

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА» (НГТУ)

Образовательно-научный институт ядерной энергетики и технической
физики им. академика Ф.М. Митенкова
Кафедра «Ядерные реакторы и энергетические установки»



УТВЕРЖДАЮ:

Директор института

Хробостов А.Е.

«08» сентября 2018 г.

Методические рекомендации по организации

аудиторной работы по дисциплине

«Гидродинамика и теплообмен»

Направление подготовки

14.04.02 Ядерная физика и технологии

Программа магистратуры

«Ядерные реакторы и энергетические установки»

Квалификация (степень) Магистр

Форма обучения очная

Нижний Новгород

2018

Методические рекомендации по организации аудиторной работы по дисциплине «Гидродинамика и теплообмен» предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 14.04.02 «Ядерные физика и технологии», и содержат программу для проведения **лекционных и практических занятий** по курсу «Гидродинамика и теплообмен».

Цель методических указаний: помочь студентам при изучении учебной программы с использованием лекционных материалов и рекомендуемой учебно-методической литературы при формировании необходимых компетенций.

Целью и задачами дисциплины являются развитие компетенций в области гидродинамики и теплообмена в ЯЭУ, рассмотрение современных методик теплового расчета и оценка теплотехнической надежности активной зоны ядерного реактора, рассмотрение теплофизических аспектов аварийных процессов в ядерных реакторах.

Аудиторная работа направлена на развитие компетенций дисциплины: ПКС-2, УК-2,3.

При организации аудиторной работы студентов для изучения курса «Гидродинамика и теплообмен» важное место принадлежит лекциям. В них излагается общая характеристика вопросов темы. **Главной целью лекции** является привитие студентам интереса к изучаемому материалу, формирование мотивации к последующему самостоятельному анализу рассматриваемой проблематики. На лекциях студентам раскрываются наиболее сложные вопросы и теоретические положения, показывается их практическая значимость, даются рекомендации по углубленному самостоятельному изучению теории и практики.

На лекциях по дисциплине «Гидродинамика и теплообмен» используются активные формы проведения занятий. Такие формы организации образовательного процесса, способствуют разнообразному (индивидуальному, групповому, коллективному) изучению учебных вопросов (проблем), активному взаимодействию студентов и преподавателя, живому обмену мнениями между ними, нацеленному на выработку правильного понимания содержания изучаемой темы и способов ее практического использования. При изучении дисциплины «Гидродинамика и теплообмен» используются следующие виды лекции. Лекция-консультация используется при изучении тем с четкой практической направленностью на выполнение задания на курсовое проектирование.

Мультимедиа-лекция, т.е. компьютерная лекция, разработана средствами MS Power Point. Существенным является то, что студент конспектирует только основные мысли по данной теме, так как вся учебная информация предоставляется им в электронной форме. Преподаватель, сократив время на воспроизведение информации, получает существенно больше времени на объяснение материала. Основная задача такой лекции – объяснение нового материала. Но в отличие от традиционной лекции такая лекция имеет большие возможности в привлечении иллюстративных материалов. Поэтому лекция рассматривается как новый инструмент, позволяющий создавать наглядные и информационно насыщенные занятия

Содержание разделов дисциплины представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание разделов дисциплины

№ разд ела	Наименование разделов	Содержание темы (перечисление дидактических единиц – на усмотрение составителя РУП)	Форма текуще го контро ля
1	Тепловыделение в реакторе	Тема 1. Деление ядра	РК
		Тема 2. Теплофизические и нейтронно-физические характеристики	РК
2	Теплопередача в ядерном реакторе.	Тема 3. Теплопередача в ТВЭЛе	РК
		Тема 4. Теплопроводность топлива	РК
3	Распределение температур в ядерном реакторе.	Тема 5. Распределение температуры по высоте рабочего канала.	РК
		Тема 6. Неравномерность тепловыделения	РК
4	Реакторы с кипящим теплоносителем	Тема 7. Реакторы с кипящим теплоносителем	РК
		Тема 8. Гидродинамика реактора с кипящим теплоносителем	РК
5	Кризис тепловыделения	Тема 9. Особенности тепловыделения в канале	РК
		Тема 10. Кризис теплообмена	РК
6	Тепловой и гидравлический расчёт ЯР	Тема 11. Распределение энерговыделения	РК
		Тема 12. Расчёт реакторов с кипящим теплоносителем	РК
7	Теплотехническая надёжность ядерных реакторов.	Тема 13. Методика расчёта теплотехнической надёжности	РК

Практические занятия – одна из форм проведения занятий, направленная на формирование учебных и профессиональных практических умений. На практических занятиях студенты овладевают первоначальными профессиональными умениями и навыками, которые в дальнейшем будут закрепляться в процессе выполнения курсовой работы, прохождения производственной (профессиональной) практики. Темы, выносимые на практических занятиях (семинарах) приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Темы практических занятий

№ раздела	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Трудоемкость (час.)
1	1	Деление ядра	3
	2	Теплофизические и нейтронно-физические характеристики	4
2	3	Теплопередача в ТВЭЛе	4
	4	Теплопроводность топлива	4
3	5	Распределение температуры по высоте рабочего канала.	4
	6	Неравномерность тепловыделения	4
4	7	Гидродинамика и теплообмен двухфазных потоков	4
	8	Характеристики реакторов с кипящим теплоносителем	4
5	9	Особенности тепловыделения в канале	4
	10	Кризис теплообмена	4
6	11	Распределение энерговыделения	4
	12	Расчёт реакторов с кипящим теплоносителем	4
7	13	Методика расчёта теплотехнической надёжности	4
	ИТОГО		51

Перечень рекомендуемой литературы

Учебная литература

№п/п	Автор(ы)	Заглавие	Издательство - год издания	Назначение, вид издания, гриф	Количество экземпляров в библиотеке
1	Абросимов Н.Г.	Ядерные энергетические установки с модульными ВТГР	Н.Новгород, 2014	Учеб. пособие Рекомендовано Ученым Советом НГТУ	6

2	Сухарев Ю.П.	Физика ядерных реакторов деления	Нижний Новгород, НГТУ, 2012	Учебное пособие Рекомендовано Ученым Советом НГТУ	43
3	Сухарев Ю.П.	Нейтроннофизические характеристики ВТГР. Особенности, обоснование.	Нижний Новгород, НГТУ, 2012	Учебное пособие Рекомендовано Ученым Советом НГТУ	9
4	Стерман Л.С.	Тепловые и атомные электрические станции:	М.: Изд. дом МЭИ 2008	Учебник Рекомендовано УМО Вузов России по образованию в области энергетики и электротехники	8
5	Кириллов П.Л.	Справочник по теплогидравлическим расчётам в ядерной энергетике т.1. Теплогидравлические процессы в ЯЭУ	М. : ИздАт, 2010	Справочник	12
6	Цветков Ф.Ф.	Задачник по тепломассобмену	М.: Изд. дом МЭИ 2008	Учеб. пособие Рекомендовано УМО Вузов России по образованию в области энергетики и электротехники	10
7	Тевлин С.А.	Атомные электрические станции с реакторами ВВЭР-1000: Учеб. пособие. - 2-е изд., доп.	М.: Изд. дом МЭИ. 2008	Учебное пособие Рекомендовано УМО Вузов России по образованию в области энергетики и электротехники	10

8	Кириллов П.Л.	Тепломассообмен в ядерных энергетических установках	М. : ИздАт, 2008	Учеб.пособие	20
---	------------------	--	---------------------	--------------	----

Журналы:

1. Журнал «Атомная энергия»
2. Журнал «Вопросы атомной науки и техники. Серия: Термоядерный синтез»
3. Журнал «Вопросы атомной науки и техники. Серия: Физика ядерных реакторов»
4. Журнал «Известия ВУЗов. Ядерная энергетика»

**Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»,
необходимых для освоения дисциплины**

Ресурсы системы федеральных образовательных порталов:

1. Федеральный портал. Российское образование. <http://www.edu.ru/>
2. Российский образовательный портал. <http://www.school.edu.ru/default.asp>

Научно-техническая библиотека НГТУ

<http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/bibl.html>

Электронные библиотечные системы

Электронный каталог книг <http://library.nntu.nnov.ru/>

Электронный каталог периодических изданий <http://library.nntu.nnov.ru/>

Доступ онлайн

Электронная библиотека eLIBRARY.RU

<http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/news.html>

Перечень программного обеспечения

В таблице указан перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
1	2
Microsoft Windows XP, Prof, S/P3 (подписка DreamSpark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14)	Open Office 4.1.1 (лицензия Apache License 2.0)
Visual Studio 2008 (подписка DreamSpark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14)	
Microsoft Office (лицензия № 43178972)	
Windows XP лиц. № 65609340	
Office 2007 лиц. № 43178971	

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

№ п/п	Автор(ы), заглавие	Издательство, год издания	Назначение, вид издания, гриф	Кол-во экз. в библиотеке
1	Мельников В.И. Методические указания к выполнению практических работ	Н.Новгород, НГТУ, 2018.	Учебно-методическое пособие для студентов	150 (хранятся на кафедре)
2	Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине, 2018 г.			

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА» (НГТУ)

Образовательно-научный институт ядерной энергетики и технической
физики им. академика Ф.М. Митенкова
Кафедра «Ядерные реакторы и энергетические установки»



УТВЕРЖДАЮ:

Директор института

Хробостов А.Е.

«08» сентября 2018 г.

Методические рекомендации по организации
самостоятельной работы по дисциплине
«Гидродинамика и теплообмен»

Направление подготовки

14.04.02 Ядерные физика и технологии код
и наименование направления подготовки

Программа магистратуры

«Ядерные реакторы и энергетические установки»

Квалификация (степень)

Магистр

Форма обучения очная

Нижний Новгород

2018

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы по дисциплине «Гидродинамика и теплообмен» предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 14.04.02 «Ядерные физика и технологии».

Дисциплина «Гидродинамика и теплообмен» обязательная дисциплина вариативной части учебного плана – М1.В.ОД.4, готовит студентов к решению профессиональных задач гидродинамики и теплофизики реактора.

Самостоятельная работа направлена на развитие компетенций дисциплины: ПКС-2, УК-2,3.

Цель методических рекомендаций: помочь студентам при самостоятельном изучении учебной программы с использованием лекционных материалов и рекомендуемой учебно-методической литературы.

Таблица 1 – Самостоятельная работа студентов

№ разд ела	Наименование разделов	Трудо емкость (час.)
1.	Тепловыделение в реакторе	16
2.	Теплопередача в ядерном реакторе.	16
3.	Распределение температур в ядерном реакторе.	16
4.	Реакторы с кипящим теплоносителем	16
5.	Кризис тепловыделения	17
6.	Тепловой и гидравлический расчёт ЯР	17
7.	Теплотехническая надёжность ядерных реакторов.	17
	Итого	115

1. Виды и формы самостоятельной работы студентов по дисциплине «Гидродинамика и теплообмен»:

1.1. Систематическая проработка лекций, учебной и специальной технической литературы, контактная работа обучающихся с преподавателем, в том числе аудиторные и внеаудиторные занятия;

1.2. Оформление курсовой работы и подготовка ее к защите

1.3. Подготовка к контрольной работе

1.4. Подготовка к экзамену и зачету.

2. Методические рекомендации для студентов по конкретным видам самостоятельной работы


2.1. Систематическая проработка лекций, учебной и специальной технической литературы;

2.2. Оформление курсовой работы и подготовка к ее защите. **Методические рекомендации:**


2.2.1. Обратитесь к методическим указаниям по курсовой работе и оформите работу, указав название, цель и порядок проведения работы, сформулируйте выводы по результатам работы;

2.2.2. Подготовьтесь к защите выполненной работы: повторите основные теоретические положения и ответьте на контрольные вопросы, представленные в методических указаниях по курсовой работе.


Показатели оценки результатов внеаудиторной самостоятельной работы:

 оформление курсовых работ в соответствии с требованиями, описанными в методических указаниях;

 качественное выполнение всех этапов работы;

 необходимый и достаточный уровень понимания цели и порядка выполнения работы;

 правильное оформление выводов работы;

 обоснованность и четкость изложения ответа на контрольные вопросы к работе.

2.3. Подготовка к экзамену и зачету Методические рекомендации:

2.3.1. Внимательно прочитайте материал лекций;


2.3.2. Постарайтесь разобраться с непонятными, в частности, новыми терминами, используя рекомендованную литературу;

2.3.3. Ответьте на контрольные вопросы для самопроверки, имеющиеся в данных методических указаниях;

2.3.4. Освоив теоретический материал, приступайте к выполнению заданий.

Показатели оценки результатов внеаудиторной самостоятельной работы:

 Качество уровня освоения учебного материала;

 Умение использовать теоретические знания при выполнении заданий или ответе на вопросы;

 обоснованность и четкость изложения ответа.

3. Перечень рекомендуемой литературы

№п/п	Автор(ы)	Заглавие	Издательство год издания	Назначение, вид издания, гриф	Количество экземпляров в библиотеке
1.	Кириллов П.Л.	Тепломассообмен в ядерных энергетических установках	М. : ИздАт, 2008	Учеб.пособие	20
2	Кириллов П.Л.	Справочник по теплогидравлическим расчётам в ядерной энергетике т.1. Теплогидравлические процессы в ЯЭУ	М. : ИздАт, 2010	Справочник	12
3	Цветков Ф.Ф.	Задачник по тепломассообмену	М.: Изд. дом МЭИ 2008	Учеб.пособие Рекомендовано УМО Вузов России по образованию в области энергетики и электротехники	10

Методическое обеспечение

- 3.1.** Методические указания к практическим занятиям по теме «Расчёт реакторов с кипящим теплоносителем», Н.Новгород, 2011 г. (Доступны в электронном виде на кафедре «Ядерные реакторы и энергетические установки»).
- 3.2.** Методические указания к практическим занятиям по теме «Методика расчёта теплотехнической надёжности», Н.Новгород, 2011 г. (Доступны в электронном виде на кафедре «Ядерные реакторы и энергетические установки»).

4. Задания для самостоятельного выполнения по дисциплине

- 4.1.** Определить поверхностную плотность теплового потока q для тепловыделяющего стержня ТВЭЛ ядерного реактора и температуру на его поверхности t_r , если диаметр стержня $d_r=12\text{мм}$; $q_v=2\cdot10^8\text{Вт/м}^3$; коэффициент теплопроводности материала $\lambda_r=4\text{Вт/м}\cdot\text{К}$, а температура на его оси $t_0=1000\text{ }^\circ\text{C}$.

Ответ: $q=6\cdot10^5\text{Вт/м}^2$; $t_r=550\text{ }^\circ\text{C}$.

- 4.2.** Определить средний коэффициент теплоотдачи и поверхностную плотность теплового потока на поверхности тепловыделяющего

стержня диаметром $d_t=25\text{мм}$ при температуре на поверхности $t_t=305\text{ }^\circ\text{C}$. Стержень находится в трубе с внутренним диаметром $d=31\text{ мм}$. В образовавшемся кольцевом зазоре движется водяной теплоноситель со скоростью $w=2\text{м/с}$ при средней температуре $t_f=270\text{ }^\circ\text{C}$ и давлении $P_f=14\text{ МПа}$.

Ответ: $\alpha = 16248\text{ Вт/м}^2\text{К}$; $q = 568688\text{ Вт/м}^2$.

4.3. Пучок ТВЭЛ продольно омывается водяным теплоносителем со скоростью $w=3\text{м/с}$ при средней температуре $t_f=200\text{ }^\circ\text{C}$ и давлении $P_f=14\text{ МПа}$. ТВЭЛы, с наружным диаметром $d_t=10\text{мм}$, расположены в пучке по квадратной решетке с шагом $S=14\text{мм}$. Определить среднюю температуру на поверхности ТВЭЛ t_t , при объемной плотности тепловыделения $q_v=44\cdot 10^7\text{Вт/м}^3$.

Ответ: $t_t=246.3\text{ }^\circ\text{C}$.

4.4. Определить допустимую плотность тепловыделения для цилиндрического топливного сердечника из UO_2 исходя из условия недопустимости плавления материала и при температуре на его поверхности $t_t=600\text{ }^\circ\text{C}$. Расчет провести без учета зависимости коэффициента теплопроводности материала от температуры.

Ответ: $[q_l]<85\text{ кВт/м}$.

4.5. Определить допустимую плотность тепловыделения для цилиндрического топливного сердечника из UO_2 исходя из условия недопустимости плавления материала и при температуре на его поверхности $t_t=600\text{ }^\circ\text{C}$. Расчет провести с учетом зависимости коэффициента теплопроводности материала от температуры.

Ответ: $[q_l]<94\text{ кВт/м}$.

Перечень контрольных вопросов по дисциплине " Гидродинамика и теплообмен"

1. Источники тепловыделения в реакторе.
2. Распределение тепловыделения по объему и элементам ЯР.
3. Характер распределения температуры по радиусу стержневого ТВЭЛа.
4. Ограничение тепловыделения в реакторе по условиям плавления и прочности ТВЭЛ.
5. Ограничение тепловыделения в канале по условиям недопустимости кризиса теплообмена.
6. Критический тепловой поток и запас до кризиса.
7. Учет случайных отклонений от условий номинального теплоотвода (предельный подход).

8. Распределение температуры по высоте канала с некипящим теплоносителем реакторов различного типа.
9. Виды, задачи и основные этапы теплогидравлического расчета реактора.
10. Гидравлическое профилирование активной зоны реактора.
11. Ячейковый теплогидравлический расчет тепловыделяющей сборки.
12. Особенности распределения температуры по высоте канала с кипящим теплоносителем.
13. Основной показатель теплотехнической надежности реактора.
14. Способы интенсификации теплоотдачи в активной зоне реактора.
15. Ограничения тепловыделения в канале их условий недопустимости кипения теплоносителя.
16. Допустимость и определение расположения участка с пристенным кипением теплоносителя.
17. Кризис теплообмена 1 и 2 рода.
18. Ограничение тепловыделения в канале из условия недопустимости кризиса теплообмена. Запас до кризиса.
19. Учет случайных отклонений от условий номинального теплоотвода (предельный подход).
20. Цели и задачи теплового и гидравлического расчета ядерных реакторов на различных этапах проектирования.
21. Выбор закона распределения энерговыделения и гидравлическое профилирование активной зоны реакторов различного типа.
22. Особенности расчета реакторов с кипящим теплоносителем и с ЕЦ в первом контуре.
23. Основные понятия и определения теплотехнической надежности ядерных реакторов (статистический подход).
24. Расчет основного показателя теплотехнической надежности.
25. Пути повышения теплотехнической надежности.

