифференциальных уравнений / Под ред. А.Д. Мышкиса, О.А. Олейник. – М.: Изд-во МГУ, 1984. – 298 с.
2. Романко В. К. Курс дифференциальных уравнений и вариационного исчисления – 2-е изд. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2001. – 344 с.

В. И. САБУРОВ

nusratullinem@rambler.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Э. М. Нусратуллин

Уфимский государственный авиационный технический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНТУРА ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ СТЕРЖНЯ ПРИ ЗАДАННОЙ ФУНКЦИИ КРУЧЕНИЯ

Аннотация. В данной статье рассмотрена задача определения контура поперечного сечения стержня при заданной функции кручения. Показано, что задача сводится к решению дифференциального уравнения первого порядка.

Ключевые слова: кручение стержня; уравнение Лапласа; функция кручения.

Математическая модель задачи о напряженно-деформированном состоянии стержня описывается уравнениями [1]:

1) уравнения равновесия

$$\begin{cases} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} + F_x = 0, \\ \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} + F_y = 0, \\ \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + F_z = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{xy} = \tau_{yx}, \tau_{yz} = \tau_{zy}, \tau_{xz} = \tau_{zx}$ – напряжения, возникающие в стержне под действием заданных объемных нагрузок F_x, F_y, F_z .

2) уравнения связи напряжений и деформаций $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z, \gamma_{xy}, \gamma_{yz}, \gamma_{xz}$

$$\begin{cases} \sigma_x = 2G\varepsilon_x + \lambda(\varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z), \\ \sigma_y = 2G\varepsilon_y + \lambda(\varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z), \\ \sigma_z = 2G\varepsilon_z + \lambda(\varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z), \\ \tau_{xy} = G\gamma_{xy}, \quad \tau_{yz} = G\gamma_{yz}, \quad \tau_{xz} = G\gamma_{xz}, \end{cases} \quad (2)$$

где G – модуль упругости, λ – параметр Ламе;

3) геометрические уравнения Коши

$$\begin{cases} \varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x}, & \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y}, & \varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z}, \\ \gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}, & \gamma_{yz} = \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y}, & \gamma_{xz} = \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x}, \end{cases} \quad (3)$$

где u, v, w – компоненты вектора перемещений точки стержня.

Рассмотрим призматический стержень произвольного поперечного сечения. Свяжем с ним правую систему осей xuz ; расположим начало координат в центре тяжести одного из торцов и направим ось z вдоль оси стержня, а оси x и y совместим с главными осями инерции торца. Пусть на боковой поверхности стержня поверхностные силы отсутствуют, а на каждом из торцов заданы равные и противоположные по направлению моменты. Наличие таких моментов на каждом из торцов вызывает кручение стержня.

Для однородного стержня при кручении принимаем [2]:

$$u = -\theta zy, \quad v = \theta zx, \quad (4)$$

где θ – относительный угол закручивания стержня.

Кроме того, зададим ограничение на функцию w , считая, что все поперечные сечения деформируются (искривляются) одинаково, т.е. полагая функцию w , не зависящей от z

$$w = \theta \Phi(x, y), \quad (5)$$

где $\Phi(x, y)$ – функция кручения.

Подставляя (4) и (5) в (3), находим:

$$\begin{cases} \varepsilon_x = 0, & \varepsilon_y = 0, & \varepsilon_z = 0, & \gamma_{xy} = 0, \\ \gamma_{xz} = \theta \left(\frac{\partial \Phi}{\partial x} - y \right), & \gamma_{yz} = \theta \left(\frac{\partial \Phi}{\partial y} + x \right). \end{cases}$$

Из (2) следует, что

$$\begin{cases} \sigma_x = 0, & \sigma_y = 0, & \sigma_z = 0, & \tau_{xy} = 0, \\ \tau_{yz} = G\theta \left(\frac{\partial \Phi}{\partial y} + x \right), & \tau_{xz} = G\theta \left(\frac{\partial \Phi}{\partial x} - y \right). \end{cases} \quad (6)$$

Подставим (6) в уравнения равновесия (1) и получаем, что первое и второе уравнения выполняются всегда, а третье приводится к дифференциальному уравнению

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} = 0, \quad (7)$$

т.е. задача о кручении стержня сводится к решению уравнения Лапласа [2].

Выберем функцию кручения в виде:

$$\Phi(x, y) = cx^2 - cy^2, \quad (8)$$

которое удовлетворяет уравнению (7).

Определим для функции кручения (8) уравнение, описывающее геометрию контура рассматриваемого сечения.

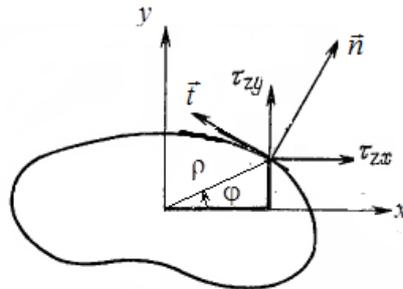


Рис. 1. Поперечное сечение стержня

Будем искать контур сечения в полярных координатах:

$$\begin{cases} x = \rho(\varphi) \cos \varphi, \\ y = \rho(\varphi) \sin \varphi. \end{cases} \quad (9)$$

где ρ – полярный радиус, φ – полярный угол.

Запишем вектор касательной к сечению [3]:

$$\vec{t}(\rho'(\varphi) \cos \varphi - \rho(\varphi) \sin \varphi; \rho'(\varphi) \sin \varphi + \rho(\varphi) \cos \varphi). \quad (10)$$

Тогда вектор нормали будет иметь вид

$$\vec{n}(-\rho'(\varphi) \sin \varphi - \rho(\varphi) \cos \varphi; \rho'(\varphi) \cos \varphi - \rho(\varphi) \sin \varphi). \quad (11)$$

Вектор напряжения

$$\vec{\tau}(\tau_{xz}; \tau_{yz}) \text{ или } \vec{\tau} \left(G\theta \left(\frac{\partial \Phi}{\partial x} - y \right); G\theta \left(\frac{\partial \Phi}{\partial y} + x \right) \right). \quad (12)$$

Поскольку по условию задачи боковая поверхность свободна от поверхностной нагрузки, то составляющая полного касательного напряжения, направленная по нормали к контуру будет равна нулю, т.е.

$$(\vec{\tau}; \vec{n}) = 0. \quad (13)$$

Вектор напряжения для функции кручения (8) имеет вид

$$\vec{\tau}(G\theta\rho(\varphi)(2c\cos\varphi - \sin\varphi); G\theta\rho(\varphi)(\cos\varphi - 2c\sin\varphi)). \quad (14)$$

Подставляя (11) и (14) в (13) получим дифференциальное уравнение с разделяющимися переменными [3]:

$$\rho'(1 - 2c\sin\varphi) - 2c\rho\cos 2\varphi = 0. \quad (15)$$

Решением уравнения (15) является множество функций вида

$$\rho(\varphi) = \frac{C_1}{\sqrt{1 - 2c\sin 2\varphi}}, \text{ где } C_1 = \text{const}. \quad (16)$$

Данное уравнение при некоторых значениях c задает уравнение эллипса в полярных координатах.

Выводы

Предложена методика определения контура сечения стержня при заданной функции кручения. Показано, что для определенного класса функций кручения контур сечения можно найти аналитически или получающееся дифференциальное уравнение можно решить численно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимошенко С. П. Теория упругости / С. П. Тимошенко, Д. Гудьер. – М.: Наука, 1975. – 560 с.
2. Филин А. П. Прикладная механика твердого деформируемого тела: Сопротивление материалов с элементами теории сплошных сред и строительной механики. Т. II. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1978, 616 с.
3. Бронштейн И.Н, Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. – 13-е изд., исправленное. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986.–544 с

Р. Р. САТТАРОВА

zakasatt@mail.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. Т. Г. КАЗАКОВА

Уфимский государственный авиационный технический университет

КОНЕЧНОМЕРНЫЕ ДИСКРЕТНЫЕ ЦЕПОЧКИ ТИПА ЦЕПОЧКИ ТОДЫ

В статье будем рассматривать дискретные цепочки типа цепочки Тоды на пятиточечном шаблоне:

$$q_{m+1,n} = f(q_{m,n}, q_{m-1,n}, q_{m,n+1}, q_{m,n-1}), \quad (1)$$

где $q = q_{m,n}$ – функции, определенные на пространстве $\mathbb{Z} \times \mathbb{Z}$. Переменную m интерпретируем как дискретное время, n как дискретную пространственную переменную. Одна из классификаций интегрируемых цепочек такого типа приведена в работе В.Э. Адлера. Список состоит из восьми уравнений, не переводимых друг в друга точечными преобразованиями.

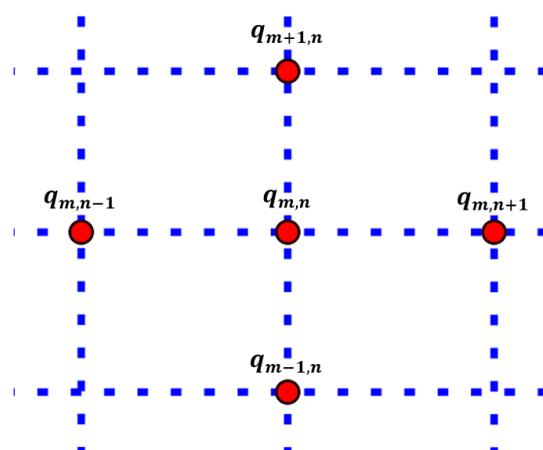


Рис. 1. Квадратная решетка для уравнения типа Тоды

Построение конечномерных редукций интегрируемых систем является одним из наиболее эффективных способов получения их частных решений. Одним из признаков интегрируемости системы уравнений является существование ее представления в виде условия совместности двух линейных уравнений (L, A пара).

Пусть уравнение (1) эквивалентно условию совместности

$$L_{m+1,n}(\lambda)A_{m,n}(\lambda) = A_{m,n+1}(\lambda)L_{m,n}(\lambda), \quad (2)$$

системы двух линейных уравнений

$$Y_{m,n+1}(\lambda) = A_{m,n}(\lambda)Y_{m,n}(\lambda), \quad (3)$$

$$Y_{m+1,n}(\lambda) = L_{m,n}(\lambda)Y_{m,n}(\lambda), \quad (4)$$

где $Y_{m,n}$, $L_{m,n}$ и $A_{m,n}$ – квадратные матрицы размерности 2×2 , зависящие от конечного числа сдвигов переменной $q_{m,n}$ и параметра λ . Представление цепочки (1) в виде условия совместности двух линейных уравнений (2) является одним из свойств интегрируемой системы и называется L,A парой.

На бесконечную цепочку (1) в точке $n=N$ накладывается граничное условие

$$q_{m,N} = F(m, q_{m,N+1}, q_{m-1,N+1}, \dots, q_{m,N+M}, q_{m-1,N+M}). \quad (5)$$

Граничное условие (5) сводит цепочку (1) к задаче на полуоси. Рассматривая два граничных условия в общем случае

$$q_{m,0} = F(m, q_{m,1}, q_{m-1,1}, \dots, q_{m,N}, q_{m-1,N}), \quad (6)$$

$$q_{m,N+1} = F(m, q_{m,1}, q_{m-1,1}, \dots, q_{m,N}, q_{m-1,N}), \quad (7)$$

мы получаем конечномерную систему (1), (6), (7) или, мы говорим, конечномерную редукцию цепочки (1).

В настоящей работе мы будем исследовать уравнение

$$e^{q_{m+1,n}-q_{m,n}} - e^{q_{m,n}-q_{m-1,n}} = e^{q_{m,n+1}-q_{m,n}} - e^{q_{m,n}-q_{m,n-1}}. \quad (8)$$

Будем пользоваться следующими функциональными линейными подстановками для нахождения граничных условий (6), (7) и матриц $H = H(m, q_{m-1,0}, q_{m,0}, \lambda)$ и $\bar{H} = \bar{H}(m+1, q_{m,0}, q_{m+1,0}, \lambda)$ из условий совместности двух линейных уравнений, зависящие от динамических переменных $q_{m-1,0}$, $q_{m,0}$ и $q_{m,0}$, $q_{m+1,0}$ соответственно:

$$\begin{aligned} h_{i,j}(q_{m-1,0}, q_{m,0}) &= \left(H(m, q_{m-1,0}, q_{m,0}, \lambda) \right)_{i,j} = a_{i,j}(m, \lambda)e^{q_{m-1,0}} + \\ & b_{i,j}(m, \lambda)e^{-q_{m-1,0}} + c_{i,j}(m, \lambda)e^{q_{m,0}} + d_{i,j}(m, \lambda)e^{-q_{m,0}} + \\ & f_{i,j}(m, \lambda), \end{aligned} \quad (9)$$

$$\bar{h}_{i,j}(q_{m,0}, q_{m+1,0}) = \left(\bar{H}(m+1, q_{m,0}, q_{m+1,0}, \lambda) \right)_{i,j} = \bar{a}_{i,j}(m+1, \lambda) e^{q_{m,0}} + \bar{b}_{i,j}(m+1, \lambda) e^{-q_{m,0}} + \bar{c}_{i,j}(m+1, \lambda) e^{q_{m+1,0}}, \quad (10)$$

В статье будет выполняться поиск коэффициентов функциональной подстановки $a_{i,j}(m, \lambda), b_{i,j}(m, \lambda), c_{i,j}(m, \lambda), d_{i,j}(m, \lambda), f_{i,j}(m, \lambda), \bar{a}_{i,j}(m+1, \lambda), \bar{b}_{i,j}(m+1, \lambda), \bar{c}_{i,j}(m+1, \lambda)$.

Построив системы для граничных условий (6), (7) и решив их находим $c_{11} = c_{12} = c_{21} = c_{22} = 0$ значит для уравнения (9) коэффициенты перед $e^{q_{m,0}}$ равны 0, тогда в матрице $H = H(m, q_{m,0}, q_{m-1,0}, \lambda)$ коэффициенты $h_{11}(m, q_{m-1,0}, \lambda), h_{12}(m, q_{m-1,0}, \lambda), h_{21}(m, q_{m-1,0}, \lambda), h_{22}(m, q_{m-1,0}, \lambda)$ зависят только от $q_{m-1,0}$. Из $\bar{c}_{11} = \bar{c}_{12} = \bar{c}_{21} = \bar{c}_{22} = 0$ следует что для уравнения (10) коэффициенты перед $e^{q_{m+1,0}}$ равны 0, тогда в матрице $\bar{H} = \bar{H}(m+1, q_{m+1,0}, q_{m,0}, \lambda)$ коэффициенты $\bar{h}_{11}(m+1, q_{m,0}, \lambda), \bar{h}_{12}(m+1, q_{m,0}, \lambda), \bar{h}_{21}(m+1, q_{m,0}, \lambda), \bar{h}_{22}(m+1, q_{m,0}, \lambda)$ зависят только от $q_{m,0}$.

В результате получены граничные условия

$$F_1 = e^{-q_{m,-1}} = e^{-q_{m-1,0}} - a_3 e^{-q_{m,0}}, \quad (11)$$

$$F_2 = e^{q_{m,1}} = -e^{q_{m-1,0}} + e^{-q_{m,0}} - a_4 e^{q_{m,0}}. \quad (12)$$

К. С. САХАРОВА, А. В. ЖИБЕР

saharovakarina@mail.ru

Науч. руковод. – д-р физ.-мат. наук, проф. А. В. ЖИБЕР

*Уфимский государственный авиационный технический университет***МЕТОД КАСКАДНОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ ЛАПЛАСА.
УРАВНЕНИЯ ТИПА ЛЭНЕ**

Аннотация. Теория уравнений в частных производных на раннем этапе своего развития выдвигала в качестве одной из основных задач проблему нахождения и исследования уравнений, допускающих явное интегрирование. Для явного нахождения точных решений дифференциальных уравнений было разработано много приемов такими классиками математики 18-19 веков, как Эйлер, Лагранж, Лиувиль, Лаплас, Дарбу, Ли, Якоби и другие. Существует целый класс интегрируемых нелинейных гиперболических систем и уравнений, своими свойствами схожих с уравнением Лиувилля. Их обычно называют уравнениями, интегрируемыми по Дарбу. Дарбу использовал каскадный метод Лапласа для нахождения интегралов. В работе рассматривается метод каскадного интегрирования Лапласа и даются сопутствующие понятия, как преобразование Лапласа, уравнения, интегрируемые по Дарбу. Также в конце первой части рассматривается необходимое и достаточное условие интегрируемости уравнения по Дарбу.

Ключевые слова: инварианты Лапласа; X-интеграл; Y-интеграл.

Объектом исследования являются уравнения с двумя независимыми переменными вида

$$u_{xy} = a(x, y, u, u_x, u_y) \quad (1)$$

Существует два вида интегрируемых уравнений (1). Первый из них: волновое уравнение $u_{xy} = 0$, а также уравнение Лиувилля

$$u_{xy} = e^u \quad (2)$$

и ему подобные. Уравнения первого вида были объектом классических исследований, в то время как теория точного интегрирования уравнений второго типа была разработана относительно недавно. Дарбу был первым математиком, который дал строгое определение, а также привел геометрический способ интегрирования таких уравнений, поэтому они называются уравнениями, интегрируемыми по Дарбу. Для начала необходимо обозначить, что u обозначает произвольное решение уравнения (1). Поэтому из всех выражений будут исключаться те частные производные по u , которые однозначно выражаются из урав-

нения. Так образом, u_{xy} всегда будет заменяться на правую часть уравнения, то есть на $a(x, y, u, u_x, u_x)$, а u_{xyy} на

$$\frac{\partial a}{\partial y} + \frac{\partial a}{\partial u} + \frac{\partial a}{\partial u_x} a + \frac{\partial a}{\partial u_y} u_{yy}$$

и так далее. Таким образом можно заметить, что любая смешанная производная от u может быть выражена через

$$\begin{aligned} x, y, u_1 = u_x, u_2 = u_{xx}, u_3 = u_{xxx}, \dots, \\ \bar{u}_1 = u_y, \bar{u}_2 = u_{yy}, \bar{u}_3 = u_{yyy}, \dots \end{aligned} \quad (3)$$

Причем эти функции (3) невозможно связать друг с другом, воспользовавшись исходным уравнением (1) и его дифференциальными следствиями, в связи с этим в дальнейшем они будут считаться независимыми переменными.

Само уравнение (1) можно записать в виде

$$D\bar{D}u = a(x, y, u, u_1, \bar{u}_1), \quad (4)$$

здесь D и \bar{D} – операторы полных производных уравнения (1), их можно определить как дифференцирования в пространстве \bar{f} локально аналитических функций, каждая из которых зависит от конечного числа переменных (3). Они задаются соотношениями

$$\begin{aligned} D(u_k) = u_{k+1}, \bar{D}(\bar{u}_k) = \bar{u}_{k+1}, u_0 = \bar{u}_0 = u, k = 0, 1, 2, \dots, \\ [D, \bar{D}] = 0, D\bar{D}(u) = a(x, y, u, u_1, \bar{u}_1). \end{aligned}$$

В виде векторных полей они записываются в виде

$$D = \frac{\partial}{\partial x} + \sum_{i=0}^{\infty} u_{i+1} \frac{\partial}{\partial u_i} + \sum_{i=0}^{\infty} \bar{D}^{i-1}(a) \frac{\partial}{\partial \bar{u}_i} \quad (5)$$

$$\bar{D} = \frac{\partial}{\partial y} + \sum_{i=0}^{\infty} \bar{u}_{i+1} \frac{\partial}{\partial \bar{u}_i} + \sum_{i=0}^{\infty} D^{i-1}(a) \frac{\partial}{\partial u_i} \quad (6)$$

Далее вводится понятие (инфинитезимальной) симметрии уравнения (4). Используя ее, можно строить точные решения, а также существование симметрии – отличительный признак интегрируемости.

Определение 1. Симметрией уравнения (4) порядка (n, m) называется функция

$$f = f(x, y, u, u_1, \dots, u_n, \bar{u}_1, \dots, \bar{u}_m), f_{u_n} \neq 0, f_{\bar{u}_m} \neq 0,$$

удовлетворяющая уравнению

$$(D\bar{D} - a_{u_1}D - a_{\bar{u}_1}\bar{D} - a_u)f = 0 \quad (7)$$

Уравнение (7) называется определяющим уравнением.

Пусть симметрия уравнения (4), тогда несложно показать, что производные $\frac{\partial f}{\partial u_n}$ и $\frac{\partial f}{\partial \bar{u}_m}$ являются решениями так характеристических уравнений

$$\bar{D}F = 0, DF = 0 \quad (8)$$

соответственно. Решения первого уравнения (8) называются x -интегралами, а второго y -интегралами уравнения (4).

Определение 2. Уравнение (4), интегрируемое по Дарбу, если справедливо

$$\text{Ker} D \neq \{\varphi((y))\} \text{ и } \text{Ker} \bar{D} \neq \{\psi((x))\}.$$

Таким образом, если у уравнения существуют нетривиальные x - и y -интегралы, уравнение является интегрируемым по Дарбу. Например, у волнового уравнения $u_{xy} = 0$ существуют интегралы $\omega = u_1, \bar{\omega} = \bar{u}_1$, а у уравнения Лиувилля (2):

$$\omega = u_2 - \frac{1}{2}u_1^2; \bar{\omega} = \bar{u}_2 - \frac{1}{2}\bar{u}_1^2$$

Лемма. Пусть $\text{Ker} \bar{D} \neq \{\psi((x))\}$. Тогда существует минимальный элемент $\omega(x, y, u, u_1, \dots, u_n) \in \text{Ker} \bar{D}$, $\frac{\partial \omega}{\partial u_n} \neq 0$ такой, что всякий элемент $\Omega \in$

$\text{Ker} \bar{D}$ представляется в виде

$$\Omega = \varphi(x, \omega, D\omega, D^2\omega, \dots).$$

Для $n \geq 2$ минимальный элемент ω можно выбрать таким образом, чтобы $\frac{\partial^2 \omega}{\partial u_n^2} = 0$.

Необходимое и достаточное условие интегрируемости уравнений по Дарбу.

При построении критерия интегрируемости по Дарбу дифференциальных уравнений с двумя независимыми переменными вида

$$u_{xy} = a(x, y, u, u_x, u_y) \quad (9)$$

важное значение имеет вариационная производная интеграла. Пусть $W = W(x, y, u, u_1, u_2, \dots, u_m)$ – некоторый -интеграл, тогда по определению

$$\frac{\delta W}{\delta u} = \sum_{k=0}^m (-1)^k D^k \left(\frac{\partial W}{\partial u_k} \right)$$

Известно, что вариационная производная является решением линейного уравнения. Также она связана с определяющим уравнением

$$(D\bar{D} - a_{u_1}\bar{D} - a_{\bar{u}_1}\bar{D} - a_u)f = 0$$

Так, справедливо утверждение.

Лемма 2. Пусть инвариант Лапласа $h = a_{u_1}a_{\bar{u}_1} + a_u - Da_{u_1}$ определяющего уравнения не равен нулю. Тогда вариационная производная u -интеграла исходного уравнения (9) удовлетворяет

$$\{DD + a_{u_1}D + (a_{\bar{u}_1} - D \ln h)\bar{D} - (h - Da_u - a_{u_1}a_{\bar{u}_1} + a_{u_1}D \ln h)\}F = 0$$

При $h = 0$ получим

$$(D + a_{u_1})\frac{\delta W}{\delta u} = 0$$

Далее получим, что уравнение для вариационной производной интеграла является x -преобразованием уравнения, сопряженного к определяющему уравнению. Следовательно ряд Лапласа исходного уравнения имеет вид

$$\dots (h_2, h_3), (h_1, h_2), (h_0, h), (h_{-1}, h_0), (h_{-2}, h_{-1}), \dots$$

Ряд Лапласа определяющего уравнения (3) задается формулой

$$\dots (h_{-2}, h_{-3}), (h_{-1}, h_{-2}), (h_0, h_{-1}), (h_1, h_2), \dots$$

Аналогичным образом доказывается, что вариационная производная x -интеграла уравнения (1) - решение уравнения, полученного из сопряженного к определяющему, x -преобразованием Лапласа.

Теорема 1. Пусть уравнение интегрируемо по Дарбу (т. е. $\text{Ker } \bar{D} \neq f(x)$ и $\text{Ker } D \neq g(y)$). Тогда ряд Лапласа определяющего уравнения обрывается с двух сторон, то есть найдутся целые n и m ($n \geq 0, m < 0$) такие, что $\mathbf{h}_n = \mathbf{h}_m = \mathbf{0}$.

Таким образом, для того, чтобы исходное уравнение было интегрируемым по Дарбу, необходимо чтобы ряд Лапласа определяющего уравнения обрывался с двух сторон. Достаточное условие интегрируемости приводится в следующей теореме.

Теорема 2. Пусть ряд Лапласа $(h_k, h_{k-1}), k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ для определяющего уравнения «обрывается» с двух сторон. Тогда уравнение (9) обладает нетривиальными интегралами

$$\omega = \omega(x, y, u, u_1, \dots, u_n) \text{ и } \bar{\omega} = \bar{\omega}(x, y, u, \bar{u}_1, \dots, \bar{u}_m).$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жибер А. В., Соколов В. В. Метод каскадного интегрирования Лапласа и уравнения, интегрируемые по Дарбу. Учебное пособие /Изд-е Башкирск. Ун-та. – Уфа, 1996–56 с.
2. Жибер А. В., Юрьева А.М. Гиперболические уравнения лиувиллевого типа специального класса, Дифференциальные уравнения, Математическая физика. Итоги науки и техн. Сер. Современ. Мат. И ее прил. Темат. обз., 137, ВИНТИ РАН, Москва, 2017, 17-25.
3. Жибер А. В., Соколов В. В., Старцев С. Я. О нелинейных гиперболических уравнениях, интегрируемых по Дарбу, ДАН РАН 343, - 1985. – с. 746–748.
4. Жибер А.В., Соколов В.В. Точно интегрируемые гиперболические уравнения лиувиллевого типа// УМН. – 2001. – Т. 56. - №1. – С. 63 – 106.
5. Капцов О.В. Методы интегрирования уравнений с частными производными // Москва: ФИЗМАЛИТ. 2009. 182с.

И. А. СОРОКИН

ilya.sorokin.90@bk.ru

Науч. руковод. – д-р физ.-мат. наук, доц. С. Ю. ЛУКАЩУК

Уфимский государственный авиационный технический университет

ПОСТРОЕНИЕ ОБЩЕГО РЕШЕНИЯ ДРОБНО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ БЕСЕЛЯ

Аннотация. Объектом исследования является дробно-дифференциальное уравнение Бесселя, полученное из уравнения Гельмгольца с потенциалом Рисса. С использованием преобразования Фурье построено фундаментальное решение рассматриваемого уравнения для случая смещенной дельта-функции. Для однородного дробно-дифференциального уравнения Бесселя показано, что его фундаментальная система решений состоит из двух элементов, и с использованием преобразования Меллина получено общее решение этого уравнения. Показано, что одним элементом фундаментальной системы решений является классическая функция Бесселя первого рода, а второй элемент представляется через функцию Фокса. Построено разложение в ряд Неймана по функциям Бесселя частного решения рассматриваемого уравнения Бесселя дробного порядка, представимого через функцию Фокса.

Ключевые слова: интеграл дробного порядка; дробно-дифференциальное уравнение Бесселя; общее решение; функция Фокса; преобразование Меллина; факторизация .

Рассмотрим задачу поиска решения обобщенного дробно-дифференциального уравнения Гельмгольца в пространстве обобщенных функций (со смещенной дельта-функцией):

$$\Delta R^\alpha u + u = \delta(x - x_0, y - y_0),$$

где R^α – потенциал Рисса.

Переходом в полярную систему координат и методом разделения переменных мы получим однопараметрическое семейство уравнений

$$\Delta_R \left(s^{-\frac{m}{2}} I_0^{\frac{\alpha}{2}} s^{m-\frac{\alpha}{2}} I_{+\infty}^{\frac{\alpha}{2}} s^{-\frac{m}{2}} w_m(\sqrt{s}) \right)_{s=R^2} - \frac{m^2}{R^2} \left(s^{-\frac{m}{2}} I_0^{\frac{\alpha}{2}} s^{m-\frac{\alpha}{2}} I_{+\infty}^{\frac{\alpha}{2}} s^{-\frac{m}{2}} w_m(\sqrt{s}) \right)_{s=R^2} + 2^\alpha w_m(R) = \frac{\delta(R - R_0)}{\pi R}$$

где

$$\Delta_R = \frac{1}{R} \frac{d}{dR} \left(R \frac{d}{dR} \right).$$

Это уравнение представляет собой дробно-дифференциальное обобщение уравнения Бесселя. В случае обнуления параметра дробного интеграла это

уравнение переходит в классическое уравнение Бесселя. И его общее решение строится на основе интегральных преобразований Фурье и Меллина.

Фундаментальное решение строится на основе применения многомерного преобразования Фурье-Бесселя для нашей неизвестной радиальной функции. В результате применения этого преобразования получается линейное алгебраическое уравнение относительно образа нашей неизвестной функции. Делая обратное преобразование, получим

$$w_m(R) = \frac{1}{2-\alpha} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{R_0}{R}\right)^{n+m} \frac{H_{24}^{31} \left[\frac{R}{2} \left| \begin{matrix} \left(1 - \frac{1}{2-\alpha}; \frac{1}{2-\alpha}\right) \left(0; \frac{1}{2}\right) \\ \left(1 - \frac{1}{2-\alpha}; \frac{1}{2-\alpha}\right) \left(\frac{n}{2}; \frac{1}{2}\right) \left(m + \frac{n}{2}; \frac{1}{2}\right) \left(0; \frac{1}{2}\right) \end{matrix} \right]}{\Gamma\left(\frac{n}{2} + 1\right) \Gamma\left(\frac{n}{2} + m + 1\right)}.$$

Где

$$H_{pq}^{mn} \left[x \left| \begin{matrix} (a_i, \alpha_i) \\ (b_j, \beta_j) \end{matrix} \right. \right] = \frac{1}{2\pi i} \int_{Li\gamma\infty} \frac{\prod_{i=1}^n \Gamma(1 - a_i - \alpha_i s) \cdot \prod_{j=1}^m \Gamma(b_j + \beta_j s)}{\prod_{i=n+1}^p \Gamma(a_i + \alpha_i s) \cdot \prod_{j=m+1}^q \Gamma(1 - b_j - \beta_j s)} x^{-s} ds$$

- функция Фокса

Решение в однородном случае (с нулевой правой частью) строится на основе интегрального преобразования Меллина. В результате его применения получим общее решение однородного уравнения

$$w_m(R) = C_1 J_m(R) + C_2 H_m(R),$$

где

C_1, C_2 – произвольные постоянные,

$J_m(R)$ – функция Бесселя 1 рода,

$$H_m(R) = H_{24}^{21} \left[\frac{R}{2} \left| \begin{matrix} \left(-\frac{\alpha+m}{2-\alpha}; \frac{1}{2-\alpha}\right) \left(\frac{1}{2} - \frac{\alpha+m}{2-\alpha}; \frac{1}{2-\alpha}\right) \\ \left(\frac{m}{2}; \frac{1}{2}\right) \left(-\frac{\alpha+m}{2-\alpha}; \frac{1}{2-\alpha}\right) \left(-\frac{m}{2}; \frac{1}{2}\right) \left(\frac{1}{2} + \frac{\alpha+m}{2-\alpha}; \frac{1}{2-\alpha}\right) \end{matrix} \right. \right]$$

Также было построено разложение в ряд Неймана второго частного решения однородного дробно-дифференциального обобщения уравнения Бесселя

$$H_0(u+v) = a_0(u)J_0(v) + 2 \sum_{k=1}^{\infty} a_k(u)J_m(v),$$

где

$$a_{2n}(u) = \frac{1}{4} \sum_{k=0}^n \frac{2n(2n-k-1)!}{k!} \cdot \frac{\frac{\partial^{2n-2k} w_0}{\partial v^{2n-2k}}_{v=0}}{(2n-2k)!} 2^{2n-2k+1},$$

$$\frac{\partial^{2k} w_0}{\partial v^{2k}}_{v=0} = 2^{2k} (w_{2k}(u) - \sum_{l=0}^{k-1} (-1)^l C_l^{k-1} \prod_{i=1}^k (2l+2i-1) u^{2l} I_0^1 \left(\frac{w_{2k}(u)}{u^{2l+1}} \right))$$

$$a_{2n+1}(u) = \frac{1}{4} \sum_{k=0}^n \frac{(2n+1)(2n-k)!}{k!} \cdot \frac{\frac{\partial^{2n-2k+1} w_0}{\partial v^{2n-2k+1}}_{v=0}}{(2n-2k+1)!} 2^{2n-2k+2},$$

$$\frac{\partial^{2k+1} w_0}{\partial v^{2k+1}}_{v=0} = 2^{2k+1} \left(w_{2k+1}(u) \right.$$

$$\left. - \sum_{l=0}^{k-1} (-1)^l C_l^{k-1} \prod_{i=1}^k (2l+2i-1) u^{2l} I_0^1 \left(\frac{w_{2k+1}(u)}{u^{2l+1}} \right) \right)$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Самко С.Г., Килбас А.А., Маричев О.И. Интегралы и производные дробного порядка, и некоторые их приложения. Минск.: Наука и техника, 1987. 688 с.
2. Stein E.M. The characterization of functions arising as potentials // Bull. Amer. Math. Soc. 1961. V. 67, No. 1. Pp. 102-104.
3. Самко С.Г. Гиперсингулярные интегралы и их приложения. Ростов на Дону: Изд-во Рост. ун-та, 1984. 208 с.
4. Рубин Б.С. Одномерное представление, обращение и некоторые свойства потенциалов Рисса от радиальных функций // Математические заметки. 1983. Т. 34, № 4. С. 521-533.
5. Учайкин В.В. Автомодельная аномальная диффузия и устойчивые законы // УФН. 2003. Т. 173, № 8. С. 847-876.
6. Mainardi F., Pagnini G., Saxena R.K. Fox H functions in fractional diffusion // J. Comput. Appl. Math. 2015. V. 178. Pp. 321-331.
7. Pozrikidis C. The fractional Laplacian. Boca Raton: CRC Press, 2016. 294 p.
8. Luchko Yu. On some new properties of the fundamental solution to the multi-dimensional space- and time-fractional diffusion-wave equation // Mathematics. – 2019. – V. 5, No. 4. – #76.
9. Vazquez J. L. Nonlinear diffusion with fractional Laplacian operators // In: Holden H., Karlsen K. (eds) Nonlinear Partial Differential Equations. Abel Symposia. V. 7. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012. P. 271-298.
10. Vazquez J. L. Recent progress in the theory of nonlinear diffusion with fractional Laplacian operators // Discrete and Continuous Dynamical Systems. 2014.

V. 7, No. 4. P. 857-885.

11. Rodrigues M.M., Vieira N., Yakubovich S. Operational Calculus for Bessel's Fractional Equation // Operator theory: Advances and Application. 2013. V. 229. Pp. 357-370.
12. Okrasinski W. Plociniczak L. A note on fractional Bessel equation and its asymptotics // Fractional Calculus and Applied Analysis. 2013. V. 16, No. 3. 559-572.
13. Shishkina E., Sitnik S. A Fractional Equation with Left-Sided Fractional Bessel Derivatives of Gerasimov–Caputo Type // Mathematics. 2019. V. 7, No. 12. # 1216.
14. Прудников А.П., Брычков Ю.А., Маричев О.И. Интегралы и ряды. Специальные функции. М.: Наука, 1986. 752 с.
15. Абрамовиц М., Стиган И. Справочник по специальным функциям. М.: Наука, 1979. 832 с.

З. А. ШАРАФИЕВА, Ю. В. ЮЛМУХАМЕТОВА

zulfiya-sharafieva@mail.ru, yulmukhametova.yulya@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, проф. Ю. В. ЮЛМУХАМЕТОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет***РАЗЛЕТ ЧАСТИЦ ПОЛИТРОПНОГО ГАЗА ИЗ ОСЕВОГО ИСТОЧНИКА**

Аннотация. Найдено решение задачи двумерной модели движения политропного газа с однородной деформацией. Определены виды первых интегралов. Получена система дифференциальных уравнений, состоящая из обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка на элементы матрицы и ее определитель, который является ключевым уравнением. Проведен анализ ключевого уравнения на наличие периодического решения, установлены допустимые значения некоторых констант, входящих в систему. Для специального случая найдено точное решение: определен вид функции скорости, давления, плотности и построены траектории движения частиц газа.

Ключевые слова: политропный газ; однородная деформация; первые интегралы; периодическое решение.

Для политропного газа один из классов движений описывается формулами [1]:

$$\vec{x} = M\vec{\xi}, \quad \vec{u} = M'\vec{\xi}, \quad p = (\gamma - 1)m^{-\gamma}g(h), \quad \rho = m^{-1}g'(h), \quad \text{#####(1)}$$

где $\vec{x}, \vec{\xi} \in R^n$; \vec{u} – вектор скорости; $M = M(t)$ – невырожденная $(n \times n)$ -матрица; γ – показатель адиабаты, $1 < \gamma < 2$; $g(h) > 0$ – произвольная дифференцируемая функция;

$$m = \det M > 0, \quad h = \frac{\varepsilon|\xi|^2}{2}, \quad \varepsilon = \pm 1 \text{#####(2)}$$

Выражения (1) и (2) являются точным решением уравнений идеальной газовой динамики, если матрица M удовлетворяет дифференциальному уравнению:

$$M'' + \varepsilon(\gamma - 1)m^{1-\gamma}M_*^{-1} = 0, \quad \text{###(3)}$$

В работе [1] исследована система (1) – (3) в случае, когда матрица M имеет вид:

$$M = \begin{pmatrix} a & b \\ -b & a \end{pmatrix}.$$

Система (3) имеет несколько первых интегралов [2]. Интеграл момента импульса и интеграл завихренности

$$MM'_* - M'M_* = J, M_* M' - M'_* M = K$$

где J и K – постоянные кососимметрические матрицы; интеграл энергии

$$\frac{1}{2} \sum_{i,j} M'_{i,j}{}^2 = \varepsilon m^{1-\gamma} + E,$$

где E – произвольная постоянная.

Данная работа посвящена нахождению решения, когда матрица однородной деформации имеет вид:

$$M = \begin{pmatrix} c^{-1} & b \\ -b & c \end{pmatrix}$$

В этом случае система (3) примет вид

$$\frac{2c'^2 - c''c}{c^4} + \varepsilon(\gamma - 1)m^{-\gamma} = 0$$

$$b'' + \varepsilon(\gamma - 1)m^{-\gamma}b = 0$$

$$c'' + \frac{\varepsilon(\gamma - 1)m^{-\gamma}}{c} = 0$$

Откуда $c' = \pm \sqrt{-\frac{\varepsilon(\gamma-1)m^{-\gamma}(1+c^4)}{2}}$, $\varepsilon < 0$ и $b = \pm \int \sqrt{\varepsilon(b^2 + 1)^{1-\gamma} + 2C_1} dt$,

C_1 – постоянная. Интеграл момента импульса и завихренности $-\frac{b'}{c} + bc' - \frac{c'b}{c^2} - cb' = j = -k$. Интеграл энергии $-\frac{c'^2}{c^4} + 2b'^2 + c'^2 = 2\varepsilon m^{1-\gamma} + 2E$.

Далее рассматривается специальный случай, когда в рассматриваемой модели $\gamma = 1$. Тогда $b = \pm(t \pm C_2)\sqrt{(2C_1 - 1)}$, $c = C_0$. Выведем выражение для вектора скорости из (1):

$$\vec{u} = \dot{M}\vec{\xi}, \quad \vec{x} = M\vec{\xi} \Rightarrow \vec{\xi} = M^{-1}\vec{x} \Rightarrow \vec{u} = \dot{M}M^{-1}\vec{x}.$$

$$\vec{u} = \begin{pmatrix} -\frac{c'}{c^2} & b' \\ -b' & c' \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c & -b \\ b & \frac{1}{c} \end{pmatrix} \frac{1}{1+b^2} \vec{x} = \begin{pmatrix} -\frac{c'}{c} + b'b & \frac{c'b}{c^2} + \frac{b'}{c} \\ -b'c + c'b & bb' + \frac{c'}{c} \end{pmatrix} \frac{\vec{x}}{1+b^2}$$

После подстановки переменных получим частное решение газовой динамики, задаваемое следующими газодинамическими функциями:

$$u = \frac{\pm(2C_1 - 1)(\pm(t \pm C_2))}{1 + (2C_1 - 1)(t \pm C_2)^2} x + \frac{\pm\sqrt{2C_1 - 1}}{C_0(1 + (2C_1 - 1)(t \pm C_2)^2)} y$$

$$v = \frac{\mp\sqrt{2C_1 - 1}C_0}{1 + (2C_1 - 1)(t \pm C_2)^2} x + \frac{\pm(2C_1 - 1)(\pm(t \pm C_2))}{1 + (2C_1 - 1)(t \pm C_2)^2} y$$

$$p = 0, \rho = \frac{1}{(t \pm C_2)^2(2C_1 - 1) + 1} g(h), \quad S = 0.$$

Для наших представлений скоростей запишем дифференциальные уравнения для определения мировых линий движений частиц газа [3].

$$\frac{dx}{dt} = \frac{\pm(2C_1 - 1)t}{1 + (2C_1 - 1)t^2} x + \frac{\pm\sqrt{2C_1 - 1}}{C_0(1 + (2C_1 - 1)t^2)} y^\#$$

$$\frac{dy}{dt} = \frac{\mp\sqrt{2C_1 - 1}C_0}{1 + (2C_1 - 1)t^2} x + \frac{\pm(2C_1 - 1)t}{1 + (2C_1 - 1)t^2} y^\#$$

Решение системы имеет следующий вид:

$$x(t) = \left(a^{\frac{3}{2}} C_4 t + \sqrt{a} C_3\right) \ln(at^2 + 1) - 2a(C_3 t - C_4) \arctg(t\sqrt{a}) - 2a^{\frac{3}{2}} C_4 t,$$

$$y(t) = -C_0 \sqrt{a} \left(\sqrt{a}(C_3 t - C_4) \ln(at^2 + 1) + 2 \left((C_4 at + C_3) \arctg(t\sqrt{a}) + C_4 \sqrt{a}\right)\right),$$

где $a = 2C_1 - 1 > 0$; C_3 и C_4 произвольные постоянные, выполняют функцию лагранжевых координат.

Якобиан перехода от эйлеровых к лагранжевым переменным равен:

$$||J|| = -\left(4C_0 a^{\frac{3}{2}}(at^2 + 1) \arctan(t^2 a)\right)$$

Найдем значения t , при которых якобиан обращается в нуль:

$$(4C_0 a^{\frac{3}{2}}(at^2 + 1) \arctan(t^2 a)) = 0$$

Якобиан может обращаться в нуль при $t = \pi n$, $n \in \mathbb{Z}$. Рассмотрим решение при $n = 0$, то есть $t = 0$: $x(t) = 0$; $y(t) = 2aC_4C_0$. Исходя из этого, можно сказать, что многообразие коллапса находится на оси ординат.

При $t \in (-1; 0)$ траектории движения частиц газа приведены на рис. 1.

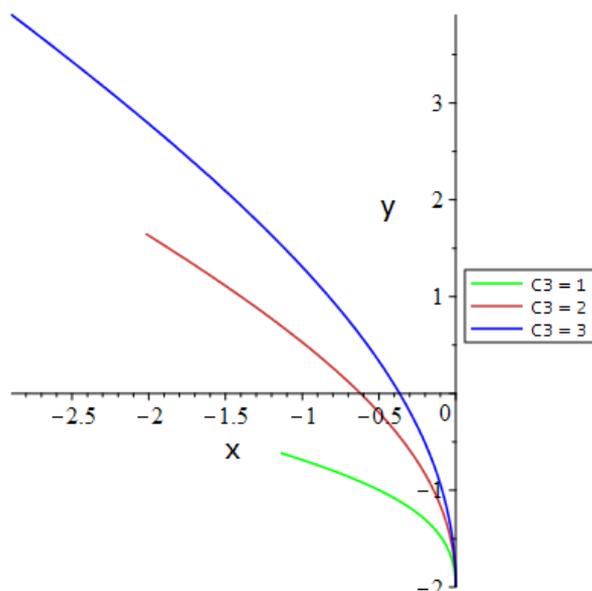


Рис. 1. Траектории движения частиц при $t \in (-1; 0)$ и $C_3 \in \{1, 2, 3\}$

При $t \in (0; 1)$ траектория движения частиц газа приведена на рис. 2.

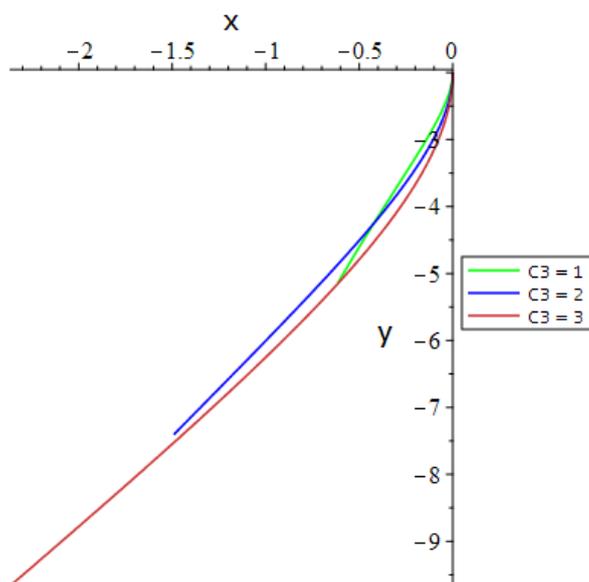


Рис. 2. Траектория движения частиц при $t \in (0; 1)$ и $C_3 \in \{1, 2, 3\}$

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (проект 18-29-10071_мк).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Овсянников Л.В. Газовый маятник // ПМТФ, 2000, Т. 5, №1. С. 115–119.
2. Дайсон Ф. Динамика вращающегося газового облака // Матем. Мех. – 1968. – Т. 18. – № 1. – С. 91-101.
3. Овсянников Л.В. Лекции по основам газовой динамики. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003, 336 с.