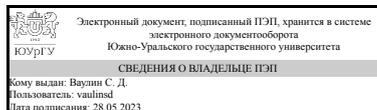


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
Политехнический институт

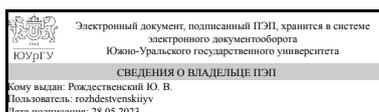


С. Д. Ваулин

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

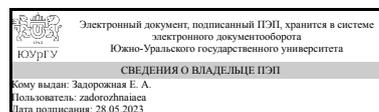
дисциплины 2.1.7.1 Специальная дисциплина
для научной специальности 2.5.2 Машиноведение
форма обучения очная
кафедра-разработчик Автомобильный транспорт

Зав.кафедрой разработчика,
д.техн.н., проф.



Ю. В. Рождественский

Разработчик программы,
д.техн.н., проф., профессор



Е. А. Задорожная

1. Цели и задачи дисциплины

Глобальной целью изучения данной дисциплины является формирование у аспирантов системы знаний и навыков исследования процессов, происходящих в трибосистемах машин и механизмов, а также навыков применения основных методов моделирования динамики и смазки опор скольжения в трибосистемах поршневых и роторных машин. Задачи 1. изучить методы интегрирования уравнений движения центра шипа в подшипнике с определением его траектории 2. освоить ряд эффективных методов расчета поля гидродинамических давлений в смазочном слое и 3. ознакомиться с подходами для оценки теплонапряженности трибосопряжений 4. получить навыки использования изученных методов и алгоритмов для исследования работоспособности узлов трения машин и механизмов

Краткое содержание дисциплины

В процессе изучения дисциплины аспиранты знакомятся и изучают: основные задачи динамики и смазки сложнагруженных опор жидкостного трения; характеристики смазочного слоя сложнагруженных опор жидкостного трения; методы решения уравнения Рейнольдса для опоры конечной длины; алгоритмы сохранения массы на границах разрыва и восстановления смазочного слоя; особенности расчета опор, смазываемые структурно-неоднородными и неньютоновскими жидкостями; алгоритм расчета теплонапряженности трибосопряжений поршневых и роторных машин (неизотермическая постановка); уравнения движения шипа на смазочном слое сложнагруженных опор жидкостного трения; подходы для исследования динамики и смазки многослойных трибосопряжений.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Знать:

Уметь:

Владеть:

3. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина относится к Образовательному компоненту программы аспирантуры.

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		7
Общая трудоёмкость дисциплины	72	72
<i>Аудиторные занятия:</i>	36	36

Лекции (Л)	36	36
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	0	0
Самостоятельная работа (СРС)	36	36
Изучение метода решения уравнения Рейнольдса на примере расчета поля гидродинамического давления для статически нагруженного подшипника	40	0
Выполнить поиск литературы и подготовить обзор	30	0
Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах		
		Всего	Л	ПЗ
1	Задачи динамики и смазки сложнагруженных опор жидкостного трения	2	2	0
2	Характеристики смазочного слоя сложнагруженных опор жидкостного трения	6	6	0
3	Численная реализация алгоритмов сохранения массы при расчете характеристик смазочного слоя	6	6	0
4	Опоры, смазываемые структурно-неоднородными и неньютоновскими жидкостями	6	6	0
5	Оценка теплонапряженности трибосопряжений поршневых и роторных машин (неизотермическая постановка)	4	4	0
6	Уравнения движения шипа на смазочном слое сложнагруженных опор жидкостного трения. Методы и алгоритмы решения	6	6	0
7	Применение разработанных алгоритмов для расчета динамики и гидромеханических характеристик сопряжений тепловых двигателей	4	4	0
8	Динамика и смазка многослойных трибосопряжений	2	2	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Задачи динамики и смазки сложнагруженных опор жидкостного трения	2
2	2	Геометрия сложнагруженной опоры. Обобщенное уравнение Рейнольдса для давлений в смазочном слое сложнагруженных опор	2
3	2	Основные характеристики смазочного слоя. Учет источников смазки в трибосопряжении.	2
4	2	Решение уравнение Рейнольдса для опоры конечной длины. Идеология многосеточных алгоритмов интегрирования дифференциальных уравнений второго порядка	2
5	3	Алгоритмы сохранения массы на границах разрыва и восстановления смазочного слоя. Обоснование методики расчета конвективного переноса массы в смазочном слое трибосопряжения	2
6	3	Модифицированные уравнения Элрода и алгоритмы их интегрирования	2
7	3	Характеристики смазочного слоя статически нагруженных опор скольжения.	2

		Влияние на характеристики смазочного слоя источников смазки	
8	4	Задача смазки неньютоновскими жидкостями сложнонагруженных опор скольжения	2
9	4	Задача смазки сложнонагруженных опор скольжения газами-рованными маслами	2
10	4	Смазка сложнонагруженных опор скольжения микрополярными жидкостями	2
11	5	Уравнения тепловой подзадачи динамики сложнонагруженных опор жидкостного трения	2
12	5	Общая схема решения задачи. Разностная аппроксимация уравнений тепловой подзадачи	2
13	6	Численные методы решения жестких систем. Метод Фаулера-Уортена. Модифицированный метод линейного ускорения. Метод, базирующийся на применении формул дифференцирования назад. Метод нецентральных разностей третьего порядка.	6
14	7	Расчет динамики и гидромеханических характеристик сопряжения «поршень-цилиндр». Подшипники коленчатого вала ДВС	4
15	8	Конструкции многослойных подшипников скольжения с промежуточными элементами. Нелинейная динамика роторов турбокомпрессоров на многослойных подшипниках скольжения	2

5.2. Практические занятия, семинары

Не предусмотрены

5.3. Самостоятельная работа аспиранта

Выполнение СРС		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)	Кол-во часов
Написать алгоритм и программу расчета поля гидродинамического давления для статически нагруженного подшипника	1. Динамика и смазка трибосопряжений поршневых и роторных машин. Часть 1: монография / под общ. ред. Ю.В. Рождественского. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 136 с. 2. Динамика и смазка трибосопряжений поршневых и роторных машин. Часть 2: монография / В.Н. Прокопьев, Ю.В. Рождественский, В.Г. Караваев и др. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – Ч. 2. – 221 с.	26
Подготовить обзор литературы и сформулировать задачи для исследования работоспособности узлов трения поршневых и роторных машин	1. Динамика и смазка трибосопряжений поршневых и роторных машин. Часть 1: монография / под общ. ред. Ю.В. Рождественского. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 136 с. 2. Динамика и смазка трибосопряжений поршневых и роторных машин. Часть 2: монография / В.Н. Прокопьев, Ю.В. Рождественский, В.Г. Караваев и др. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – Ч. 2. – 221 с.	10

6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

Инновационные формы учебных занятий	Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)	Краткое описание	Кол-во ауд. часов
дебаты	Лекции	обсуждение результатов исследований работоспособности трибосопряжений жидкостного трения	4

Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Инновационные формы обучения	Краткое описание и примеры использования в темах и разделах
изобретательство	Обсуждение перспективных идей и предложений, сформированных на основе анализа первоисточников
анализ первоисточников	Проводится конференция с обсуждением полученных результатов

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: Результаты научных исследований кафедры, проводимых в рамках ФЦП, РФФИ и хоздоговорных работ

7. Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.1. Паспорт оценочных средств

Наименование разделов дисциплины	Контролируемая компетенция ЗУНЫ	Вид контроля (включая текущий)	№№ заданий
Все разделы		текущий	1-32
Все разделы		экзамен	1-5
Задачи динамики и смазки сложнонагруженных опор жидкостного трения		экзамен	6-10
Все разделы		экзамен	11-15
Характеристики смазочного слоя сложнонагруженных опор жидкостного трения		экзамен	16-20
Все разделы		экзамен	21-28

7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
текущий	Конференция. Доклад на выбранную тему выполняется в виде презентации обсуждается всеми участниками. Докладчик отвечает на вопросы в устной форме (20 минут).	Зачтено: Тема полностью раскрыта. Презентация отражает тему доклада. Даны исчерпывающие ответы на вопросы. Не зачтено: Тема раскрыта не полностью. Презентация не отражает тему доклада.
экзамен	Конференция. Доклад на выбранную тему	Отлично: Тема полностью раскрыта.

	<p>выполняется в виде презентации обсуждается всеми участниками. Докладчик отвечает на вопросы в устной форме (20 минут).</p>	<p>Презентация отражает тему доклада. Даны исчерпывающие ответы на вопросы. Хорошо: Тема полностью раскрыта. Презентация отражает тему доклада. Докладчик затрудняется дать ответы на вопросы. Удовлетворительно: Тема раскрыта не полностью . Презентация не отражает тему доклада. Неудовлетворительно: Тема не раскрыта. Доклад не подготовлен</p>
--	---	---

7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
текущий	<ol style="list-style-type: none"> 1. Задачи динамики и смазки сложнонагруженных опор жидкостного трения 2. Характеристики смазочного слоя сложнонагруженных опор жидкостного трения 3. Геометрия сложнонагруженной опоры 4. Обобщенное уравнение Рейнольдса для давлений в смазочном слое сложнонагруженных опор 5. Основные характеристики смазочного слоя 6. Учет источников смазки в трибосопряжении 7. Решение уравнение Рейнольдса для опоры конечной длины 8. Идеология многосеточных алгоритмов интегрирования дифференциальных уравнений вто-рого порядка 9. Разностная аппроксимация уравнения Рейнольдса 10. Численная реализация многосеточных алгоритмов 11. Блок – схема адаптивного многосеточного алгоритма решения уравнения Рейнольдса и его эффективность 12. Влияние отклонений профиля шипа и подшипника на реакции смазочного слоя радиальных опор 13. Опоры с неидеальной геометрией в осевом направлении 14. Поршневые опоры 15. Тепловой расчет подшипников жидкостного трения 16. Численная реализация алгоритмов сохранения массы при расчете характеристик смазочного слоя 17. Алгоритмы сохранения массы на границах разрыва и восстановления смазочного слоя 18. Обоснование методики расчета конвективного переноса массы в смазочном слое подшипника 19. Модифицированные уравнения Элрода и алгоритмы их интегрирования 20. Характеристики смазочного слоя статически нагруженных подшипников 21. Влияние на характеристики смазочного слоя источников смазки 22. Опоры, смазываемые структурно-неоднородными и неньютоновскими жидкостями 23. Задача смазки неньютоновскими жидкостями сложнонагруженных подшипников скольжения 24. Описание реологических свойств неньютоновских жидкостей 25. Обобщенное уравнение Рейнольдса для гидродинамических давлений в смазочном слое нень-ютоновской жидкости 26. Примеры расчета характеристик смазочного слоя неньютоновской жидкости 27. Задача смазки сложнонагруженных подшипников скольжения газированными маслами 28. Радиус газового пузырька, плотность двухфазной среды 29. Характеристики смазочного слоя статически нагруженных подшипников с учетом газирован-ности смазки

	<p>30. Смазка сложнагруженных подшипников скольжения микрополярными жидкостями</p> <p>31. Уравнение для гидродинамических давлений в смазочном слое микрополярной жидкости, разделяющем произвольно движущиеся поверхности</p> <p>32. Методика расчета интегральных параметров смазочного слоя</p> <p>Аспиранты_вопросы_1.docx</p>
экзамен	<p>1. Оценка теплонапряженности трибосопряжений поршневых и роторных машин (неизотермическая постановка)</p> <p>2. Уравнения тепловой подзадачи динамики сложнагруженных опор жидкостного трения</p> <p>3. Теплоотдача во втулку и цапфу</p> <p>4. Начальные и граничные температурные условия</p> <p>5. Общая схема решения задачи</p> <p>6. Разностная аппроксимация уравнений тепловой подзадачи</p> <p>7. Уравнения движения шипа на смазочном слое сложнагруженных опор жидкостного трения. Методы и алгоритмы решения</p> <p>8. Численные методы решения жестких систем</p> <p>9. Метод Фаулера-Уортена</p> <p>10. Модифицированный метод линейного ускорения (метод Вилсона)</p> <p>11. Метод, базирующийся на применении формул дифференцирования назад (метод ФДН) для дифференциальных уравнений первого порядка</p> <p>12. Метод, базирующийся на применении формул дифференцирования назад для дифференциальных уравнений второго порядка</p> <p>13. Метод нецентральных разностей третьего порядка (метод Хаболта)</p> <p>14. Применение разработанных алгоритмов для расчета динамики и гидромеханических характеристик сопряжения «поршень-цилиндр»</p> <p>15. Уравнения движения поршня двигателя внутреннего сгорания на смазочном слое</p> <p>16. Расчет деформаций поверхностей трения</p> <p>17. Подшипники коленчатого вала ДВС</p> <p>18. Методика расчета подшипников коленчатого вала ДВС</p> <p>19. Расчет податливости</p> <p>20. Динамика и смазка многослойных трибосопряжений</p> <p>21. Конструкции многослойных подшипников скольжения с промежуточными элементами</p> <p>22. Нелинейная динамика роторов турбокомпрессоров на многослойных подшипниках скольжения</p> <p>23. Алгоритм расчета динамики многослойных подшипников скольжения</p> <p>24. Динамика гибкого асимметричного ротора на трехслойных подшипниках скольжения</p> <p>25. Связанные задачи динамики опор скольжения и системы их маслообеспечения</p> <p>26. Моделирование трибосистем с общим источником маслообеспечения</p> <p>27. Алгоритм расчета динамики и смазки трибосистемы</p> <p>28. Оптимизация трибосопряжений</p> <p>Аспиранты_вопросы_2.docx</p>

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Динамика и смазка трибосопряжений поршневых и роторных машин Текст Ч. 1 монография В. Н. Прокопьев и др.; Юж.-Урал. гос. ун-т ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2010. - 135, [1] с. ил.

2. Динамика и смазка трибосопряжений поршневых и роторных машин Текст Ч. 2 монография В. Н. Прокопьев и др.; Юж.-Урал. гос. ун-т ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2011. - 218, [3] с. ил.
3. Крагельский, И. В. Узлы трения машин Справ. - М.: Машиностроение, 1984. - 280 с. ил.
4. Трение, износ и смазка: Трибология и триботехника А. В. Чичинадзе, Э. М. Берлинер, Э. Д. Браун и др.; Под общ. ред. А. В. Чичинадзе. - М.: Машиностроение, 2003. - 575 с. ил.
5. Горячева, И. Г. Контактные задачи в трибологии. - М.: Машиностроение, 1988. - 253 с. ил.

б) дополнительная литература:

1. Гаркунов, Д. Н. Триботехника: Износ и безызносность Учеб. для вузов по специальности "Оборудование и технология повышения износостойкости и восстановления деталей машин и аппаратов" Д. Н. Гаркунов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: МСХА, 2001. - 614,[1] с. ил.
2. Коровчинский, М. В. Теоретические основы работы подшипников скольжения Текст М. В. Коровчинский. - М.: Машгиз, 1959. - 403 с. черт.
3. Трибология. Исследования и приложения: Опыт США и стран СНГ Н. М. Алексеев и др.(СНГ), Н. Айсс и др.(США); Под ред. В. А. Белого, К. Лудемы, Н. К. Мышкина. - М.: Машиностроение, 1993. - 451,[1] с. ил.
4. Дроздов, Ю. Н. Противозадирная стойкость трущихся тел. - М.: Наука, 1981. - 139 с. ил.
5. Трибология и надежность машин Сб. науч. тр. АН СССР, Ин-т машиноведения им. А. А. Благонравова; Отв. ред. В. С. Авдудевский, Ю. Н. Дроздов. - М.: Наука, 1990. - 144,[1] с. ил.
6. Заславский, Ю. С. Трибология смазочных материалов. - М.: Химия, 1991. - 240 с. ил.
7. Дроздов, Ю. Н. Трение и износ в экстремальных условиях Справ. - М.: Машиностроение, 1986. - 223 с. ил.
8. Практическая трибология: Мировой опыт Т. 1 В 2 т. Под ред. А. В. Чичинадзе; Рос. фонд технол. развития; Фирма Интак. - М.: Наука и техника, 1994. - 247 с. ил.
9. Практическая трибология: Мировой опыт Т. 2 В 2 т. Под ред. А. В. Чичинадзе; Рос. фонд технол. развития; Междунар. инженер. акад.; Фирма Интак. - М.: Наука и техника, 1994. - 255-451 с. ил.
10. Гаркунов, Д. Н. Триботехника: Конструирование, изготовление и эксплуатация машин Учеб. для вузов по специальности "Оборудование и технология повышения износостойкости и восстановления деталей машин и аппаратов" Д. Н. Гаркунов. - 5-е изд., перераб. и доп. - М.: МСХА, 2002. - 629, [1] с.
11. Гаркунов, Д. Н. Триботехника Текст учеб. пособие для вузов по направлениям "Автоматизирован. технологии и пр-ва", "Конструкт.-технол. обеспечение машиностроит. пр-в" Д. Н. Гаркунов, Э. Л. Мельников, В. С. Гаврилюк. - 2-е изд., стер. - М.: КноРус, 2013
12. Усольцев, Н. А. Триботехника Текст учеб. пособие к лаб. работам Н. А. Усольцев, Е. А. Задорожная ; Юж.-Урал. гос. ун-т ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ

13. Усольцев, Н. А. Триботехника Учеб. пособие к лаб. работам Н. А. Усольцев, Е. А. Задорожная; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Автомобил. транспорт; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2004. - 109 с.
14. Справочник по триботехнике Т. 3 Триботехника антифрикционных, фрикционных и сцепных устройств. Методы и средства триботехнических испытаний В 3 т. Под общ. ред. М. Хебды, А. В. Чичинадзе. - М.: Машиностроение, 1992. - 730 с. [3] л. ил.: ил.
15. Трение и модифицирование материалов трибосистем Учеб. пособие для вузов по специальности "Триботехника" Ю. К. Машков, К. Н. Полещенко, С. Н. Поворознюк, П. В. Орлов; Под ред. Ю. К. Машкова; Федер. целевая программа "Гос. поддержка интеграции высш. образования"; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние; Ин-т сенсорной микроэлектроники. - М.: Наука, 2000. - 279,[1] с. ил.
16. Трение, износ и смазка: Трибология и триботехника А. В. Чичинадзе, Э. М. Берлинер, Э. Д. Браун и др.; Под общ. ред. А. В. Чичинадзе. - М.: Машиностроение, 2003. - 575 с. ил.
17. Коровчинский, М. В. Прикладная теория подшипников жидкостного трения Текст М. В. Коровчинский. - М.: Машгиз, 1954. - 186 с. черт.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Wear: Engineering: Mechanics of Materials / Elsevier BV
2. Tribology Transactions: Engineering: Mechanical Engineering / Taylor and Francis Inc.
3. Вестник машиностроения. Технический журнал / Научно-техническое издательство «Машиностроение» (12 номеров в год)
4. Трение и смазка в машинах и механизмах : науч.-техн. и произв. журн. / Изд-во "Машиностроение". М: 2005 - (12 номеров в год)
5. Трение и износ , междунар. науч. журн., Акад. наук Беларуси, О-во трибологов Беларуси, Рос. акад. наук (РАН), Союз науч. и инженер. орг., ООО "Инфотрибо", Гомель , 1980- (6 номеров в год)

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Динамика и смазка трибосопряжений поршневых и роторных машин Текст Ч. 1 монография В. Н. Прокопьев и др.; Юж.-Урал. гос. ун-т ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2010. - 135, [1] с. ил.
2. Динамика и смазка трибосопряжений поршневых и роторных машин Текст Ч. 2 монография В. Н. Прокопьев и др.; Юж.-Урал. гос. ун-т ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2011. - 218, [3] с. ил.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Динамика и смазка трибосопряжений поршневых и роторных машин Текст Ч. 1 монография В. Н. Прокопьев и др.; Юж.-Урал. гос. ун-т ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2010. - 135, [1] с. ил.
2. Динамика и смазка трибосопряжений поршневых и роторных машин Текст Ч. 2 монография В. Н. Прокопьев и др.; Юж.-Урал. гос. ун-т ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2011. - 218, [3] с. ил.

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронный каталог ЮУрГУ	Моделирование трибосопряжений жидкостного трения учеб. пособие для аспирантов направления 15.06.01 "Машиностроение", специальности 2 "Машиноведение" Е. А. Задорожная ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Автомоб. транспорт ; ЮУрГУ https://lib.susu.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=000572298&dtype=F&
2	Основная литература	Электронный каталог ЮУрГУ	Основы трибологии учеб. пособие для аспирантов направления 15.06.01 "Машиностроение", специальности 2.5.2 "Машиноведение", для бакалавров направления 23.03.03 "Эксплуатация трансп.-технол. машин" и др. Е. А. Задорожная, М. К. Кандева ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Автомоб. транспорт ; ЮУрГУ https://lib.susu.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=000572631&dtype=F&
3	Дополнительная литература	Электронный каталог ЮУрГУ	Трибоанализ опор коленчатого вала автомобильных двигателей учеб. пособие для аспирантов направления "Эксплуатация транспорт.-технол. машин и комплексов" Е. А. Задорожная, А. А. Дойкин ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Автомоб. транспорт ; ЮУрГУ https://lib.susu.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=000570117&dtype=F&

9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)

Перечень используемых информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)
2. -Информационные ресурсы ФГУ ФИПС(бессрочно)

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Самостоятельная работа студента	207(АТ) (Т.к.)	Компьютерный класс
Лекции	209(АТ) (Т.к.)	Мультимедийный класс
Практические занятия и семинары	103(АТ) (Т.к.)	мультимедийная аудитория