Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 23.05.2026 11:18:19
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

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

Факультет урбанистики и городского хозяйства

УТВЕРЖДАЮ
Декан
_____/К.И. Лушин/
26 февраля 2026 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Использование низкопотенциальных источников теплоты»

Направление подготовки
13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

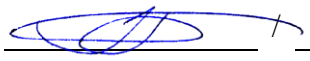
Профиль
Распределенная тепловая энергетика

Квалификация
Магистр

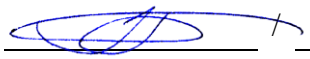
Формы обучения
Очная

Москва, 2026 г.

Разработчик:

Заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика», к.т.н., доцент  / Л.А. Марюшин /
И.О. Фамилия

Согласовано:

Заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика», к.т.н., доцент  / Л.А. Марюшин /
И.О. Фамилия

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине ... 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы ... 5
3. Структура и содержание дисциплины ... 5
   - 3.1. Виды учебной работы и трудоемкость ... 5
   - 3.2. Тематический план изучения дисциплины ... 6
   - 3.3. Содержание дисциплины ... 6
   - 3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий ... 7
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение ... 8
   - 4.1. Нормативные документы и ГОСТы ... 8
   - 4.2. Основная литература ... 8
   - 4.3. Дополнительная литература ... 8
   - 4.4. Электронные образовательные ресурсы ... 9
   - 4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение ... 9
   - 4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы ... 9
5. Материально-техническое обеспечение ... 10
6. Методические рекомендации ... 10
   - 6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения ... 10
   - 6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины ... 11
7. Фонд оценочных средств ... 11
   - 7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения ... 11
   - 7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения ... 12
   - 7.3. Оценочные средства ... 13

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К основным целям освоения дисциплины «Использование низкопотенциальных источников теплоты» следует отнести:

– формирование знаний о современных принципах, методах и средствах использования низкопотенциальных источников теплоты в системах энергоснабжения;

– изучение способов повышения эффективности методов использования низкопотенциальных источников теплоты в системах энергоснабжения, выработка навыков у студентов самостоятельно формулировать и решать задачи определения их технических параметров в составе энергетических систем и комплексов.

– подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой магистра по направлению, в том числе формирование умений по выявлению необходимых усовершенствований и разработке новых, более эффективных методов использования низкопотенциальных источников теплоты в системах энергоснабжения при их проектировании и эксплуатации.

К основным задачам освоения дисциплины «Использование низкопотенциальных источников теплоты» следует отнести:

– выработать навыки у студентов самостоятельно формулировать задачи использования низкопотенциальных источников теплоты;

– научить мыслить системно на примерах повышения эффективности использования низкопотенциальных источников теплоты при реализации технологических процессов получения энергии;

– научить анализировать существующие методы использования низкопотенциальных источников теплоты, разрабатывать и внедрять необходимые изменения в их методике с позиций повышения эффективности;

– дать информацию о новых направлениях в совершенствовании данных методов в отечественной и зарубежной практике, развивать способности объективно оценивать преимущества и недостатки методов использования низкопотенциальных источников теплоты в системах энергоснабжения, как отечественных, так и зарубежных;

– научить анализировать параметры технических систем с точки зрения мероприятий по использованию низкопотенциальных источников теплоты, производить поиск оптимизационного решения с помощью всевозможных методов.

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен:

– знать основные методы модернизации технологического оборудования; методы проведения технических расчетов по проектам;

– уметь формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с модернизацией технологического оборудования и систем; проводить технические расчеты по проектам; выполнять технико-экономический и функционально-стоимостной анализ эффективности проектных решений; использовать прикладное программное обеспечение для расчета параметров и выбора серийного, и разработки нового теплоэнергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования;

– владеть методами улучшения эксплуатационных характеристик энергетического оборудования и систем, повышению экологической безопасности, экономии ресурсов; методами разработки нового теплоэнергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования и систем.

Обучение по дисциплине «Использование низкопотенциальных источников теплоты» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Способность к разработке концепций и проведению теплотехнических расчетов объектов профессиональной деятельности.	ИПК-1.1. Использует нормативно-техническую документацию при выполнении отдельных разделов проектов. ИПК-1.2. Проводит выбор наилучших схем теплотехнических систем и конструкций теплотехнических аппаратов

	при выполнении отдельных разделов проектов. ИПК-1.3. Участвует в проведении авторского надзора при проведении работ по выполнению проекта. ИПК-1.4. Применяет типовых и новых проектных решений для соблюдения требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Использование низкопотенциальных источников теплоты» относится к числу элективных дисциплины «Блок 1. Дисциплины (модули)».

«Использование низкопотенциальных источников теплоты» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

– Проектирование и эксплуатация систем отопления и вентиляции;
– Современные проблемы теплоэнергетики, теплотехники и теплотехнологий;
– Проектирование и эксплуатация теплоэнергетических установок;
– Проектирование и эксплуатация источников и систем теплоснабжения;
– Проблемы энерго- и ресурсосбережения в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологии.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет по очной форме обучения **4** зачетные единицы (**144** часов), по заочной форме обучения **4** зачетные единицы (**144** часов).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

(по формам обучения)

3.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры	
			2	
1	**Аудиторные занятия**	**36**	36	
	В том числе:			
1.1	Лекции	**18**	18	
1.2	Семинарские/практические занятия	**18**	18	
1.3	Лабораторные занятия	**-**	-	
2	**Самостоятельная работа**	**108**	108	
3	**Промежуточная аттестация**			
	Зачет/диф.зачет/экзамен	**экзамен**	экзамен	
	Итого	**144**	144	

3.2 Тематический план изучения дисциплины

(по формам обучения)

3.2.1. Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	Тема 1. Введение.	**24**	3	3	-	-	18
2	Тема 2. Технологические схемы использования низкопотенциальной теплоты тепловыми насосами, опыт их эксплуатации.	**24**	3	3	-	-	18
3	Тема 3. Реализация энергосберегающих технологий на основе тепловых насосов. Перспективные направления их использования.	**24**	3	3	-	-	18
4	Тема 4. Проекты ТНУ	**24**	3	3	-	-	18
5	Тема 5. Экономика использования низкопотенциальной теплоты.	**24**	3	3	-	-	18
6	Тема 6. Потенциал развития рынка тепловых насосов.	**24**	3	3	-	-	18
	Итого	**144**	**18**	**18**	**-**	**-**	**108**

3.3 Содержание дисциплины

Тема 1. Введение.

Машины и системы низкопотенциальной энергетики. Основные принципы использования нетрадиционных источников тепловых ресурсов для получения холода, теплоты и электроэнергии. Парокомпрессорные тепловые насосы. Резорбционно-компрессорные тепловые насосы. Абсорбционные повышающие термотрансформаторы. Абсорбционные понижающие тепловые трансформаторы. Российские абсорбционные бромистолитиевые холодильные машины и тепловые насосы нового поколения.

Тема 2. Технологические схемы использования низкопотенциальной теплоты тепловыми насосами, опыт их эксплуатации.

Рациональные технологические схемы теплоснабжения с различными типами тепловых насосов. Схемы подогрева подпиточной сетевой воды на ТЭЦ. Схемы подогрева сетевой воды для коммунального теплоснабжения с использованием тепла обратной сетевой воды. Схема использования утилизации тепла охлаждающей воды технологических печей для промышленного тепло снабжения. Схемы использования утилизации тепла воды, охлаждающей конденсаторы турбин на ТЭЦ и ТЭС. Схема централизованного использования теплоснабжения с ТН на КЭС и ЦТП. Схема использования энергетических ресурсов зоны кольцевой автодороги (МКАД) для обогрева дорожного полотна и теплоснабжения жилищно–коммунальных объектов. Схема организации теплоснабжения городского квартала с

использованием низкопотенциального тепла речной воды. Схема использования теплонасосных систем для уменьшения теплового загрязнения прудов–охладителей АЭС. Теплонасосная установка для отопления жилого дома. Теплонасосная установка утилизации тепла канализационных стоков.

Тема 3. Реализация энергосберегающих технологий на основе тепловых насосов. Перспективные направления их использования.

Новые технологии. Технологическая схема утилизации низкопотенциального тепла шахтных вод. Использование тепла загрязненных стоков. Технология утилизации низкопотенциального тепла загрязненных шахтных вод. Утилизация тепла шахтных вод с использованием спиральных теплообменников. Утилизация тепла шахтных вод с использованием тонкослойных отстойников. Технология утилизации низкопотенциального тепла загрязненных хозбытовых стоков с использованием тепловых насосов

Тема 4. Проекты ТНУ.

Модель и алгоритм оптимизации эколого–энергетических параметров теплоснабжения угольной шахты с утилизацией низкопотенциального тепла тепловыми насосами. Технология утилизации низкопотенциального тепла оборотной воды компрессорной станции на шахте. Автоматизированная система управления тепловым режимом процесса очистки хозбытовых стоков в установках ТАБС-15 с применением тепловых насосов. Технологический комплекс утилизации низкопотенциального тепла шахтной воды. Опытно–промышленная технология утилизации низкопотенциального тепла. Технология утилизации низкопотенциального тепла загрязненных хозяйственно–бытовых стоков для отопления и горячего водоснабжения РНС-3.

Тема 5. Экономика использования низкопотенциальной теплоты.

Определение экономии энергии при использовании тепловых насосов. Оценка эффективности использования тепловых насосов. Энергетическая эффективность парокомпрессионных тепловых насосов. Методика расчета технико–экономической эффективности использования ТНТ в сфере ЖКХ.

Тема 6. Потенциал развития рынка тепловых насосов.

Классификация тепловых насосов для обогрева жилых и нежилых помещений. Мировой рынок тепловых насосов для обогрева жилых и нежилых помещений. Объем и темпы прироста рынка тепловых насосов для обогрева жилых и нежилых помещений в России. Анализ производства тепловых насосов в России. Импортно-экспортные операции с тепловыми насосами для обогрева жилых и нежилых помещений в России. Основные события, тенденции и перспективы развития рынка тепловых насосов для обогрева жилых и нежилых помещений в России. Финансово-хозяйственная деятельность и планы развития крупнейших игроков рынка ТНУ.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

Семинарские/практические занятия

Тема 1. Введение

Тема 2. Технологические схемы использования низкопотенциальной теплоты тепловыми насосами, опыт их эксплуатации.

Тема 3. Реализация энергосберегающих технологий на основе тепловых насосов. Перспективные направления их использования.

Тема 4. Проекты ТНУ.

Тема 5. Экономика использования низкопотенциальной теплоты.

Тема 6. Потенциал развития рынка тепловых насосов.

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ Р 54531-2011. Нетрадиционные технологии. Возобновляемые и альтернативные источники энергии.
2. ГОСТ 19431-2023. Энергетика и электрификация.
3. ГОСТ Р 58092.1-2018. Системы накопления электрической энергии.
4. ГОСТ 30645-99. Энергосбережение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии.

4.2 Основная литература

1. Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин, тепловых насосов и термотрансформаторов. Ч. 2. Расчет роторных компрессоров холодильных машин: учебное пособие [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.Н. Носков [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2016. — 95 с.
2. Протасевич А.М. Энергосбережение в системах теплогазоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Минск: Новое знание, 2012. — 286 с.
3. Кудинов А.А. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях [Электронный ресурс] / А.А. Кудинов, С.К. Зиганшина. — Электрон. дан. — Москва: Машиностроение, 2011. — 374 с.
4. Кирсанов Ю.А. Циклические тепловые процессы и теория теплопроводности в регенеративных воздухоподогревателях [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва: Физматлит, 2007. — 240 с.
5. Липин А.Г. Энергосбережение в сушильных установках [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Иваново: ИГХТУ, 2012. — 48 с.

4.3 Дополнительная литература

1. Сериков С.В., Ильина Т.Н. Утилизация тепла уходящих газов котельной установки в системе воздушного отопления. Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова - 2013г. №4.
2. Титков Д.Г. Повышение энергоэффективности тепловых насосов при их использовании в системе утилизации теплоты удаляемого воздуха. Строительство: наука и образование. 2012. № 4. - С. 4.
3. Дзино А.А. Тепловые насосы и термотрансформаторы: учебно-методическое пособие [Электронный ресурс]: учеб.-метод. пособие / А.А. Дзино, О.С. Малинина. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2015. — 68 с.
4. Черноусов П.И. Рециклинг. Технологии переработки и утилизации техногенных образований и отходов в черной металлургии [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва: МИСИС, 2011. — 428 с.
5. Кашкаров А.П. Современные био-, бензо-, дизель-генераторы и другие полезные конструкции [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Москва: ДМК Пресс, 2011. — 136 с.
6. Быстрицкий Г.Ф. Справочная книга по энергетическому оборудованию предприятий и общественных зданий [Электронный ресурс]: справ. / Г.Ф. Быстрицкий, Э.А. Киреева. — Электрон. дан. — Москва: Машиностроение, 2011. — 592 с.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

Проведение занятий и аттестаций возможно в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS) на основе разработанных кафедрой электронных образовательных ресурсов (ЭОР) по всем разделам программы:

Название ЭОР	Ссылка
Использование низкопотенциальных источников теплоты	https://online.mospolytech.ru/local/crw/course.php?id=4228

Разработанный ЭОР включает в себя: лекционный и практический материал; самостоятельную работу; видеоматериалы; промежуточный и итоговый тесты.

Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

Каждый студент обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронным библиотекам университета *(*http://lib.mami.ru/lib/content/elektronnyy-katalog*)*.

Ссылка на электронную библиотеку:
https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=7621&section=1

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. МойОфис – российская компания-разработчик безопасных офисных решений для общения и совместной работы с документами (Альтернатива MS Office) https://myoffice.ru/
2. Платформа nanoCAD – это российская платформа для проектирования и моделирования объектов различной сложности. Поддержка форматов *.dwg и IFC делает ее отличным решением для совмещения САПР- и BIM-технологий. Функционал платформы может быть расширен с помощью специальных модулей https://www.nanocad.ru/support/education/
3. Система трехмерного моделирования «КОМПАС-3D» https://edu.ascon.ru/main/download/freeware/
4. VALTEC.PRG.3.1.3. Программа для теплотехнических и гидравлических расчетов https://valtec.ru/document/calculate/
5. Онлайн расчеты АВОК-СОФТ https://soft.abok.ru/help_desk/

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Российская национальная библиотека http://www.nlr.ru
2. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» https://biblioclub.ru/index.php
3. Научная электронная библиотека http://www.elibrary.ru
4. Российская государственная библиотека http://www.rsl.ru
5. Образовательная платформа ЮРАЙТ http://www.urait.ru
6. «Техэксперт» – справочная система, предоставляющая нормативно-техническую, нормативно-правовую информацию https://техэксперт.сайт/
7. НП «АВОК» – помощник инженера по отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизике https://www.abok.ru/

8. Е-ДОСЬЕ – Электронный эколог. Независимая информация о российских организациях, база нормативных документов и законодательных актов https://e-ecolog.ru/
9. Инженерная сантехника VALTEC (каталог продукции и нормативная документация) https://valtec.ru/

5. Материально-техническое обеспечение

Для проведения лекционных занятий используются аудитории, оснащенные компьютерами, интерактивными досками, мультимедийными проекторами и экранами: АВ2404, АВ2415 и аудитории общего фонда. Для проведения семинарских и лабораторных работ используются аудитории: АВ2406, АВ1101 и аудитории корпуса УРБАН.ТЕХНОГРАД Инновационно-образовательном комплексе «Техноград», который расположен на территории ВДНХ.

6. Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

6.1.1 Преподаватель организует преподавание дисциплины в соответствии с требованиями «Положения об организации образовательного процесса в Московском политехническом университете и его филиалах», утверждённым ректором университета.

6.1.2 На первом занятии преподаватель доводит до сведения студентов содержание рабочей программы дисциплины (РПД).

6.1.3 Преподаватель особенно обращает внимание студентов на:

- виды и формы проведения занятий по дисциплине, включая порядок проведения занятий с применением технологий дистанционного обучения и системы дистанционного обучения университета (СДО Московского Политеха);
- виды, содержание и порядок проведения текущего контроля успеваемости в соответствии с фондом оценочных средств;
- форму, содержание и порядок проведения промежуточной аттестации в соответствии с фондом оценочных средств, предусмотренным РПД.

6.1.4 Преподаватель доводит до сведения студентов график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД.

6.1.5 Преподаватель рекомендует студентам основную и дополнительную литературу.

6.1.6 Преподаватель предоставляет перед промежуточной аттестацией (экзаменом или зачётом) список вопросов для подготовки.

6.1.7 Преподаватели, которые проводят лекционные и практические (семинарские) занятия, согласуют тематический план практических занятий, чтобы использовать единую систему обозначений, терминов, основных понятий дисциплины.

6.1.8 При подготовке к семинарскому занятию по перечню объявленных тем преподавателю необходимо уточнить план их проведения, согласно РПД, продумать формулировки и содержание учебных вопросов, выносимых на обсуждение, ознакомиться с перечнем вопросов по теме семинара.

В ходе семинара во вступительном слове раскрыть практическую значимость темы семинарского занятия, определить порядок его проведения, время на обсуждение каждого учебного вопроса. Использовать фронтальный опрос давая возможность выступить всем студентам, присутствующим на занятии.

В заключительной части семинарского занятия следует подвести итоги: дать оценку выступлений каждого студента и учебной группы в целом. Раскрыть положительные стороны и недостатки проведенного семинарского занятия. Ответить на вопросы студентов. Выдать задания для самостоятельной работы по подготовке к следующему занятию.

6.1.9 Целесообразно в ходе защиты рефератов, лабораторных работ, курсовых работ и проектов задавать выступающим и аудитории дополнительные и уточняющие вопросы с целью выяснения их позиций по существу обсуждаемых проблем.

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО Московского Политеха).

6.1.10 Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

6.2.1 Студенту необходимо составить для себя график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД с учётом требований других дисциплин, изучаемых в текущем семестре.

6.2.2 При проведении занятий и процедур текущей и промежуточной аттестации с использованием инструментов информационной образовательной среды дистанционного образования университета (СДО Московского Политеха), как во время контактной работы с преподавателем, так и во время самостоятельной работы студент должен обеспечить техническую возможность дистанционного подключения к системам дистанционного обучения. При отсутствии такой возможности обсудить ситуацию с преподавателем дисциплины.

6.2.3 К промежуточной аттестации допускаются только обучающиеся, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой дисциплины (РПД).

7. Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Контроль успеваемости и качества подготовки проводится в соответствии с требованиями "Положения об организации образовательного процесса в Московском политехническом университете".

Для контроля успеваемости и качества освоения дисциплины настоящей программой предусмотрены следующие виды контроля:

– контроль текущей успеваемости (текущий контроль);

– промежуточная аттестация.

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

– подготовка и выступление на семинарском занятии с докладом и обсуждением;

– экзамен.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы, для контроля освоения обучающимися разделов дисциплины – решение задач.

Образцы тестовых заданий, контрольных вопросов и заданий для проведения текущего контроля, экзаменационных билетов, приведены в приложении.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Использование низкопотенциальных источников теплоты».

Шкала оценивания	Описание
Отлично	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.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.
Неудовлетворительно	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.

7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

Для проведения текущего контроля применяются следующие формы: разноуровневые задачи и задания; доклад, сообщение; устный опрос, собеседование.

7.3.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится на соответствующих формам обучения семестрах в форме экзамена.

Экзамен проводится по билетам, ответы предоставляются письменно с последующим устным собеседованием. Билеты формируются из вопросов представленного ниже перечня. В билет включается два вопроса из разных разделов дисциплины и одно практическое задание. Перечень вопросов соответствует темам, изученным на лекционных и семинарских занятиях (прилагается). Время на подготовку письменных ответов – до 40 мин, устное собеседование – до 10 минут.

7.3.3. Вопросы для экзамена

1. Машины и системы низкопотенциальной энергетики.
2. Основные принципы использования нетрадиционных источников тепловых ресурсов для получения холода, теплоты и электроэнергии.
3. Парокомпрессорные тепловые насосы.
4. Резорбционно-компрессорные тепловые насосы.
5. Абсорбционные повышающие термотрансформаторы.
6. Абсорбционные понижающие тепловые трансформаторы.
7. Российские абсорбционные бромистолитиевые холодильные машины и тепловые насосы нового поколения.
8. Рациональные технологические схемы теплоснабжения с различными типами тепловых насосов.
9. Схемы подогрева подпиточной сетевой воды на ТЭЦ.
10. Схемы подогрева сетевой воды для коммунального теплоснабжения с использованием тепла обратной сетевой воды.
11. Схема использования утилизации тепла охлаждающей воды технологических печей для промышленного тепло снабжения.
12. Схемы использования утилизации тепла воды, охлаждающей конденсаторы турбин на ТЭЦ и ТЭС.
13. Схема централизованного использования теплоснабжения с ТН на КЭС и ЦТП.
14. Схема использования энергетических ресурсов зоны кольцевой автодороги (МКАД) для обогрева дорожного полотна и теплоснабжения жилищно–коммунальных объектов.
15. Схема организации теплоснабжения городского квартала с использованием низкопотенциального тепла речной воды.
16. Схема использования теплонасосных систем для уменьшения теплового загрязнения прудов–охладителей АЭС.
17. Теплонасосная установка для отопления жилого дома.
18. Теплонасосная установка утилизации тепла канализационных стоков.
19. Новые технологии утилизации тепла.
20. Технологическая схема утилизации низкопотенциального тепла шахтных вод.
20. Использование тепла загрязненных стоков.
21. Технология утилизации низкопотенциального тепла загрязненных шахтных вод.
22. Утилизация тепла шахтных вод с использованием спиральных теплообменников.
23. Утилизация тепла шахтных вод с использованием тонкослойных отстойников.

24. Технология утилизации низкопотенциальнгого тепла загрязненных хозбытовых стоков с использованием тепловых насосов.

25. Модель и алгоритм оптимизации эколого–энергетических параметров теплоснабжения угольной шахты с утилизацией низкопотенциального тепла тепловыми насосами.

26. Технология утилизации низкопотенциального тепла оборотной воды компрессорной станции на шахте.

27. Автоматизированная система управления тепловым режимом процесса очистки хозбытовых стоков в установках ТАБС-15 с применением тепловых насосов.

28. Технологический комплекс утилизации низкопотенциальнгого тепла шахтной воды.

29. Опытно – промышленная технология утилизации низкопотенциального тепла.

30. Технология утилизации низкопотенциального тепла загрязненных хозяйственно–бытовых стоков для отопления и горячего водоснабжения РНС-3.

31. Определение экономии энергии при использовании тепловых насосов.

32. Оценка эффективности использования тепловых насосов.

33. Энергетическая эффективность парокомпрессионных тепловых насосов.

34. Методика расчета технико–экономической эффективности использования ТНТ в сфере ЖКХ.

35. Классификация тепловых насосов для обогрева жилых и нежилых помещений.

36. Мировой рынок тепловых насосов для обогрева жилых и нежилых помещений.

37. Объем и темпы прироста рынка тепловых насосов для обогрева жилых и нежилых помещений в России.

38. Анализ производства тепловых насосов в России.

39. Импортно-экспортные операции с тепловыми насосами для обогрева жилых и нежилых помещений в России.

40. Основные события, тенденции и перспективы развития рынка тепловых насосов для обогрева жилых и нежилых помещений в России.

41. Финансово-хозяйственная деятельность и планы развития крупнейших игроков рынка ТНУ.

42. Методика расчета ТНУ.

43. Оптимизация конструкций теплоутилизационных установок.

44. Комбинированные ТНУ для систем отопления.

Приложение 1

Перечень практических работ:

1. Расчет конструкции теплового насоса;
2. Расчет теплоутилизационной установки для перерабатывающего предприятия;
3. Расчет теплоутилизационной установки для транспортного предприятия;
4. Расчет теплоутилизационной установки для утилизации теплоты уходящих газов на ТЭЦ;
5. Расчет теплоутилизационной установки для административного здания;
6. Расчет ТНУ с пластинчатым теплоутилизатором.

Приложение 2

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Проблемы теплоснабжения в коммунальном хозяйстве, пути их решения с использованием тепловых насосов.
2. Энергосбережение и экологические проблемы топливно–энергетического комплекса.
3. Применение тепловых насосов – основной путь снижения энергоемкости производства.
4. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России.
5. Эксергенический метод термодинамического анализа.
6. Тепловые отходы предприятий промышленности, их классификация и возможность утилизации.

Приложение 3

Примеры задач для семинарских занятий

Задача 1. Пример расчета теплового насоса.

Исходные условия: теплопотребность коттеджа площадью 120–240 м^2 (в зависимости от теплоизоляции) – 12 кВт; температура воды в системе отопления должна быть 35 °С; минимальная температура теплоносителя – 0 °С. Для обогрева здания выбран тепловой насос мощностью 14,5 кВт (ближайший больший типоразмер), затрачивающий на нагрев фреона 3,22 кВт. Теплосъем с поверхностного слоя грунта (сухая глина) q равняется 20 Вт/м. В соответствии с показанными выше формулами рассчитываем:

1) требуемую тепловую мощность коллектора:

$Q_o = 14,5 – 3,22 = 11,28$ кВт;

2) суммарную длину труб:

$L = Q_o/q = 11,28/0,020 = 564$ м.

Для организации такого коллектора потребуется 6 контуров длиной по 100 м;

3) при шаге укладки 0,75 м необходимая площадь участка:

$A = 600 \times 0,75 = 450$ м^2;

4) общий расход гликолевого раствора:

$V_s = 11,28 \cdot 3600 / (1,05 \cdot 3,7 \cdot 3) = 3,484$ м^3/ч,

расход на один контур равен 0,58 м^3/ч. Для устройства коллектора выбираем металлопластиковую трубу типоразмера 32 (например, РЕ32×2). Потери давления в ней составят 45 Па/м; сопротивление одного контура – примерно 7 кПа; скорость потока теплоносителя – 0,3 м/с.

Задача 2. Расчет горизонтального коллектора теплового насоса

Съем тепла с каждого метра трубы зависит от многих параметров: глубины укладки, наличия грунтовых вод, качества грунта и т.д. Ориентировочно можно считать, что для горизонтальных коллекторов он составляет 20 Вт/м. Более точно: сухой песок – 10, сухая глина – 20, влажная глина – 25, глина с большим содержанием воды – 35 Вт/м. Разницу температуры теплоносителя в прямой и обратной линии петли при расчетах принимают обычно равной 3 °С. На участке над коллектором не следует возводить строений, чтобы тепло земли пополнялось за счет солнечной радиации. Минимальное расстояние между проложенными трубами должно быть 0,7–0,8 м. Длина одной траншеи составляет обычно от 30 до 120 м. В качестве теплоносителя первичного контура рекомендуется использовать 25-процентный раствор гликоля. В расчетах следует учесть, что его теплоемкость при температуре 0 °С составляет 3,7 кДж/(кг·К), плотность – 1,05 г/см^3. При использовании антифриза потери давления в трубах в 1,5 раза больше, чем при циркуляции воды. Для расчета параметров первичного контура теплонасосной установки потребуется определить расход антифриза:

$$Vs=Qo\cdot 3600/(1{,}05\cdot 3{,}7\cdot \Delta t),$$

где:

Δt – разность температур между подающей и возвратной линиями, которую часто принимают равной 3 К,

Qo – тепловая мощность, получаемая от низкопотенциального источника (грунт).

Последняя величина рассчитывается как разница полной мощности теплового насоса Qwp и электрической мощности, затрачиваемой на нагрев фреона P:

Qo=Qwp–P, кВт.

Суммарная длина труб коллектора L и общая площадь участка под него A рассчитываются по формулам:

L=Qo/q,

A=L·da.

Здесь q – удельный (с 1 м трубы) теплосъем;

da – расстояние между трубами (шаг укладки).

Задача 3. Расчет зонда

При использовании вертикальных скважин глубиной от 20 до 100 м в них погружаются U-образные металлопластиковые или пластиковые (при диаметрах выше 32 мм) трубы. Как правило, в одну скважину вставляется две петли, после чего она заливается цементным раствором. В среднем удельный теплосъем такого зонда можно принять равным 50 Вт/м. Можно также ориентироваться на следующие данные по теплосъему:

- сухие осадочные породы – 20 Вт/м;
- каменистая почва и насыщенные водой осадочные породы – 50 Вт/м;
- каменные породы с высокой теплопроводностью – 70 Вт/м;
- подземные воды – 80 Вт/м.

Температура грунта на глубине более 15 м постоянна и составляет примерно +10 °С. Расстояние между скважинами должно быть больше 5 м. При наличии подземных течений, скважины должны располагаться на линии, перпендикулярной потоку. Подбор диаметров труб проводится исходя из потерь давления для требуемого расхода теплоносителя. Расчет расхода жидкости может проводиться для t = 5 °С. Пример расчета. Исходные данные – те же, что в приведенном выше расчете горизонтального коллектора. При удельном теплосъеме зонда 50 Вт/м и требуемой мощности 11,28 кВт длина зонда L должна составить 225 м. Для устройства коллектора необходимо пробурить три скважины глубиной по 75 м. В каждой из них размещаем по две петли из металлопластиковой трубы типоразмера 25 (PE25×2.0); всего – 6 контуров по 150 м.

Общий расход теплоносителя при $\Delta t = 5$ °С составит 2,1 $м^3$/ч; расход через один контур – 0,35 $м^3$/ч. Контуры будут иметь следующие гидравлические характеристики: потери давления в трубе – 96 Па/м (теплоноситель – 25-процентный раствора гликоля); сопротивление контура – 14,4 кПа; скорость потока – 0,3 м/с.