

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра двигателей внутреннего сгорания

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор по науке

 Р.Д. Еникеев

« 23 » июня 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«ТУРБОМАШИНЫ И ПОРШНЕВЫЕ ДВИГАТЕЛИ»

Уровень подготовки

высшее образование - подготовка научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Научная специальность

2.4.7 Турбомашины и поршневые двигатели

Квалификация (ученая степень): кандидат наук

Форма обучения


очная


Уфа 2022

Рабочая программа учебной дисциплины «СПЕЦИАЛЬНЫЕ ГЛАВЫ ТЕОРИИ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ
ТУРБОМАШИН И ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ»

Рабочая программа дисциплины обсуждена на заседании кафедры ДВС 5.25.2022 г., протокол №
7 и рекомендована к реализации в образовательном процессе для подготовки аспирантов по ПА
2.4.7 «Турбомашины и поршневые двигатели».

Заведующий кафедрой:  Р.Д. Еникеев, д.т.н., профессор

Составитель:  А.А. Черноусов, к.т.н., доцент кафедры ДВС

Согласовано:  Р.К. Фаттахов, к.т.н., доцент, начальник ОАиД

СОДЕРЖАНИЕ

1. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	4
2. Содержание и структура дисциплины (модуля)	4
3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов	6
4. Фонд оценочных средств	7
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	13
6. Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ.....	14

1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Специальные главы теории рабочих процессов турбомашин и тепловых двигателей» образовательного компонента программы аспирантуры подготовки научных и научно-исследовательских кадров в аспирантуре по научной специальности 2.4.7 Турбомашин и поршневые двигатели.

Рабочая программа составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)», утвержденными приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Минобрнауки России) от 20 октября 2021 года № 951; Постановление Правительства Российской Федерации от 30.11.2021 № 2122 "Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)".

Дисциплина направлена на подготовку к сдаче кандидатского экзамена. Является неотъемлемой частью программы подготовки научных и научно-исследовательских кадров в аспирантуре.

Целью освоения дисциплины является углубление знаний обучающихся о сущности процессов в турбомашин и поршневых двигателях и об их теории и, шире, – о методологии моделирования их в современных пакетах прикладных программ. Таким образом, освоение дисциплины позволит обучающимся в будущем осознанно применять методологию моделирования в расчетно-экспериментальных исследованиях рабочих процессов.

Задачи: углубленное изучение сущности физических процессов в турбомашин и поршневых двигателях и их математических моделей; получение представлений о методологии применения современных пакетах прикладных программ к расчетам рабочих процессов и, в этой связи – о проблемах и направлениях совершенствования турбомашин и поршневых двигателей.

2. Содержание и структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов).

Трудоемкость дисциплины по видам работ:

Вид работы	Трудоемкость, час.
	3 курс, 6 семестр
Лекции (Л)	30
Практические занятия (ПЗ)	–
Лабораторные работы (ЛР)	–
КСР	1
Курсовая работа (КР)	–
Расчетно-графическая работа (РГР)	–
Самостоятельная работа (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий и т. д.).	68
Подготовка и сдача экзамена	–
Подготовка и сдача зачета	9
Вид итогового контроля (зачет, экзамен)	Зачет

Содержание разделов и формы текущего контроля

№	Наименование и содержание раздела	Количество часов						Литература, рекомендуемая аспирантам*
		Аудиторная работа				СРС	Всего	
		Л	ПЗ	ЛР	КСР			
1	Квазистатические модели рабочих процессов.	6	–	–	0,25	12	18,25	5.1.1, 5.2.1, 5.2.2
2	Одномерные модели рабочих процессов.	8	–	–	0,25	18	26,25	5.1.1, 5.2.1
3	Пространственные модели рабочих процессов.	10	–	–	0,25	24	34,25	5.2.1
4	Пакеты прикладных программ и методология моделирования.	6	–	–	0,25	14	20,25	5.1.1, 5.2.1

_____.

3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов

Тема 1. Квазистатические модели рабочих процессов

Вопросы для самостоятельного изучения (подготовке к обсуждению):

1. Модели реального газа (уравнения Ван-дер-Ваальса и Пенга – Робинсона).
2. Модели двух- и трехкомпонентного рабочего тела ДВС.
3. Анализ размерностей величин в задачах термо-, гидро-, и газовой динамики.
4. Идентификация моделей характеристик компрессоров по данным со стендов.
5. Идентификация моделей характеристик турбин по данным со стендов.

Тема 2. Одномерные модели рабочих процессов

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Многозонные 0D модели процессов в рабочих камерах двигателей.
2. Модели изменения объема рабочей камеры.
3. Модели сгорания в рабочей камере.
4. Модели теплоотдачи в стенки рабочей камеры.
5. Модель потерь свежего заряда при продувке рабочей камеры.
6. Модель утечек рабочего тела из рабочей камеры.
7. Модели теплоотдачи в стенки ресиверов и кривошипных камер.

Тема 3. Пространственные модели рабочих процессов

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Модель 3D течения однородной сжимаемой ньютоновской жидкости («уравнения Навье – Стокса»).
2. Модель 3D течения жидкости с постоянной и плотностью и др. теплофизическими свойствами.
3. Детальные 3D модели для *DNS* рабочих процессов как турбулентных течений.
4. Прикладные 3D модели для *LES* рабочих процессов как турбулентных течений.
5. Прикладные 3D модели для *RANS* рабочих процессов как турбулентных течений.

Тема 4. Пакеты прикладных программ и методология моделирования

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Общая характеристика пакетов *Matlab*, *LMS AMESim*, *ALLBEA* (и др.).
2. Специализированные пакеты программ для моделирования рабочих процессов.
3. Общая характеристика специализированных пакетов: *GT-POWER*, *Ricardo WAVE*, *AVL BOOST*, *ALLBEA*, «Дизель-ПК».
4. Общая характеристика пакетов *STAR-CD*, *STAR-CCM+*, *ANSYS CFX*, *ANSYS Fluent*, *AVL FIRE*, *FlowVision* (и др.).

4. Фонд оценочных средств

Оценка уровня освоения дисциплины осуществляется в виде текущего и промежуточного контроля успеваемости аспирантов университета, и на основе критериев оценки уровня освоения дисциплины.

Активность обучающегося оценивается на занятиях и на основе выполненных работ и заданий, предусмотренных ФОС дисциплины.

Оценивание проводится преподавателем независимо от наличия или отсутствия обучающегося (по уважительной или неуважительной причине) на занятии. Оценка носит комплексный характер и учитывает достижения обучающегося по основным компонентам образовательного процесса за текущий период.

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Наименование оценочного средства*
1	Квазистатические модели рабочих процессов	Круглый стол, комплексное задание, ответы на вопросы
2	Одномерные модели рабочих процессов	Круглый стол, комплексное задание, ответы на вопросы
3	Пространственные модели рабочих процессов	Круглый стол, комплексное задание, ответы на вопросы
4	Пакеты прикладных программ и методология моделирования	Круглый стол, ответы на вопросы

Вопросы на зачет

1. Модель рабочего тела двигателя как смеси идеальных газов.
2. Двухкомпонентная модель рабочего тела.
3. Трех- и многокомпонентные модели рабочего тела. (без конкретизации «замыкающих» моделей).
4. Модели состава окислителя и топлива. Стехиометрическое отношение. Теплота сгорания топлива.
5. Модели влажности окислителя и топлива.
6. Модели реального газа (уравнения Ван-дер-Ваальса и Пенга – Робинсона).
7. Модели для уравнений состояния капельных жидкостей.
8. Модели молекулярного переноса в многокомпонентной смеси.
9. Модели для коэффициентов вязкости, теплопроводности и диффузии для идеальных газов и смесей.
10. Классификация по числу независимых переменных: от «квазистатических» до «трехмерных» (схема).
11. Модель интегральных показателей турбомшины двигателя.
12. Понятие о безразмерных показателях совершенства рабочих процессов.
13. Классификации моделей рабочих процессов.
14. Вывод уравнений теории рабочих процессов.
15. Анализ размерностей величин в задачах термо-, гидро-, и газовой динамики.
16. Анализ размерностей в теории рабочих процессов турбомашин и поршневых двигателей.
17. Анализ размерностей для уравнений универсальных характеристик (общего вида).

18. Анализ размерностей и формулы приведения параметров к стандартным условиям.
19. Модель течения через местное сопротивление. Исходные гипотезы и уравнения модели.
20. Модель течения через местное сопротивление. Общий вид универсальной характеристики местного сопротивления.
21. Специальные модели местных сопротивлений: органы газообмена (тарельчатый клапан, окно).
22. Получение характеристик местных сопротивлений вычислительным экспериментом.
23. Получение характеристик местных сопротивлений из натурального эксперимента. Представление расходной характеристики.
24. Модель ступени компрессора. Исходные гипотезы и уравнения.
25. Модель ступени компрессора. Универсальная характеристика ступени (вывод в общем виде; варианты).
26. Идентификация моделей характеристик компрессоров по данным со стендов.
27. Модель ступени турбины. Исходные гипотезы и уравнения. Подходы к уточнению модели.
28. Модель ступени турбины. Универсальная характеристика ступени (в общем виде; варианты).
29. Идентификация моделей характеристик турбин по данным со стендов
30. Понятие об идентификации и калибровке моделей агрегатов наддува.
31. Подходы к моделированию регулируемых агрегатов наддува.
32. Модель охладителя наддувочного воздуха. Исходные гипотезы и уравнения модели.
33. Модель поршневого ДВС как агрегата двигателя с газотурбинным наддувом.
34. Исходные гипотезы и исходные уравнения 0D моделей.
35. Однозонная модель ЦИЛИНДР процессов в рабочей камере.
36. Понятие о многозонных моделях рабочих камер.
37. Модели, замыкающие уравнения модели ЦИЛИНДР. Краткая характеристика моделей (на выбор): (а) изменения объема; (б) сгорания; (в) теплоотдачи в стенки камеры; (г) потерь свежего заряда при продувке; (д) утечек рабочего тела через неплотности.
38. Модель ЕМКОСТЬ для описания процессов в ресиверах. Краткая характеристика моделей теплоотдачи в стенку ресивера.
39. Модель КРИВОШИПНАЯ КАМЕРА (КК). Краткая характеристика моделей теплоотдачи в стенку КК.
40. 0D модель процесса как система обыкновенных дифференциальных уравнений. Начальные условия. Граничные условия.
41. Исходные гипотезы и исходные уравнения 1D моделей неустановившегося течения в канале.
42. Модель ТРУБКА неустановившегося течения в канале.
43. Модель потерь на трение в модели ТРУБКА (краткая характеристика).
44. Модель теплоотдачи в стенку в модели ТРУБКА (краткая характеристика).
45. 1D модель течения как система уравнений с частными производными. Начальные условия. Граничные условия.
46. 1D модель течения в «характеристической» форме и ее свойства.
47. Подходы к усложнению 1D моделей течения.
48. Подходы к сопряжению 1D с др. моделями элементов и связей в модели системы.

49. Исходные гипотезы и исходные уравнения 3D моделей течений рабочих тел.
50. Исходные (в общем виде) уравнения 3D модели течения газофазной реагирующей смеси.
51. Модели, замыкающие 3D модель течения. Краткая характеристика (на выбор) модели: (а) молекулярного переноса в многокомпонентной смеси; (б) модель кинетики химических реакций в микрообъеме.
52. Модели 3D течения частного вида (1 модель – на выбор): (а) модель течения однородной сжимаемой ньютоновской жидкости («уравнения Навье – Стокса»); (б) модель течения жидкости с постоянными теплофизическими свойствами и плотностью.
53. Подходы к расчету на рабочих процессах как турбулентных течений. Краткая характеристика (*DNS*, *LES*, *RANS*, ...).
54. Численные расчеты непосредственно по детальной модели (*DNS*). Детальные модели для *DNS* (пример; без лишней детализации).
55. Численные расчеты по модели крупновихревого течения (*LES*). Прикладные модели для *LES* (пример; без лишней детализации).
56. Численный расчет по модели осредненного течения (*RANS*). Прикладные модели для *RANS* (пример; без лишней детализации).
57. Требования к инструментарию для моделирования рабочих процессов (в свете задач проектировочных расчетов).
58. Структура пакетов прикладных программ. Иерархическое и модульное построение прикладного ПО.
59. Ядро системы моделирования рабочих процессов. Прикладные модули (реализующие модели разного уровня детализации).
60. Основные программные компоненты: расчетная программа («солвер») и программа, графического интерфейса.
61. Сервисные программы пакетов для моделирования на ЭВМ рабочих процессов.
62. Специальные пакеты программ для моделирования рабочих процессов. Общая характеристика (на выбор): *GT-POWER*, *Ricardo WAVE*, *AVL BOOST*, *ALLBEA*, «Дизель-РК».
63. Пакеты программ для моделирования сложных систем с декомпозицией на элементы. Общая характеристика (на выбор) *Matlab*, *LMS AMESim*, *ALLBEA* (и др.).
64. Пакеты программ для инженерных расчетов в 3D. Общая характеристика (на выбор) *STAR-CD*, *STAR-CCM+*, *ANSYS CFX*, *ANSYS Fluent*, *AVL FIRE*, *FlowVision* (и др.).
65. Практические задачи расчетов рабочих процессов.
66. Верификация (и валидация) моделей.
67. Идентификация и настройка (калибровка) моделей.
68. Параметрический анализ и синтез. Методы и технология решения обратных задач в программных пакетах.
69. Интеграция моделей и программ. Расширение возможностей программного инструмента. «Косимуляция».

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется аспиранту, давшему в целом полные и правильные ответы на 3 из 5 вопросов на зачете;
- оценка «не зачтено» выставляется аспиранту в противном случае.

Типовые оценочные материалы

Раздел (тема) дисциплины: 1. Квазистатические модели рабочих процессов.

Перечень дискуссионных тем для круглого стола (дискуссии, полемики, диспута, дебатов):

1. Двухкомпонентная модель рабочего тела двигателя. Ограничения применимости.
2. Трехкомпонентная модель рабочего тела.
3. Классификация моделей рабочих процессов по числу независимых переменных.
4. Модель поршневого ДВС как агрегата двигателя с газотурбинным наддувом. Возможности практического применения.
5. Методика «вычислительного эксперимента» для получения расходных характеристик.
6. Методика натурного эксперимента для получения расходных характеристик.
7. Методика идентификации моделей характеристик компрессоров и турбин по данным со стендов.
8. Подходы к идентификации и калибровке моделей агрегатов наддува.
9. Подходы к моделированию регулируемых агрегатов наддува.

Комплексное задание: решить задачи:

1. Задача на приведении режимных параметров и показателей поршневого двигателя к стандартным атмосферным условиям.
2. Задача на вычисление показателей двигателя по заданным величинам безразмерных показателей.
3. Задача на расчет расхода через клапан или окно по заданным на входе и выходе условиям и расходной характеристике.
4. Запишите общий вид функциональных связей, составляющих характеристику компрессора.
5. Запишите общий вид функциональных связей, составляющих характеристику турбины.
6. Нарисуйте схему расположения датчиков при измерениях для получения характеристик турбокомпрессора на стенде.
7. Нарисуйте структурную схему (из элементов и связей, с поясняющими подписями) части модели двигателя с газотурбинным наддувом, поясняющую моделирование перепуска газов мимо рабочего колеса турбины, управляемого давлением после компрессора.

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется аспиранту, если была проявлена дискуссионная активность в рамках круглого стола и задания выполнены без ошибок;
- оценка «не зачтено» – если отсутствовала дискуссионная активность в рамках круглого стола и/или задания выполнены с ошибками.

Раздел (тема) дисциплины: 2. Одномерные модели рабочих процессов

Перечень дискуссионных тем для круглого стола (дискуссии, полемики, диспута):

1. Однозонная «нульмерная» модель ЦИЛИНДР процессов в рабочей камере. Ограничения применимости.

2. Подход к реализации многозонных моделей рабочих камер.
3. Подход к идентификации моделей теплоотдачи в составе 0D моделей элементов.
4. Классические 1D модели неустановившихся течений в каналах. Ограничения применимости.
5. Классические 1D модели течения в «характеристической» форме и их «характеристические» свойства.
6. Подходы к усложнению, «калибровке» и сопряжению 1D моделей течения с др. моделями элементов и связей в модели системы.

Комплексное задание: решить задачи:

1. Запишите уравнения модели сгорания И.И. Вибе для однозонной модели рабочей камеры.
2. Выберите и запишите уравнения модели теплоотдачи в стенку рабочей камеры.
3. Составьте уравнения простой модели утечек рабочего тела из рабочей камеры.
4. Выберите и запишите уравнения модели теплоотдачи в стенку кривошипной камеры.
5. Составьте уравнения простой модели теплоотдачи в стенки канала на основе аналогии Рейнольдса.

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется аспиранту, если была проявлена дискуссионная активность в рамках круглого стола и задания выполнены без ошибок;
- оценка «не зачтено» – если отсутствовала дискуссионная активность в рамках круглого стола и/или задания выполнены с ошибками.

Раздел (тема) дисциплины: 3. Пространственные модели рабочих процессов

Перечень дискуссионных тем для круглого стола (дискуссии, полемики, диспута, дебатов)

1. Замыкающие 3D модель течения рабочего тела модели аспектов сложного процесса: свойства смеси, молекулярный перенос, химические реакции, излучение.
2. Численные расчеты непосредственно по детальной модели (*DNS*) как подход. Ограничения применимости.
3. Численное моделирование рабочих процессов по моделям полей крупновихревого течения (*LES*). Возможности и ограничения.
4. Численное моделирование рабочих процессов по моделям полей осредненного течения (*RANS*). Ограничения.
5. Разбор широко применяемо прикладной модели для *RANS*, замкнутой на основе SST- ($q-\omega$) модели турбулентного обмена.

Комплексное задание: решить задачи:

1. Запишите уравнения 3D модели течения газофазной реагирующей смеси в общем виде. Конкретизируйте (по выбору) замыкающую подмодель какого-либо аспекта течения с хим. реакциями (по выбору): (а) модель (уравнения состояния) многокомпонентной смеси; (б) модель молекулярного переноса в потоке; (в) модель химических реакций в микрообъеме.

2. Запишите уравнения Навье – Стокса. Конкретизируйте их (по заданию преподавателя) на случай газа с постоянными теплоемкостями или на случай среды с постоянными теплофизическими свойствами.

3. Запишите (в общем виде) уравнения 3D прикладной модели для *LES* течения: (0) реагирующей многокомпонентной смеси; (а) газа с постоянными теплоемкостями; (б) среды с постоянными теплофизическими свойствами.

4. Запишите (в общем виде) уравнения 3D прикладной модели для *RANS* течения: (а) газа с постоянными теплоемкостями; (б) среды с постоянными теплофизическими свойствами.

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется аспиранту, если была проявлена дискуссионная активность в рамках круглого стола и задания выполнены без ошибок;

- оценка «не зачтено» – если отсутствовала дискуссионная активность в рамках круглого стола и/или задания выполнены с ошибками.

Раздел (тема) дисциплины: 4. Пакеты прикладных программ и методология моделирования

Перечень дискуссионных тем для круглого стола (дискуссии, полемики, диспута, дебатов):

1. Требования к инструментарию моделирования рабочих процессов.
2. Иерархический и модульный принципы архитектуры программ и пакетов для моделирования.
3. Верификация и валидация моделей.
4. Идентификация и настройка (калибровка) моделей.
5. Расчетный параметрический анализ и синтез объектов энергомашиностроения.
6. Объединение разнородных программ и модулей в систему моделирование.
7. Косимуляция.

Комплексное задание:

1. Заполните выданную таблицу данными о пакете программ для моделирования сложных систем с декомпозицией на элементы – из списка:

- *Matlab*;
- *LMS AMESim*;
- *Matlab*.

2. Заполните выданную таблицу данными о специальном пакете программ для моделирования для моделирования рабочих процессов – из списка:

- *GT-POWER*;
- *Ricardo WAVE*;
- *AVL BOOST*;
- *ALLBEA*;
- «Дизель-ПК».

3. Заполните таблицу данными о пакете программ, позволяющем моделировать рабочие процессы двигателей по 3D моделям – из списка:

- *STAR-CD*;
- *STAR-CCM+*;
- *ANSYS Fluent*;
- *ALLBEA*;
- *AVL FIRE*;
- *FlowVision* (и др.).

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется аспиранту, если была проявлена дискуссионная активность в рамках круглого стола и задания выполнены без ошибок;
- оценка «не зачтено» – если отсутствовала дискуссионная активность в рамках круглого стола и/или задания выполнены с ошибками.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1. Черноусов, А. А. Основы моделирования процессов в двигателях и энергоустановках [Электронный ресурс]: [учебное пособие] / А. А. Черноусов; Уфимский государственный авиационный технический университет (УГАТУ). — Электронные текстовые данные (1 файл: 871 КБ). — Уфа: УГАТУ, 2018. — Электронная версия печатной публикации. Доступ из сети Интернет по логину и паролю. Анонимный доступ из корпоративной сети УГАТУ. — Систем. требования: Adobe Reader. — <[URL:http://e-library.ufa-rb.ru/dl/lib_net_r/Chernousova_A_A_Osnov_model_protses_v_dvig_2018.pdf](http://e-library.ufa-rb.ru/dl/lib_net_r/Chernousova_A_A_Osnov_model_protses_v_dvig_2018.pdf)>.

5.2 Дополнительная литература

1. Черноусов, А. А. Основы численного моделирования рабочих процессов тепловых двигателей [Электронный ресурс]: [учебное пособие] / А. А. Черноусов; ГОУ ВПО УГАТУ. — Электронные текстовые данные (1 файл: 3,03 МБ). — Уфа: УГАТУ, 2008. — 265 с. — Электронная версия печатной публикации. — Доступ из сети Интернет по логину и паролю. Анонимный доступ из корпоративной сети УГАТУ. — Adobe Reader. — <[URL:http://e-library.ufa-rb.ru/dl/lib_net_r/Chernousov_Osnovy_chis_model_rab_protst_tep_dvig_2008.pdf](http://e-library.ufa-rb.ru/dl/lib_net_r/Chernousov_Osnovy_chis_model_rab_protst_tep_dvig_2008.pdf)>.

2. Кавтарадзе Р.З. Теория поршневых ДВС. Специальные главы: Учебник для ВУЗов. — М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. — 719 с.

3. Фортов В.Е. Уравнения состояния вещества. От идеального газа до кварк-глюонной плазмы /В. Е. Фортов. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2012. — 501 с.

5.3. Интернет-ресурсы (электронные учебно-методические издания, лицензионное программное обеспечение)

На сайте библиотеки <http://library.ugatu.ac.ru/> в разделе «Информационные ресурсы», подраздел «Доступ к БД» размещены ссылки на интернет-ресурсы.

Обучающимся по программам подготовки научно-педагогических кадров высшей квалификации (аспирантам) в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальный неограниченный доступ к следующим ресурсам:

1. Сайт библиотеки УГАТУ: <http://library.ugatu.ac.ru>.
2. Портал кафедры ДВС: <http://www.dvs.ugatu.ac.ru>.

и электронно-библиотечным системам:

3. ЭБС «Лань»: <http://e.lanbook.com>.

4. ЭБС Ассоциации «Электронное образование Республики Башкортостан»: <http://e-library.ufa-rb.ru>.

5. Консорциум аэрокосмических вузов России: <http://elsau.ru>.

6. Электронная коллекция образовательных ресурсов УГАТУ:

<http://www.library.ugatu.ac.ru/cgi-bin/zgate.exe?Init+ugatu-fulltxt.xml,simple-fulltxt.xml+rus>.

(По ссылке в последнем пункте доступны все издания по списку основной литературы, перечисленной в рабочих программах дисциплин (модулей), практик, НИР, сформированному на основании прямых договорных отношений с правообладателями).

7. Программный комплекс для численного моделирования сложных технических объектов «ALLBEA»: свидетельство о гос. регистрации программы № 2011619399 от 08.12.11.

6. Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ

При инклюзивном обучении лиц с ОВЗ предоставляется возможность использовать следующие материально-технические средства:

- для аспирантов с ОВЗ по зрению предусматривается применение средств преобразования визуальной информации в аудио и тактильные сигналы, таких как, брайлевская компьютерная техника, электронные лупы, видеоувеличители, программы невидимого доступа к информации, программы-синтезаторов речи;

- для аспирантов с ОВЗ по слуху предусматривается применение сурдотехнических средств, таких как, системы беспроводной передачи звука, техники для усиления звука, видеотехника, мультимедийная техника и другие средства передачи информации в доступных формах;

для аспирантов с нарушениями опорно-двигательной функции предусматривается применение специальной компьютерной техники с соответствующим программным обеспечением, в том числе, специальные возможности операционных систем, таких, как экранная клавиатура и альтернативные устройства ввода информации.