

Белорусский государственный университет

Учреждение образования

**«Международный государственный экологический институт
имени А.Д. Сахарова»**

Белорусского государственного университета

Утверждаю
Заместитель директора
по учебной и воспитательной работе
В.И. Красовский
2016
Регистрационный № УД-606-16/уч.



ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

**Учебная программа учреждения высшего образования по учебной
дисциплине для специальности**

1-43 01 06 «Энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент»

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта, утвержденного постановлением МО №88 от 30.08.2013 г. и учебного плана учреждения высшего образования по специальности «Энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент» рег. №42-14/уч. от 01.09.2014 г.

СОСТАВИТЕЛЬ: О.Л. Миранович, доцент кафедры энергоэффективных технологий учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, кандидат технических наук, доцент;

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой энергоэффективных технологий учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (протокол № 12 от 24.04. 2016 г.)

Советом факультета учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (протокол № 10 от 30.06. 2016 г.)

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа по дисциплине «Геотермальная энергетика» разработана в соответствии с учебным планом по специальности 1-43 01 06 «Энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент».

Собственная сырьевая база Республики Беларусь не в состоянии удовлетворить текущие и перспективные потребности народного хозяйства республики по топливно-энергетическим ресурсам. Около 80 % энергетических ресурсов Республика Беларусь импортирует и поэтому имеет постоянную зависимость от экспортных поставок, влияющих на стоимость и конкурентоспособность продукции отечественных предприятий. Одним из эффективных решений этой проблемы является применение нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, среди которых важное значение имеет геотермальная энергетика. Результаты анализа геотермального потенциала свидетельствуют о перспективности развития этого направления для нашей страны.

Эффективное применение возобновляемых источников энергии, в том числе геотермальной, требует высококвалифицированных кадров в этой области, которые готовятся в рамках специальности «Энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент». Поэтому изучение дисциплины «Геотермальная энергетика», которая относится к дисциплинам специализации, является необходимым элементом формирования базовых знаний студентов в рассматриваемой предметной области.

Геотермальная энергетика - обширная область знаний, которая включает в себя вопросы, связанные с геотермальными ресурсами земли, технологиями добычи геотермальных ресурсов, использованием геотермальных ресурсов для выработки тепловой и электрической энергии, тепловыми насосами и проектированием теплонасосных систем отопления и горячего водоснабжения.

Цель дисциплины – формирование у студентов системы знаний, умений и профессиональных компетенций в области геотермальной энергетике.

Задачи дисциплины:

- изучение особенностей использования энергии Земли, как источника энергии, методик оценки геотермального потенциала территорий;
- изучение типовых конструкций тепловых насосов;
- изучение основ проектирования тепловых насосов с учетом вопросов охраны окружающей среды;
- изучение особенностей эксплуатации и обслуживания тепловых насосов;
- изучение методик анализа экономической эффективности устройств реализующих технологию геотермальной энергетике.

В результате изучения дисциплины студент должен

знать:

- виды геотермальных ресурсов Земли;
- технологии добычи геотермальных ресурсов;
- принципы использования геотермальных ресурсов для выработки тепловой и электрической энергии;
- устройство тепловых насосов;
- принципы проектирования систем отопления и горячего водоснабжения с использованием энергии Земли.

владеть:

- методами расчета тепловых насосов и теплонасосных систем отопления и горячего водоснабжения;
- особенностями физических процессов, лежащих в основе работы тепловых насосов;
- современными методами расчета и программными средствами, применяемыми в области геотермальной энергетики.

уметь:

- оценивать геотермальный потенциал территорий;
- осуществлять оценку влияния геотермальных установок на окружающую среду, их размещения с учетом экологических и других требований и ограничений;
- осуществлять оценку экономической эффективности практического применения геотермальных .

Дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин: математики; теплопередачи; электротехники и промышленной электроники; производства, транспорта и потребления тепловой энергии; производства, транспорта и потребления электроэнергии; энергопотребления в зданиях и сооружениях; нетрадиционных и возобновляемых источников энергии; менеджмента возобновляемых источников энергии.

Формы получения высшего образования: очная и заочная.

Программа рассчитана на 144 часа, в том числе для очной формы обучения 68 аудиторных часов, из них: 34 часа на лекции, 16 – на практические занятия, 18 – лабораторные занятия. Для заочной формы обучения 16 аудиторных часов, из них: 8 часов на лекции, 4 – на практические занятия, 4 – на лабораторные занятия.

2. Содержание учебного материала

№ темы	НАИМЕНОВАНИЕ РАЗДЕЛА И ТЕМЫ, ВОПРОСЫ
1	<p>Введение. Современное состояние и перспективы геотермальной энергетики.</p> <p>Цели и задачи дисциплины, ее актуальность. Рекомендуемая литература. Основные понятия и определения. Современное состояние и перспективы геотермальной энергетики в мире. Геотермальные ресурсы недр Республики Беларусь.</p>
2	<p>Источники тепла в недрах земли и закономерности его передачи.</p> <p>Внутренняя структура Земли. Температуры на различных глубинах. Источники тепла в недрах Земли. Гелиотермическая и геотермическая зоны. Геотермальная энергия. Тепловые свойства горных пород. Теплопроводность. Тепловое сопротивление. Теплоемкость. Температуропроводность. Геотермический градиент.</p>
3	<p>Виды геотермальных ресурсов.</p> <p>Гидрогеотермальные и петрогеотермальные ресурсы. Эксплуатационные запасы и прогнозные ресурсы. Естественные и искусственные запасы. Привлекаемые ресурсы. Технологии извлечения гидрогеотермальных ресурсов. Технологии добычи геотермальных ресурсов. Использование геотермальных ресурсов для выработки тепловой и электрической энергии.</p>
4	<p>Физико-химические свойства подземных вод.</p> <p>Физические свойства подземных вод. Давление. Плотность. Сжимаемость. Температурное расширение. Вязкость. Химический состав подземных вод. Формы выражения химического состава (массовая, эквивалентная, процент-эквивалентная). Классификация вод по химическому составу. Газовый состав подземных вод. Классификация термальных вод по газовому составу. Сероводородно-углекислые. Углекислые. Азотные (щелочные). Метановые геотермальные воды.</p>
5	<p>Характеристика подземной гидросферы.</p> <p>Происхождение подземных вод. Условия залегания термальных подземных вод. Зональность. Теплоэнергетические воды. Типы месторождений теплоэнергетических вод</p>
6	<p>Нормативное и правовое регулирование использования геотермальных вод в Республике Беларусь.</p> <p>Требования законодательства о недрах к разработке месторождений полезных ископаемых. Категории эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов геотермальных вод. Принципы составления технико-экономических обоснований проектов геотермальной энергетики. Экологические требования при проектировании и размещении объектов геотермальной энергетики в Республике Беларусь.</p>
7	<p>Технологии добычи геотермальных ресурсов.</p> <p>Направления развития технологии освоения геотермальных ресурсов. Способы извлечения теплоносителя при разработке геотермальных месторождений. Конструкция и характеристики геотермальной скважины. Дебит и производительность скважины. Использование горизонтальных скважин. Геотермальные циркуляционные системы. Извлечение петрогеотермальной энергии.</p>

8	<p>Системы геотермального отопления и теплоснабжения. Принципиальные схемы геотермального теплоснабжения. С параллельной подачей термальной воды с пиковым догревом, с тепловым насосом, с промежуточными теплообменниками. Теплообменные аппараты. Разработка комплексные геотермальные системы теплоснабжения. Коррозия и солеотложения в системах геотермального теплоснабжения.</p>
9	<p>Использование геотермальных систем для выработки электроэнергии. Современное состояние геотермальной электроэнергетики. Направления использования геотермальной энергии для выработки электроэнергии. ГеоТЭС с непосредственным использованием природного пара. ГеоТЭС с конденсационной турбиной и прямым использованием природного пара. ГеоТЭС с бинарным циклом. Технологические схемы бинарных ГеоЭС.</p>
10	<p>Физические принципы получения холода и низких температур. Методы получения холода и низких температур. Процессы без фазовых переходов рабочего веществ. Процессы с фазовыми переходами рабочего вещества. Методы получения низких температур (расширение с получением внешней работы; расширение без получения внешней работы; химическая реакция; вихревой эффект; термоэлектрический эффект; адиабатное размагничивание парамагнетиков). Дросселирование и детандрирование.</p>
11	<p>Холодильные агенты и теплоносители теплонасосных систем. Требования, предъявляемые к холодильным агентам. Критерии выбора холодильного агента. Правила обозначения холодильных агентов и их смесей. Виды холодильных агентов.</p>
12	<p>Тепловые насосы. Виды тепловых насосов. Принцип работы и цикл парокompрессионного теплового насоса. Источники низкопотенциального тепла для тепловых насосов.</p>
13	<p>Теплоиспользующие холодильные машины и тепловые насосы. Абсорбционные тепловые насосы. Принцип работы, рабочие вещества и применение абсорбционных тепловых насосов.</p>
14	<p>Проектирование систем отопления и горячего водоснабжения зданий на основе тепловых насосов. Определение расхода тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение здания. Выбор режима и источника тепла для теплового насоса. Бивалентная точка. Расчет коллекторов горизонтальных и вертикальных грунтовых теплообменников. Технико-экономическое обоснование систем теплонасосного тепло- и горячего водоснабжения.</p>

3. Учебно-методическая карта учебной дисциплины. Форма получения знания – очная

Номер модуля, занятия	Название раздела темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Введение. Современное состояние и перспективы геотермальной энергетики.	2						Выборочный контроль на лекциях. Проверка конспектов лекций. Собеседование на защите практических и лабораторных работ.
2	Источники тепла в недрах земли и закономерности его передачи.	2						
3	Виды геотермальных ресурсов.	2						
4	Физико-химические свойства подземных вод	2						
5	Характеристика подземной гидросферы	2						
6	Нормативное и правовое регулирование использования геотермальных вод в Республике Беларусь	2						
7	Технологии добычи геотермальных ресурсов	4	4					
8	Системы геотермального отопления и теплоснабжения	2	4		2			
9	Использование геотермальных систем для выработки электроэнергии	2	4		4			
10	Физические принципы получения холода и низких температур	2						
11	Холодильные агенты и теплоносители теплонасосных систем	2			4			
12	Тепловые насосы	4			4			
13	Теплоиспользующие холодильные машины и	2			4			

	тепловые насосы							
14	Проектирование систем отопления и горячего водоснабжения зданий на основе тепловых насосов	4	4					
ИТОГО		34	16		18			Зачет

Учебно-методическая карта учебной дисциплины. Форма получения знания - заочная

Номер модуля, занятия	Название раздела темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Источники тепла в недрах земли и закономерности его передачи.	1						Выборочный контроль на лекциях. Проверка конспектов лекций. Собеседование на защите практических и лабораторных работ.
2	Физико-химические свойства подземных вод	1						
3	Характеристика подземной гидросферы	1						
4	Нормативное и правовое регулирование использования геотермальных вод в Республике Беларусь	1						
5	Технологии добычи геотермальных ресурсов		1		1			
6	Системы геотермального отопления и теплоснабжения	1	1					
7	Использование геотермальных систем для выработки электроэнергии		1		1			
8	Холодильные агенты и теплоносители теплонасосных систем	1			1			
9	Теплоиспользующие холодильные машины и тепловые насосы	1			1			

10	Проектирование систем отопления и горячего водоснабжения зданий на основе тепловых насосов	1	1					
ИТОГО		8	4		4			Зачет

4. Информационно-методическая часть

Основная литература

1. Алхасов, А.Б. Геотермальная энергетика: проблемы, ресурсы, технологии / А.Б. Алхасов. – М.: Физматлит, 2008. – 376 с.
2. Шпак, А.А. Методы изучения и оценки геотермальных ресурсов / А.А. Шпак, И.М. Мелькановицкий, И.М. Сережников. – М.: Недра, 1992. – 316 с.
3. Проценко, В.П. Тепловые насосы: учеб. пособие / В.П. Проценко, В.К. Сафонов, Д.К. Ларкин. – М.: ВОТКЗПИ. – 1984.
4. Амерханов, Р.А. Тепловые насосы / Р.А. Амерханов. – М.: Энергоатомиздат, 2005. – 160 с.
5. Соколов, Е.Я. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения: учеб. пособие для вузов / Е.Я. Соколов, В.М. Бродянский. – М.: Энергоиздат, 1981. – 320 с.
6. Мартынов, А.В. Установки для трансформации тепла и охлаждения: сборник задач: учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат. – 200 с.
7. Янтовский, Е.И. Парокомпрессионные теплонасосные установки / Е.И. Янтовский, Ю.В. Пустовалов. – М.: Энергоиздат, 1982. – 144 с.
8. Янтовский, Е.И. Промышленные тепловые насосы / Е.И. Янтовский, Л.А. Левин. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 128 с.
9. Хаинрих, Г. Теплонасосные установки для отопления и горячего водоснабжения / Г. Хайнрих, Х. Найорк, В. Нестлер; пер. с нем. Н.Л. Кораблевой, Е.Ш. Фельдмана; под ред. Б.К. Явнеля. – М.: Стройиздат, 1985. – 351 с.
10. Энергосбережение и возобновляемые источники энергии: учебно-методическое пособие, под ред. С.П. Кундаса.- Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2011.-160 с.
11. Везиришвили, О.Ш. Энергосберегающие теплонасосные системы тепло- и хладоснабжения / О.Ш. Везиришвили, Н.В. Меладзе. – М.: Изд-во МЭИ, 1994. – 160 с.
12. Рей, Д. Тепловые насосы / Д. Рей, Д. Макмайкл. – М.: Энергоиздат, 1982. – 224 с.
13. М.А. Каганов. Термоэлектрические тепловые насосы (теоретические основы расчета) / М.А. Каганов, М.Р. Привин. – Л.: Энергия, 1970.
14. Галимова, Л.В. Абсорбционные холодильные машины и тепловые насосы: учеб. пособие. – Астрахань. – Изд-во АГТУ, 1997. – 226 с.
15. Т.В. Морозюк Теория холодильных машин и тепловых насосов. – Одесса, Неогоциант, 2006. – 712 с.
16. Трубаев, П.А. Тепловые насосы: учеб. пособие / П.А. Трубаев, Б.М. Гришко. – Белгород, 2009. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. – 142 с.
17. Oxner, K. Geothermal Heat Pumps. A Guide for Planning and Installing. – London – Sterling, VA: Earthscan, 2007. – 167 с.

18. Geothermal energy. Utilization and technology / ed. by M.H. Dickson and M. Fanalli. – UNESCO, 2003.

Дополнительная литература

1. Справочник по проектированию и монтажу тепловых насосов. – Buderus, 2005.
2. Vitocal 300/350. Тепловые насосные установки. Инструкция по проектированию. – Viessmann, 2004.
3. Информация для проектирования. Электрические тепловые насосы geoTHERM.
4. Возобновляемые источники энергии. С.П. Кундас, С.С Позняк, Л.В.Шенец. – Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2009г. – 390 с.

Средства обеспечения освоения дисциплины

1. Система кондиционирования воздуха Toshiba (в режиме теплового насоса).
2. Тепловой насос типа «вода–вода».
3. Тепловой насос Vailant.

Перечень практических и лабораторных занятий

Практические занятия

№ темы	Наименование тем практических занятий
1.	Термодинамические циклы парокомпрессионных тепловых насосов.
2.	Расчет параметров теплонасосных установок
3.	Решение задач по теме «Парожидкостные холодильные и теплонасосные установки»
4.	Расчет грунтовых теплообменников первичного контура теплонасосных установок

Лабораторные работы

№ темы	Наименование тем лабораторных занятий
1.	Исследование термодинамических циклов тепловых насосов
2.	Исследование работы теплового насоса типа «воздух-воздух»
3.	Исследование работы теплового насоса типа «вода–вода»
4.	Исследование температурных полей первого контура теплонасосной установки «рассол-вода»

Характеристика инновационных подходов

Итоговой формой отчетности по дисциплине является зачет.

Основными методами (технологиями) обучения, отвечающими целям изучения дисциплины, являются:

- элементы проблемного обучения (проблемное изложение, частично-поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;
- элементы учебно-исследовательской деятельности, творческий подход, реализуемые, на практических и лабораторных занятиях

Описание используемых средств диагностики

В вузовской системе управления качеством образования (системе менеджмента качества по СТБ ИСО 9001:2001) осуществляется мониторинг, измерения, контроль качества.

Для аттестации студентов и выпускников на соответствие их персональных знаний и умений поэтапным или конечным требованиям стандарта создаются фонды оценочных средств и технологий, включающие типовые задания, контрольные работы, тесты и др.

Оценка знаний студента на зачетах, при защите лабораторных и практических работ производится по системе “Зачтено”, “Незачтено”. Для оценки знаний и компетентности студентов используются критерии, утвержденные Министерством образования Республики Беларусь.

Для контроля качества образования, в том числе применения компьютерного тестирования используются следующие средства диагностики:

- типовые задания;
- тесты по отдельным разделам и дисциплине в целом;
- письменные контрольные работы;
- устный опрос во время занятий;
- составление рефератов по отдельным разделам дисциплины;
- выступления студентов на семинарах.

5. Протокол согласования учебной программы с другими дисциплинами специальности

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения кафедры об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой дисциплине	Решение кафедры, разработавшей учебную программу
<p>Учет, контроль и регулирование энергоресурсов</p> <p>Энергопотребление в зданиях и сооружениях</p> <p>Производство, транспорт и потребление тепловой энергии</p> <p>Производство, транспорт и потребление электроэнергии</p>	<p>Энергоэффективных технологий.</p> <p>Энергоэффективных технологий</p> <p>Энергоэффективных технологий</p> <p>Энергоэффективных технологий</p>	<p>Предложений нет.</p> <p>Предложений нет.</p> <p>Предложений нет.</p> <p>Предложений нет.</p>	<p>Учебную программу по дисциплине «Геотермальная энергетика» утвердить.</p> <p>Протокол № __ от _____ 2016 г.</p>

Согласовано:

Зав. кафедрой энергоэффективных технологий

В.А. Пашинский