

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I»
(ФГБОУ ВО ПГУПС)

Кафедра «*Теоретические основы электротехники и энергетики*»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

***Б1.В.ДВ.4.2 «СИСТЕМЫ РЕГАЗИФИКАЦИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДНОГО
ТОПЛИВА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ»***

для направления подготовки

13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

по профилю

«Промышленная теплоэнергетика»

Форма обучения – очная

Санкт-Петербург
2026

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «*Теоретические основы электротехники и энергетики*»
Протокол № 7 от 13. 01. 2026 г.

Заведующий кафедрой

«*Теоретические основы электротехники и*
энергетики»

13.01. 2026 г.

К.К. Ким

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОПОП ВО

13.01. 2026 г.

Е.Л. Рыжова

1. Цели и задачи дисциплины

Рабочая программа дисциплины «Системы регазификации и использования водородного топлива на железнодорожном транспорте» (Б1.В.ДВ.4.2) (далее – дисциплина) составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (далее – ФГОС ВО), утвержденного «28» февраля 2018 г., приказ Министерства образования и науки Российской Федерации № 143.

Целью изучения дисциплины является научить обучающихся к профессиональной деятельности, связанной с тематикой «Системы регазификации и использования водородного топлива на железнодорожном транспорте» и формирование у обучающихся знаний в области перспектив развития и имеющегося мирового и отечественного опыта в области подготовки и использования сжиженного водородного топлива на железнодорожном транспорте, в тепло- и электроэнергетике.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- изучение основных теплофизических и химических характеристик водородного топлива;
- обзор мирового и отечественного опыта в области производства, хранения и транспортировки жидкого водородного топлива, в том числе и с использованием нетрадиционных и возобновляемых источников энергии;
- изучение способов регазификации сжиженного водородного топлива и технологий, обеспечивающих их реализацию;
- изучение двух методов использования водородного топлива: прямого (с помощью топливных элементов для получения электрической энергии) и непрямого (сжигание для получения тепловой энергии);
- критический анализ перспектив развития водородной энергетики и транспорта в РФ с учетом реалий сегодняшнего дня;
- выполнение специальных технических и экономических расчетов при обосновании проектных решений в области подготовки и использования водородного топлива.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций

Планируемыми результатами обучения по дисциплине (модулю) является формирование у обучающихся компетенций (части компетенций). Сформированность компетенций (части компетенции) оценивается с помощью индикаторов достижения компетенций.

В рамках изучения дисциплины осуществляется практическая подготовка обучающихся к будущей профессиональной деятельности. Результатом обучения по дисциплине является формирования у обучающихся практических навыков.

Индикаторы достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Выполнение гидравлических расчетов, расчетов тепловых схем с выбором оборудования и арматуры для проектирования технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектроцентралей.	

ПК-1.1.1. Знает методики по выполнению гидравлического расчета при проектировании технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектроцентралей.	Обучающийся <i>знает</i> : методики по выполнению гидравлического расчета при проектировании технологических решений объектов регазификации и использования водородного топлива.
ПК-1.1.2. Знает величины гидравлических характеристик, удельных потерь для разных типов материалов трубопроводов.	Обучающийся <i>знает</i> : величины гидравлических характеристик, удельных потерь для разных типов материалов трубопроводов и оборудования, предназначенных для регазификации и использования водородного топлива.
ПК-1.1.3. Знает правила выполнения и оформления проектной документации в соответствии с требованиями нормативно-технических документов на проектную документацию.	Обучающийся <i>знает</i> : правила выполнения и оформления проектной документации в соответствии с требованиями нормативно-технических документов на проектную документацию на оборудование, предназначенное для регазификации и использования водородного топлива.
ПК-1.2.4. Умеет использовать информационно-коммуникационные технологии, в том числе специализированное программное обеспечение для решения задач проектирования.	Обучающийся <i>умеет</i> : использовать информационно-коммуникационные технологии, в том числе специализированное программное обеспечение для решения задач проектирования оборудования, предназначенного для регазификации и использования водородного топлива.
ПК-1.3.3. Имеет навыки уточнения диаметров трубопроводов по полученным данным.	Обучающийся <i>имеет</i> навыки расчета и уточнения диаметров трубопроводов и резервуаров для регазификации и использования водородного топлива.

3. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части/части, формируемой участниками образовательных отношений блока 4 «Дисциплины (модули)».

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов
Контактная работа (по видам учебных занятий)	48
В том числе:	
лекции (Л)	32
практические занятия (ПЗ)	16
Самостоятельная работа (СРС) (всего)	20
Контроль	4
Форма контроля (промежуточной аттестации)	Зачет
Общая трудоемкость: час / з.е.	72/2

Примечание: «Форма контроля» –зачет (3).

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и содержание рассматриваемых вопросов

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
1	Введение. Историческая справка	Лекция 1. Открытие водорода. Опыты по ожигению. Открытие электролиза. Технологический процесс использования водорода. Самостоятельная работа. Национальные водородные программы	ПК-1.1.3.
2	Основные тепло- физические и химические свойства водорода	Лекция 2. Энергетическая плотность водорода: уникальное свойство. Плотность и теплофизические свойства водорода H ₂ Самостоятельная работа. Жидкий водород.	ПК-1.1.3.
3	Производство водородного топлива	Лекция 3 Классификация типов водорода. Самостоятельная работа. Лекция 4. Способы получения водорода: из природных топлив. Практическое занятие 1. Задачи на получение водорода. Самостоятельная работа. Железо-паровой метод Лекция 5. Получение водорода методом электролиза: щелочной электролиз, электролиз с твёрдо-полимерным электролитом. Твёрдоокисный электрохимический конвертер, Электролиз воды под давлением. Самостоятельная работа. Высокотемпературный электролиз водяного пара в ячейках с твёрдым электролитом Лекция 6. Плазмохимия. Использование ядерной энергетики для получения водорода: Низкотемпературный электролиз, Высокотемпературный электролиз, Термохимическое разложение воды. Самостоятельная работа. Цикл сульфата висмута. Гибридный цикл серы или цикл Вестингауза Лекция 7. Цикл «йод — сера», Бром-серный цикл, Процесс азотной кислоты, Цикл «медь — хлор», Гибридные циклы: H ₂ S-цикл. Самостоятельная работа. Издержки различных способов производства водорода. Самостоятельная работа. Лекция 8. Альтернативные методы получения водорода. Самостоятельная работа. Использование вещества мантии Земли для получения водорода. Перспективы развития водородной энергетики на	ПК-1.1.1. ПК-1.1.2. ПК-1.1.3. ПК-1.3.3.

		основе алюминия.	
4	Хранение и транспортировка водородного топлива	Лекция 9. Классификация и описание методов хранения водорода. Самостоятельная работа. Предотвращение утечки теплоты при хранении в жидком состоянии. Лекция 10. Транспортировка газообразного и сжиженного водородного топлива Самостоятельная работа. Сравнительный анализ существующих методов транспортировки водорода. Практическое занятие 2.	ПК-1.1.2. ПК-1.2.4.
5	Способы и технологии регазификации сжиженного водородного топлива	Лекция 11. Регазификация водородного топлива с внешним подводом энергии с помощью рекуперативных теплообменников с промежуточным теплоносителем. Самостоятельная работа. Регазификация водородного топлива с внешним подводом энергии с помощью теплообменников с электрическими нагревателями. Практическое занятие 3. Лекция 12. Регазификация водородного топлива с использованием внутренней энергии в результате адиабатного расширения топлива. Самостоятельная работа. Регазификация водородного топлива с использованием комбинированного воздействия. Практическое занятие 4.	ПК-1.1.2. ПК-1.1.3. ПК-1.2.4. ПК-1.3.3.
6	Использование водородного топлива на железнодорожном транспорте	Лекции 13 и 14. Топливный элемент: устройство и принцип его работы; виды топливных элементов; основные характеристики топливных элементов Самостоятельная работа. Топливный элемент с твердым полимерным электролитом. Практическое занятие 5 и 6. Лекция 15 Твердооксидный топливный элемент. Щелочной топливный элемент. Фосфорно-кислотный топливный элемент. Самостоятельная работа. Расплавно-карбонатный топливный элемент. Практическое занятие 7. Лекция 16. Стационарные и транспортные электроэнергетические установки и системы с водородными источниками электроэнергии Самостоятельная работа. Вопросы экологии в водородной энергетике Практическое занятие 8.	ПК-1.1.2. ПК-1.1.3. ПК-1.2.4. ПК-1.3.3.

5.2. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	Всего
1	Введение. Историческая справка	2	-	-	-	2
2	Основные тепло-физические и химические свойства водорода	2	-	-	2	4
3	Производство водородного топлива	4	2	-	4	10
4	Хранение и транспортировка водородного топлива	4	2	-	2	8
5	Способы и технологии регазификации сжиженного водородного топлива	6	4	-	4	14
6	Использование водородного топлива на железнодорожном транспорте	14	8	-	8	30
Контроль						4
	Итого	32	16	-	20	72

6. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Оценочные материалы по дисциплине является неотъемлемой частью рабочей программы и представлены отдельным документом, рассмотренным на заседании кафедры и утвержденным заведующим кафедрой.

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Порядок изучения дисциплины следующий:

1. Освоение разделов дисциплины производится в порядке, приведенном в разделе 5 «Содержание и структура дисциплины». Обучающийся должен освоить все разделы дисциплины, используя методические материалы дисциплины, а также учебно-методическое обеспечение, приведенное в разделе 8 рабочей программы.

2. Для формирования компетенций обучающийся должен представить выполненные задания, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, предусмотренные текущим контролем успеваемости (см. оценочные материалы по дисциплине).

3. По итогам текущего контроля успеваемости по дисциплине, обучающийся должен пройти промежуточную аттестацию (см. оценочные материалы по дисциплине).

8. Описание материально-технического и учебно-методического обеспечения, необходимого для реализации образовательной программы по дисциплине

8.1. Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой бакалавриата, укомплектованные специализированной учебной мебелью и оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: настенным экраном (стационарным или переносным), маркерной доской и (или) меловой доской, мультимедийным проектором (стационарным или переносным).

Все помещения, используемые для проведения учебных занятий и самостоятельной работы, соответствуют действующим санитарным и противопожарным нормам и правилам.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

8.2. Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства.

Перечень лицензионных программ представлен на внутреннем портале ФГБОУ ВО ПГУПС по адресу <http://eaisu.pgups.edu.mps/info/prog/>

8.3. Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к современным профессиональным базам данных:

При изучении дисциплины профессиональные базы данных не используются.

8.4. Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к информационным справочным системам:

при изучении дисциплины информационные справочные системы не используются.

8.5. Перечень печатных изданий, используемых в образовательном процессе:

Учебная литература:

1. Водородная энергетика. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pnpi.spb.ru;http://lepfed.narod.ru/>.
2. Электролиз, или вода вместо бензина. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.skyzone.ru/tech/meyer_h2.htm.
3. Водород. Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение: справочник. М.: Химия, 1989.
4. Тонконог В.Г., Арсланова С.Н., Тукмаков А.Л., Тукмакова Н.А. Регазификация низкокипящих углеводородных топлив // Изв.вузов. Авиационная техника. 2019. № 4. С. 144-148. Режим доступа: [D'Dç-â—E4\(19\) D,Ñ†Dç,Ñ•D°D²D».pdf \(kai.ru\)](#).
5. Архаров А.М. и др. Криогенные системы: в 2 т. М.: Машиностроение, 1999. Т.2. Основы проектирования аппаратов, установок и систем. 720 с.
6. Промышленное газовое оборудование. Справочник / Под ред. Е.А. Карякина. Саратов: Газовик, 2013. 1280 с.
7. Радченко, Р. В. Р15 Водород в энергетике: учеб. пособие / Р.В. Радченко, А.С. Мокрушин, В.В. Тюльпа. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. — 229 с.
8. Карасевич В. А. Основы водородной энергетики: Учебное пособие. – М.: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина, 2023. – 97 с. Режим доступа: [В. А. Карасевич. Водородная энергетика. Учебное пособие. \(studylib.ru\)](#)

Нормативно-правовая документация:

9. Об электроэнергетике: Федеральный закон от 26.03.2003 г. № 35-ФЗ (с изм. от 30.03.2016 г.) // Российская газета. – № 60. – 01.04.2003 г.
10. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: федеральный закон от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. – 30.11.2009 г. – № 48. – Ст. 5711.
11. О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики: указ Президента Российской Федерации от 04.06.2008 г. № 889 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 09.06.2008 г. – № 23
12. Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования

возобновляемых источников энергии на период до 2020 года: распоряжение Правительства Российской Федерации от 08.01.2009 г. № 1-р (с изм. от 10.11.2015 г.) // Собрание законодательства Российской Федерации. – 26.01.2009 г. – № 4

13. Об Энергетической стратегии России на период до 2030 года: распоряжение Правительства Российской Федерации от 13.11.2009 г. № 1715-р // Собрание законодательства Российской Федерации. – 30.11.2009 г. – № 48.

14. ГОСТ Р 56248-2014. Национальный стандарт Российской Федерации. Водород жидкий. ОКС 71.100.20. Дата введения 2015-09-01.

15. Распоряжение Правительства РФ от 5 августа 2021 г. № 2162-р Об утверждении Концепции развития водородной энергетики в РФ.

16. Распоряжение Правительства РФ ОТ 12.10.2020 N 2634-Р «Об утверждении плана мероприятий "Развитие водородной энергетики в Российской Федерации до 2024 года"».

Другие издания:

17. Билоненко, Р. А. Производство водорода из энергоемких веществ // Альтернатив. энергетика и экология. — 2013. — № 5, Ч.1. — С. 45-51. — (Водородная экономика).

18. Высокотемпературная ядерная энерготехнология на основе быстрых реакторов с натриевым теплоносителем для производства водорода / [и др.]. // Атом. энергия. — 2014. — Т. 116, вып. 4. — С. 194-203.

19. Голуб, Н. Б. Повышение выхода водорода при совместной конверсии сырья разного происхождения // Альтернатив. энергетика и экология. — 2014. — № 19. — С. 53-57. — (Водородная экономика. Новые способы получения водорода).

20. Григорьев, С. А. Водородные электрохимические системы с твердым полимерным электролитом // Альтернатив. энергетика и экология. — 2014. — № 10. — С. 8-26. — (Водородная экономика).

21. Ибрагимов, И. М. Фотолиз воды как источник энергии // Энергия: экономика, техника, экология. — 2015. — № 1. — С. 26-29.

22. Коробцев, С. В. Безопасность водородной энергетики // Энергия: экономика, техника, экология. — 2013. — № 2. — С. 9-16.

23. Варшавский И.Л. Энергоаккумулирующие вещества и их использование.— К.: Наукова думка, 1980.

24. Обзор методов хранения водорода. Институт проблем материаловедения НАН Украины. <http://shp.by.ru/sci/fullerene/forums/ichms/2003/>.

25. Тонконог В.Г. и др. Технология газификации сжиженного природного газа // Инженерно-физический журнал. 2016. № 4. С. 818-825.

26. Ключников, И. С. Перспективы развития водородных поездов / И. С. Ключников, Я. А. Бучанова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2021. — № 28 (370). — С. 34-36. — URL: <https://moluch.ru/archive/370/83172/>.

8.6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых в образовательном процессе:

1. Личный кабинет обучающегося и электронная информационно-образовательная среда [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sdo.pgups.ru/> (для доступа к полнотекстовым документам требуется авторизация).
2. Электронная библиотечная система ЛАНЬ [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/>
3. Электронная библиотечная система ibooks.ru [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ibooks.ru/>
4. Электронная библиотека ЮРАЙТ [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://biblio-online.ru/>
5. Электронная библиотека «Единое окно к образовательным ресурсам» [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/>

Разработчик рабочей программы, профессор
кафедры «Теоретические основы
электротехники и энергетики»
__13__ __01__ 2026 г.

_____ К.К. Ким