

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«МЭИ»**

«УТВЕРЖДАЮ»



Проректор по научной работе

В.К. Драгунов

22 декабря 2017 г.

ПРОГРАММА ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

Основная образовательная программа аспирантов

по направлению 03.06.01 Физика и астрономия

направленность 01.04.14 Теплофизика и теоретическая теплотехника

Квалификация: Исследователь. Преподаватель-исследователь.

Москва 2017

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

Целью ГИА является установление уровня подготовки выпускника к выполнению профессиональных задач и соответствия его подготовки требованиям государственного образовательного стандарта по направлению к основной образовательной программе высшего образования подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению **03.06.01 Физика и астрономия, направленность 01.04.14 Теплофизика и теоретическая теплотехника**

Задачами ГИА являются:

1. Проверка уровня сформированности компетенций, определенных федеральным государственным образовательным стандартом и ООП НИУ «МЭИ».

Универсальных компетенций:

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);
- способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5);

Общепрофессиональных компетенций:

- ✓ способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
- ✓ готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-2);

Профессиональных компетенций:

- готовность к обоснованному выбору предмета самостоятельных научных исследований в области теплофизики и теоретической теплотехники (ПК-1);
- готовность решать задачи аналитического характера в области теплофизики и теоретической теплотехники, предполагающие выбор и многообразие актуальных способов их решения (ПК-2);
- готовность к проведению экспериментов и анализу результатов измерений в области теплофизики и теоретической теплотехники (ПК-3);

2. Принятие решения о присвоении квалификации по результатам ГИА и выдаче документа о высшем образовании и присвоения. Квалификации: Исследователь. Преподаватель-исследователь.

2. ВИДЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

Государственная итоговая аттестация выпускников аспирантуры НИУ «МЭИ» по направлению **03.06.01 Физика и астрономия, направленность 01.04.14 Теплофизика и теоретическая теплотехника** проводится в форме (и в указанной последовательности):

- государственного экзамена;
- научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы.

Государственная итоговая аттестация проводится по окончании теоретического периода обучения в 8 семестре. Для проведения ГИА создается приказом по университету государственная экзаменационная комиссия (ГЭК) из лица ведущих исследователей в области профессиональной подготовки по программе аспирантуры.

Программа итогового государственного экзамена

Государственный экзамен проводится в устной форме по билетам в виде тестирования/подготовки и изложения развернутого ответа, в котором аспирант должен продемонстрировать свои исследовательские и педагогические компетенции, приобретенные за время обучения в аспирантуре. Время на выполнение экзаменационного задания / подготовку ответа – 60 минут.

Состав учебных дисциплин, включенных в программу государственного экзамена:

1. Теплофизика и теоретическая теплотехника
2. Теплогидравлические процессы в современных и перспективных энергетических установках и методы их интенсификации
3. Современные методы и средства исследования теплофизических свойств веществ
4. Процессы тепломассопереноса при фазовых превращениях
5. Численные методы расчета и моделирование тепломассообменных процессов в современном энергетическом и промышленном оборудовании
6. Методы расчета процессов испарения и конденсации
7. Гидродинамика и теплообмен в термоядерных установках
8. Методы исследования в физике быстропротекающих процессов
9. Математические методы теоретической теплофизики

Примерный перечень экзаменационных билетов:

Билет № 1

1. Термодинамическое равновесие. Условия фазового равновесия. Фазовые переходы. Уравнение Клапейрона — Клаузиуса.
2. Конвективный теплообмен в однокомпонентной среде. Уравнения сохранения массы, импульса и энергии в сплошной среде.
3. По вертикальной стойке в теплообменном аппарате стекает пленка конденсата, возникшая при охлаждении сухого насыщенного пара. Высота стойки 3 м, температура ее поверхности 70 °С. Водяной пар конденсируется при 110 °С. Определить высоту стойки, на которой будет ламинарное течение конденсата. Найти наименьший коэффициент теплоотдачи на ламинарном участке течения пленки. Найти средний по всей высоте стойки коэффициент теплоотдачи.

Билет № 2

1. Термодинамические циклы тепловых машин. Циклы Отто, Дизеля, Брайтона, Ренкина. Регенерация теплоты.
2. Универсальные условия совместности на межфазных границах.
3. Записать обобщенное дифференциальное уравнение переноса (ОДУП). Выполнить интегрирование ОДУП по двумерному контрольному объему (КО) в декартовой системе координат. Привести аппроксимацию потока на грани КО в задачах диффузии при произвольно изменяющемся коэффициенте диффузии. Привести формулу и объяснить смысл эффективного коэффициента диффузии. Для обобщенного уравнения вывести дискретный аналог граничных условий III рода.

$$\left(-\Gamma \frac{\partial \Phi}{\partial n} \right)_B = \alpha (\Phi_B - \Phi_f), \text{ где } n - \text{внешняя нормаль к границе, } \Phi_B - \text{значение искомой функции на границе в узловой точке "В", } \alpha \text{ и } \Phi_f - \text{свободные параметры.}$$

Билет № 3

1. Термодинамические свойства вещества в метастабильном состоянии.
2. Специальные условия совместности для процессов тепло- и массообмена.

3. Оцените (грубо) молярную теплоемкость четырехатомного идеального газа с молекулярными постоянными. $V_{e1} = V_{e2} = 3$, $V_{e3} = 1$, $\omega_{e1} = 100$, $\omega_{e2} = 2000$, $\omega_{e3} = \omega_{e4} = 3000$, $\omega_{e5} = \omega_{e6} = 4000 \text{ см}^{-1}$ при $T = 500 \text{ К}$.

Билет № 4

1. Основные закономерности роста и отрыва паровых пузырьков.
2. Термодинамические процессы. Дросселирование, эффект Джоуля — Томпсона. Процесс Джоуля.
3. На межфазную поверхность, поддерживаемую при постоянной температуре, натекает поток газообразного аргона со скоростью, соответствующей числу Маха $M_\infty = 0.75$, в режиме одномерной стационарной десублимации. При коэффициенте конденсации $\beta = 1$ отношение $P_\infty/P_s = 6.0$, где P_s — давление насыщения, соответствующее температуре межфазной поверхности T_s , а P_∞ — давление натекающего аргона. Чему равно отношение температуры пара вдали от границы раздела фаз T_∞ к T_s ? Для какого отношения давлений P_∞/P_s возможно поддержание заданного числа Маха $M_\infty = 0.75$ при $\beta = 0.95$ и $\beta = 0.9$?

Билет № 5

1. Законы теплового излучения (Планка, Вина, Стефана — Больцмана, Кирхгофа, Ламберта).
2. Химическое равновесие. Тепловой закон Нернста.
3. Рассмотреть функцию распределения частиц по скоростям вида

$$f(v) = Av^n \exp(-Bv^m)$$

Для данной функции распределения:

- 1) Найти связь между параметрами распределения A и B — с одной стороны, и числом частиц N и температурой T — с другой стороны.
- 2) Определить плотности потока частиц, импульса и энергии.

Требования и критерии оценивания ответов итогового государственного экзамена

1. В процессе государственного экзамена оценивается уровень педагогической и исследовательской компетентности аспиранта, что проявляется в квалифицированном представлении результатов обучения.
2. При определении оценки учитывается грамотность представленных ответов, стиль изложения и общее оформление, способность ответить на поставленный вопрос по существу.
3. Критерии выставления оценки на экзамене:

Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется аспиранту, правильно выполнившему практическое задание, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

Оценка «ХОРОШО» выставляется аспиранту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется аспиранту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также не выполнил практическое задание из экзаменационного билета, но либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию экзаменатора решил другую задачу из того же раздела дисциплины.

Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется аспиранту, который:

- а) не ответил на вопросы экзаменационного билета и не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из билета;

- б) не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из экзаменационного билета и другой задачи на тот же раздел дисциплины, выданной взамен нее;
- в) при ответе на дополнительные вопросы обнаружил незнание большого раздела экзаменационной программы.

Данные критерии указаны Инструктивным письмом И-23 от 14 мая 2012 г.

Представление научного доклада

Выпускная квалификационная работа представляет собой защиту результатов научно-исследовательской работы, выполненной обучающимся, в виде научного доклада, демонстрирующую степень готовности выпускника к ведению профессиональной научно-педагогической деятельности.

Требования к выпускной квалификационной работе определяются федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки **03.06.01 Физика и астрономия, направленность 01.04.14 Теплофизика и теоретическая теплотехника** (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

Подготовленная научно-квалификационная работа должна соответствовать критериям, установленным для научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата наук, и оформлена в соответствии с требованиями, устанавливаемыми Министерством образования и науки Российской Федерации согласно п. 15 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2012 г. № 842.

Результаты представления научного доклада по выполненной научно-квалификационной работе определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется за научный доклад, позволяющий сделать вывод о полном соответствии научно-квалификационной работы квалификационным требованиям к диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, которая может быть рекомендована к защите с учетом незначительных высказанных замечаний и пожеланий.

Оценка «ХОРОШО» выставляется за научный доклад, позволяющий сделать вывод о соответствии в целом научно-квалификационной работы квалификационным требованиям к диссертации на соискание ученой степени кандидата наук при наличии несущественных неточностей, которая может быть рекомендована к защите после доработки некоторых ее частей с учетом высказанных замечаний.

Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется за научный доклад, позволяющий сделать вывод о том, что научно-квалификационная работа в основном носит заверченный характер, однако к содержанию работы имеются замечания, которые не позволяют признать ее соответствующей квалификационным требованиям к диссертации на соискание ученой степени кандидата наук и поэтому не может быть рекомендована к защите без существенной доработки и повторного представления научного доклада.

Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется за научный доклад, представляющий научно-квалификационную работу, не соответствующую большинству квалификационных требований к диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС высшего образования по направлению 03.06.01 Физика и астрономия (уровень подготовки кадров высшей квалификации), Положением о государственной итоговой аттестации НИУ «МЭИ» и Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 18 марта 2016 года №227.

3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Основная литература:

1. Техническая термодинамика : учебник для вузов по направлению 140100 "Теплоэнергетика" / В. А. Кириллин, В. В. Сычев, А. Е. Шейндлин . – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд. дом МЭИ, 2008 . – 496 с. - ISBN 978-5-383-00263-6 .

2. Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок : учебное пособие для вузов по направлению "Теплоэнергетика" / А. А. Александров . – 2-е изд., стереот . – М. : Изд. дом МЭИ, 2006 . – 158 с. - ISBN 5-903072-60-7 .
3. Теплообмен в однофазных средах и при фазовых превращениях : учебное пособие для вузов по направлению "Ядерная энергетика и теплофизика" / В. В. Ягов . – М. : Изд. дом МЭИ, 2014 . – 542 с. - ISBN 978-5-383-00854-6.
4. Тепломассообмен : учебник для вузов по направлению "Теплоэнергетика" / Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев . – М. : Изд. дом МЭИ, 2011 . – 562 с. - ISBN 978-5-383-00563-7.
5. Задачник по тепломассообмену : учебное пособие для вузов по направлению 140100 "Теплоэнергетика" / Ф. Ф. Цветков, Р. В. Керимов, В. И. Величко . – 3-е изд., стер . – М. : Изд. дом МЭИ, 2010 . – 196 с. - ISBN 978-5-383-00468-5 .
6. Механика двухфазных систем : учебное пособие для вузов по направлению "Техническая физика" / Д. А. Лабунцов, В. В. Ягов . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Изд. дом МЭИ, 2007 . – 384 с. - ISBN 978-5-383-00036-
7. Кн.2: Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент / А. А. Александров, и др. ; Общ. ред. А. В. Клименко, В. М. Зорин . – 2007 . – 564 с. - ISBN 978-5-383-00017-5 .
8. Кн.4 : Промышленная теплоэнергетика и теплотехника / Б. Г. Борисов, и др. ; Общ. ред. А. В. Клименко, В. М. Зорин . – 2007 . – 632 с. - ISBN 978-5-383-00019-9 .
9. Введение в механику жидкости : учебное пособие для вузов по направлениям "Техническая физика", "Теплоэнергетика" / Е. П. Валуева, В. Г. Свиридов . – 2-е изд., перераб . – М. : Изд. дом МЭИ, 2007 . – 212 с. - ISBN 978-5-383-00109-7 .
10. Механика несжимаемых и сжимаемых жидкостей : учебник для вузов по направлению "Энергетическое машиностроение" и "Теплоэнергетика и теплотехника" / А. Е. Зарянкин . – М. : Изд. дом МЭИ, 2014 . – 590 с. - ISBN 978-5-383-00903-1 .
11. Тепломассообмен в ядерных энергетических установках : учебное пособие для вузов по специальности "Атомные электрические станции и установки" / П. Л. Кириллов, Г. П. Богословская . – 2-е изд., перераб . – М. : Энергоатомиздат, 2008 . – 256 с. - ISBN 978-5-86656-210-7 .
- Дополнительная литература:**
12. Сложные термодинамические системы / В. В. Сычев . – 5-е изд., доп . – М. : Изд. дом МЭИ, 2009 . – 296 с. - ISBN 978-5-383-00418-0 .
13. Системные методы расчета краевых задач тепломассопереноса: прямые и обратные задачи нестационарной теплопроводности и термоупругих напряжений. Гидродинамика и теплообмен в каналах сложного профиля / П. В. Цой . – 3-е изд., перераб. и доп . – М. : Изд-во МЭИ, 2005 . – 568 с. - ISBN 5-7046-1296-2 .
14. Тепловые процессы в наноструктурах : учебное пособие для вузов по курсам "Тепловые процессы в наноструктурах", "Проблемы и перспективы наноэнергетики", "Физико-химия наночастиц и наноматериалов", по направлению "Ядерная энергетика и теплофизика" / А. С. Дмитриев, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд. дом МЭИ, 2012 . – 303 с. - ISBN 978-5-383-00708-2 .
15. С.Седлов, Ю.А.Кузма-Кичта // Гидродинамика и теплообмен при кипении водных растворов. Издательский дом МЭИ, 2007. 164 с. ISBN: 978-5-383-00111-0.
16. Попов И.А., Махьянов Х.М., Гуреев В.М. Физические основы и промышленное применение интенсификации теплообмена: Интенсификация теплообмена: монография / под общ. ред. Ю.Ф. Гортышова. – Казань: Центр инновационных технологий, 2009. – 560 с. ISBN 978-5-93962-383-4.
17. Теплообмен в ядерных энергетических установках : учебное пособие для вузов по специальностям "Теплофизика" и "Атомные электрические станции и установки" направления "Техническая физика" / Б. С. Петухов, Л. Г. Генин, С. А. Ковалев, и др. . – 3-е изд., перераб. и доп . – М. : Изд-во МЭИ, 2003 . – 548 с. - ISBN 5-7046-0843-4.
18. Конденсаторы паротурбинных установок / В. А. Федоров, О. О. Мильман . – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013 . – 560 с. - ISBN 978-5-7038-3826-6 .

4. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Комплект учебно-методических документов, определяющих содержание и методы реализации процесса обучения в аспирантуре, включающий в себя: учебный план, рабочие программы дисциплин (модулей), программы практики, обеспечивающих реализацию соответствующей образовательной технологии, а также программы вступительных испытаний, кандидатских экзаменов – доступен для профессорско-преподавательского состава и аспирантов.

Образовательный процесс на 100% обеспечен учебно-методической документацией, используемой в образовательном процессе.

Национальный исследовательский университет «МЭИ» обеспечивает каждого аспиранта основной учебной и учебно-методической литературой, необходимой для успешного освоения образовательной программы по направлению подготовки **03.06.01 Физика и астрономия, направленности 01.04.14 Теплофизика и теоретическая теплотехника**. Собственная библиотека университета удовлетворяет требованиям Примерного положения о формировании фондов библиотеки высшего учебного заведения. Реализация программы аспирантуры обеспечивается доступом каждого аспиранта к фондам собственной библиотеки, электронно-библиотечной системе, а также наглядным пособиям, мультимедийным, аудио-, видеоматериалам.

Кафедры, обеспечивающие учебный процесс по направлению подготовки **03.06.01 Физика и астрономия, направленности 01.04.14 Теплофизика и теоретическая теплотехника**, располагают материально-технической базой, обеспечивающей проведение всех видов теоретической и практической подготовки, предусмотренных учебным планом аспиранта, включает в себя лабораторное оборудование для обеспечения дисциплин, научно-исследовательской работы и практик. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Подготовка аспирантов обеспечена современной материально-технической базой, соответствующей действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивающей проведение всех видов теоретической и практической подготовки, предусмотренных учебным планом аспиранта, а также эффективное выполнение диссертационной работы (аудитории для семинарских занятий; аудитории для дискуссий и коллоквиумов). Аудитории оснащены различной аппаратурой для демонстрации иллюстративного материала); проведение семинарских занятий, выполнение исследований по профильным дисциплинам.

Использование мультимедийного оборудования в процессе проведения лекций и семинаров – компьютерные классы с выходом в интернет, оснащенные 24 персональными компьютерами, связанные с общеуниверситетским сервером, принтерами и сканерами.