Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 10.08.2026 17:20:00
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет химической технологии и биотехнологии

УТВЕРЖДАЮ
Декан
_____ / А.С. Соколов /
«26» февраля 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Водородные энергетические технологии

Направление подготовки
16.04.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения

Профиль **«Перспективные холодильные системы»**

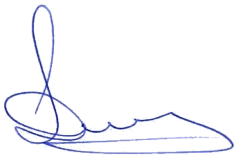
Квалификация
Магистр

Форма обучения
Очная

Москва, 2026

Разработчик(и):

доцент, к.т.н.  / А.Е. Ермолаев /

Согласовано:
Заведующий кафедрой «Техника низких температур»,
к.т.н.  / Д.А. Некрасов /

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине....4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы....4
3. Структура и содержание дисциплины....4
3.1 Виды учебной работы и трудоемкость....4
3.2 Тематический план изучения дисциплины....5
3.3 Содержание дисциплины....5
3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий....6
3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)....6
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение....6
4.1 Нормативные документы и ГОСТы....6
4.2 Основная литература....6
4.3 Дополнительная литература....6
4.4 Электронные образовательные ресурсы....6
4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение....7
5. Материально-техническое обеспечение....7
6. Методические рекомендации....7
6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения....7
6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины....8
7. Фонд оценочных средств....9
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения....9
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения....9
7.3 Оценочные средства....10

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К основным целям освоения дисциплины «Водородные энергетические технологии» следует отнести:

– овладение магистрами разделов, включающих принципы организации, строения и функционирования водородной инфраструктуры для обеспечения энергетических нужд потребителей.

К основным задачам освоения дисциплины «Водородные энергетические технологии» следует отнести:

– формирование компетенций в области водородной энергетики с пониманием проблематики, стоящей перед разработчиками этой новой отрасли энергетики.

Обучение по дисциплине «Водородные энергетические технологии» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-2. Способен использовать углубленные теоретические и практические знания фундаментальных и прикладных наук, в том числе технической физики;	ИОПК-2.1. Знает: Методы и способы решения базовых задач в технических системах ИОПК-2.2. Умеет: Совершенствовать свою профессиональную деятельность с применением методов и способов решения базовых задач в технических системах ИОПК-2.3. Владеет: методами и способами решения базовых задач в технических системах

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Водородные энергетические технологии» относится к факультативным дисциплинам основной образовательной программы магистратуры по направлению 16.04.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения.

Дисциплина «Водородные энергетические технологии» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

– «Расчет и проектирование машин, аппаратов и установок холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения»;

– «Рабочие вещества низкотемпературных систем».

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины «Водородные энергетические технологии» составляет 2 зачетных(е) единиц(ы) (72 часов).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

3.1.1. Очная форма обучения

Дисциплина «Водородные энергетические технологии»

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			2
1	**Аудиторные занятия**	**32**	32
	В том числе:		
1.1	Лекции	12	12
1.2	Семинарские/практические занятия	20	20
2	**Самостоятельная работа**	**40**	40
	В том числе:		
2.1	Тестирование	20	20
2.2	Подготовка к практическим занятиям	20	20
3	**Промежуточная аттестация**		
	Зачет/диф.зачет/экзамен	**зачет**	зачет
	Итого	**72**	72

3.2 Тематический план изучения дисциплины

3.2.1. Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час				
		Всего	Аудиторная работа			Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	
1	Водород и его свойства	**12**	2	4		6
2	Водородная энергетика	**8**	2			6
3	Производство водорода	**18**	2	8		8
4	Инфраструктура производства и доставки	**8**	2			6
5	Водородная автомобильная инфраструктура	**8**	2			6
6	Перспективы и направления развития водородной энергетики	**18**	2	8		8
	Итого	**72**	**12**	**20**		**40**

3.3 Содержание дисциплины

1. Водород и его свойства. Криогенные циклы ожижения.

2. Водородная энергетика. Современные тенденции.

3. Производство водорода. Паровая конверсия природного газа. Газификация угля. Используя атомную энергию. Электролиз воды. Водород из биомассы.

4. Инфраструктура производства и доставки. Цветовая градация.

5. Водородная автомобильная инфраструктура. Заправки и транспортные средства.

6. Перспективы и направления развития водородной энергетики.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

1. Водород и его свойства. Расчет технических свойств водорода в различных условиях.
2. Производство водорода. Криогенные циклы ожижения водорода.
3. Перспективы и направления развития водородной энергетики

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Не предусмотрены.

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ 3022-80 Водород технический. Технические условия [Текст]. - Введ. 1981-01-01. - М. : Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1990.

2. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 12 октября 2020 г. № 2634-р утверждение плана мероприятий («дорожная карта») по развитию водородной энергетики в Российской Федерации до 2024 года

4.2 Основная литература

1. Магомедова, М. В. Крупнотоннажные технологии получения водорода : учебное пособие / М. В. Магомедова. — Москва : РТУ МИРЭА, 2022. — 40 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/256643 (дата обращения: 23.08.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4.3 Дополнительная литература

1. Магомедова, М. В. Современные направления увеличения энергоэффективности технологий получения водорода : учебное пособие / М. В. Магомедова. — Москва : РТУ МИРЭА, 2022. — 46 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/265586 (дата обращения: 23.08.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

ЭОР «Водородные энергетические технологии»
https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=13638

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Не предусмотрено.

5. Материально-техническое обеспечение

Проведение лекций осуществляется в общеуниверситетских аудиториях, где предусмотрена демонстрация фильмов, слайдов или использование раздаточных материалов. Аудитории АВ2214 и АВ2209.

6. Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Основным требованием к преподаванию дисциплины является творческий, проблемно-диалоговый подход, позволяющий повысить интерес студентов к содержанию учебного материала.

Основная форма изучения и закрепления знаний по этой дисциплине – лекционная и практическая. Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Основу учебных занятий по дисциплине составляют лекции. В процессе обучения студентов используются различные виды учебных занятий (аудиторных и внеаудиторных): лекции, семинарские занятия, лабораторные работы консультации и т.д. На первом занятии по данной учебной дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения, раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к лекционным занятиям по курсу «Водородные энергетические технологии» необходимо продумать план его проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия, определить средства материально-технического обеспечения лекционного занятия и порядок их использования в ходе чтения лекции. Уточнить план проведения практического занятия по теме лекции.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Во вступительной части лекции обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение. Если читается не первая лекция, то необходимо увязать ее тему с предыдущей, не нарушая логики изложения учебного

материала. Лекцию следует начинать, только чётко обозначив её характер, тему и круг тех вопросов, которые в её ходе будут рассмотрены.

В основной части лекции следует раскрывать содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя категорийный аппарат.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного семинарского или лабораторного занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к семинару или лабораторной работе. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на семинаре с докладами и рефератами по актуальным вопросам обсуждаемой темы.

Цель практических – обеспечить контроль усвоения учебного материала студентами, расширение и углубление знаний, полученных ими на лекциях и в ходе самостоятельной работы. Повышение эффективности практических занятий достигается посредством создания творческой обстановки, располагающей студентов к высказыванию собственных взглядов и суждений по обсуждаемым вопросам, желанию у студентов поработать у доски при решении задач.

После каждого лекционного, лабораторного и практического занятия сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу.

Оценка выставляется преподавателем и объявляется после ответа.

Преподаватель, принимающий зачёт или экзамен, лично несет ответственность за правильность выставления оценки.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Работа студента направлена на:

- изучение теоретического материала.
- подготовка и выполнение тестирования с использованием общеобразовательного портала
- написание и защита реферата по предложенной теме

Самостоятельная работа студентов представляет собой важнейшее звено учебного процесса, без правильной организации которого обучающийся не может быть высококвалифицированным выпускником.

Студент должен помнить, что начинать самостоятельные занятия следует с первого семестра и проводить их регулярно. Очень важно приложить максимум усилий, воли, чтобы заставить себя работать с полной нагрузкой с первого дня.

Не следует откладывать работу также из-за нерабочего настроения или отсутствия вдохновения. Настроение нужно создавать самому. Понимание необходимости выполнения работы, знание цели, осмысление перспективы благоприятно влияют на настроение.

Каждый студент должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала.

Важно полнее учесть обстоятельства своей работы, уяснить, что является главным на данном этапе, какую последовательность работы выбрать, чтобы выполнить ее лучше и с наименьшими затратами времени и энергии.

Для плодотворной работы немаловажное значение имеет обстановка, организация рабочего места. Нужно добиться, чтобы место работы по возможности было постоянным. Работа на привычном месте делает ее более плодотворной. Продуктивность работы зависит от правильного чередования труда и отдыха. Поэтому каждые час или два следует делать перерыв на 10-15 минут. Выходные дни лучше посвятить активному отдыху, занятиям спортом, прогулками на свежем воздухе и т.д. Даже переключение с одного вида умственной работы на другой может служить активным отдыхом.

Студент должен помнить, что в процессе обучения важнейшую роль играет самостоятельная работа с книгой. Научиться работать с книгой – важнейшая задача студента. Без этого навыка будет чрезвычайно трудно изучать программный материал, и много времени будет потрачено нерационально. Работа с книгой складывается из умения подобрать необходимые книги, разобраться в них, законспектировать, выбрать главное, усвоить и применить на практике.

7. Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

До даты проведения промежуточной аттестации студент должен выполнить все работы, предусмотренные настоящей рабочей программой дисциплины.

Перечень обязательных работ, выполняемых в течение семестра

- Устный опрос, собеседование
- Доклад, реферат
- Тестирование

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Результаты обучения оцениваются по балльной шкале, баллы начисляются студенту по результатам выполнения обязательных работ.

Оценка	Количество баллов
зачтено	от 51 до 100
не зачтено	50 и менее

7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

Темы устных опросов

1. Что такое водородная энергетика и почему она привлекает внимание ученых и инженеров?
2. Какие методы получения водорода считаются основными?
3. Какую роль играют электролизеры в водородной энергетике?
4. Какие источники энергии используются для производства водорода?
5. В чем заключаются преимущества и недостатки водорода как топлива?
6. Как устроен топливный элемент и как он функционирует?
7. Какие типы топливных элементов применяются в водородных автомобилях?
8. Как организуются сети заправочных станций для автомобилей на водороде?
9. Какие препятствия стоят на пути широкого распространения водородных технологий?
10. Как связаны водородные технологии с развитием возобновляемой энергетики?
11. Производство водорода.
12. Инфраструктура производства и доставки.
13. Перспективы и направления развития водородной энергетики.
14. Малые стационарные применения.
15. Стационарные применения.
16. Использование в транспорте.
17. Водородная автомобильная инфраструктура.
18. Транспортные приложения.
19. Мобильные топливные элементы.
20. Какие физико-химические процессы лежат в основе выработки водорода методом пиролиза?
21. Каков принцип работы высокотемпературных топливных элементов SOFC?
22. Какие материалы перспективны для создания накопителей водорода?
23. Какие научные исследования ведутся в области хранения водорода?
24. Какие водородные технологии применялись исторически и какие появились недавно?

Пример тестовых заданий

1. В наше время дирижабли наполняют...
=гелием
~водородом

~аргоном
~углекислым газом

2. Водород используют в качестве ...
~%33.333%ракетного топлива
~%33.333%сырья для аммиака
~%33.333%автомобильного топлива
~сырья для бензина

3. «Зелёный» водород получают посредством ...
=возобновляемых источников энергии, при электролизе воды
~разложения метана
~паровой конверсии метана
~нет верного ответа

4. По распространённости во вселенной водород занимает ...
=первое место
~второе место
~третье место
~четвертое место

Темы докладов

1. Историческое развитие водородной энергетики: от первых открытий до современности.
2. Ключевые физические и химические процессы, определяющие потенциал водорода как топлива.
3. Материалы и технологии для хранения водорода: перспективы и вызовы.
4. Методы производства водорода: электролиз, реформинг, плазменные и биотехнологические методы.
5. Водородные автомобили: конструкция, преимущества и недостатки.
6. Топливные элементы: принципы работы, разновидности и сферы применения.
7. Водородная энергетика в авиации и морской отрасли.
8. Создание городской инфраструктуры для транспорта на водороде.
9. Влияние водородной энергетики на сокращение выбросов парниковых газов.
10. Экономика водородных технологий: инвестиции, окупаемость и рентабельность.
11. Государственное регулирование и стимулы для развития водородной экономики.
12. Сравнительный анализ стоимости традиционных и водородных энергетических систем.
13. Новейшие разработки в области водородных аккумуляторов и батарей.
14. Мембранные технологии для выделения и очистки водорода.
15. Внедрение малых модульных реакторов для производства водорода.
16. Биотехнологические методы производства водорода из органических отходов.
17. Сценарии полного перехода на водородную энергетику в России и мире.
18. Интеграция водородных технологий в существующие энергетические системы.

19. Социальные и культурные барьеры принятия водородных технологий населением.
20. Решения для преодоления трудностей при хранении и транспортировке водорода.

7.3.2. Промежуточная аттестация

7.3.2.1. Вопросы к зачету

1. Сферы применения водорода.
2. Водородная энергетика.
3. Производство водорода.
4. Технологии производства: PEM (протон-обменная) и SOFC (твёрдо-оксидная)
5. Паровая конверсия природного газа.
6. Газификация угля.
7. Атомная энергия для производства водорода.
8. Электролиз воды.
9. Водород из биомассы.
10. Инфраструктура производства и доставки.
11. Перспективы и направления развития водородной энергетики.
12. Малые стационарные применения
13. Стационарные применения
14. Использование в транспорте
15. Водородная автомобильная инфраструктура
16. Транспортные приложения
17. Мобильные топливные элементы
18. Использование в транспорте.
19. Водородная автомобильная инфраструктура.
20. Хранение водорода.
21. Доставка водорода.
22. Водородная заправочная станция.
23. Водородный транспорт.
24. Солнечный коллектор.
25. Фотоводород.

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой.

Шкала оценивания	**Описание**
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки,

	неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.