

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'В.А. Лебедев'.

Руководитель программы аспиран-  
туры  
профессор В.А. Лебедев

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО  
ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ  
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ МАЛООТХОДНЫХ  
И БЕЗОТХОДНЫХ ТЕПЛОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УС-  
ТАНОВОК

Подготовка научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Область науки:	2. Технические науки
Группа научных специальностей:	2.4. Энергетика и электротехника
Научная специальность:	2.4.6. Теоретическая и прикладная теплотехника
Отрасли науки:	Технические
Форма освоения программы аспирантуры:	Очная
Срок освоения программы аспирантуры:	4 года
Составитель:	к.т.н., проф. В.А. Лебедев

Санкт-Петербург

УДК 681.5 (62-6)

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ МАЛООТХОДНЫХ И БЕЗОТХОДНЫХ ТЕПЛОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК:** Методические рекомендации для самостоятельного изучения дисциплины / Санкт-Петербургский Горный Университет; Сост. *В.А. Лебедев*. СПб, 2022, -19 с.

В методических указаниях содержатся описания и методики самостоятельной подготовки в изучении курса и к практическим работам, выполнение которых позволяет закрепить основные разделы теории, приобрести практические навыки в решении задач в области создания малоотходных и безотходных тепловых технологических установок.

Предназначены для аспирантов по научной специальности 2.4.6 Теоретическая и прикладная теплотехника, профиль «Теплоэнергетические технологии»

Научный редактор доц. Андреев В.В.

© Санкт-Петербургский  
горный университет, 2022

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Методические указания к выполнению самостоятельных работ для аспирантов составлены в соответствии с программой курса дисциплины «Теоретические основы создания малоотходных и безотходных тепловых технологических установок».

Особенностью дисциплины является то, что большое внимание уделено методическим основам построения объектов и технологий малоотходных и безотходных тепловых установок, а также основам их эксплуатации. В учебном процессе применяются современные технологии и методики обучения, развивающие аналитические способности, практические умения и навыки у обучающихся.

Компетенции, освоенные при изучении данной дисциплины, используются далее в процессе подготовки и написании кандидатской диссертации. Данная дисциплина базируется на полученных знаниях и умениях, приобретенных в бакалавриате и магистратуре при изучении следующих дисциплин: «Парогазовые и газотурбинные установки ТЭС», «Технологии производства электрической и тепловой энергии на АЭС и ТЭС», «Проблемы обеспечения надёжности, живучести и безопасности теплоэнергетических систем».

Основными задачами изучения дисциплины являются изучение аспирантами теоретических, методических и технологических достижений современной науки и практики в области тепловой энергетики, формирование умений и навыков самостоятельной научно-исследовательской и научно-педагогической деятельности в области промышленной теплоэнергетики, овладение современными научными инструментами и методами и применение их при анализе и синтезе теплоэнергетических установок и систем, а также мотивация аспирантов к самостоятельному повышению уровня профессиональных навыков в области тепловой энергетики.

Полученные при изучении дисциплины знания, умения и навыки необходимы аспирантам при решении научно-исследовательских, проектно-конструкторских, производственно-технологических задач в будущей профессиональной деятельности.

## ВЕДЕНИЕ

### Цель дисциплины:

формирование у аспирантов современного научного мировоззрения и профессиональных компетенций (знаний и навыков) в области разработки и создания малоотходных и безотходных тепловых технологических установок.

### Основными задачами изучения дисциплины являются:

- изучение аспирантами теоретических, методических и технологических достижений современной науки и практики в области тепловой энергетики;
- формирование у аспирантов умений и навыков самостоятельной научно-исследовательской и научно-педагогической деятельности в области промышленной теплоэнергетики;
- овладение аспирантами современными научными инструментами и методами и применение их при разработке и создании малоотходных и безотходных тепловых технологических установок;
- мотивация аспирантов к самостоятельному повышению уровня профессиональных навыков в области тепловой энергетики.

## ЗАДАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

**Самостоятельная работа аспирантов** направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

### Организация самостоятельной работы

Самостоятельная работа аспирантов (далее - СРС) - обязательная и неотъемлемая часть учебной работы по данной учебной дисциплине. Общие планируемые затраты времени на выполнение всех видов аудиторных и внеаудиторных заданий соответствуют бюджету времени работы аспирантов, предусмотренному учебным планом по дисциплине в текущем семестре. Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Практическому занятию и самостоятельному изучению материала, как правило, предшествует лекция. На лекции даются указания по организации самостоятельной работы, подготовки к самостоятельным работам.

В результате изучения дисциплины аспирант должен:

**знать:** научные основы развития технологий промышленной теплоэнергетики на базе процессов тепло- и массопереноса при проектировании, изготовлении и эксплуатации объектов промышленной теплоэнергетики (ОПТЭ);

**уметь:** проводить теоретические и экспериментальные исследования процессов тепло- и массопереноса в тепловых системах и установках;

**владеть навыками:** расчетов при проектировании, изготовлении и эксплуатации объектов промышленной теплоэнергетики с целью улучшения их технико-экономических характеристик, экономии энергетических ресурсов

Уровень владения аспирантом знаниями, умениями и навыками по итогам освоения дисциплины определяется на основании результатов промежуточной аттестации в форме дифференциального зачета.

## **Тематика вопросов для самостоятельной подготовки**

### **Тема 1. Методологические основы безотходных и малоотходных технологий**

1. Основное назначение и характеристики малоотходных и безотходных тепловых технологий.
2. Требования к безотходному производству.
3. Критерии безотходности.
4. Основные принципы безотходных технологий.
5. Принципы рациональной организации производства
6. Передовые безотходные и малоотходные технологии.
7. Мировой и отечественный опыт безотходных и малоотходных технологий.

### **Тема 2. Основные направления безотходных и малоотходных технологий**

Классификация безотходных и малоотходных технологий.

1. Безотходные и малоотходные технологии в горнодобывающей, металлургической, химической, деревообрабатывающей, энергетической отраслях и в индустрии строительных материалов.
2. Вторичные энергоресурсы промышленных предприятий и транспортной инфраструктуры.
3. Проблемы снижения промышленных отходов и их использование в минерально-сырьевом комплексе.

### **Тема 3. Переработка и использование отходов промышленных и энергетических производств**

1. Классификация отходов.
2. Отходы производства. Отходы потребления. Твердые бытовые отходы. Переработка и утилизация ТБО.
3. Концепция "энергетического баланса".
4. Методы сжигания твердых отходов: на колосниковых решетках, в топке с псевдоожиженным (кипящим) слоем и по технологии Пиролиз.
5. Жидкие отходы.
6. Токсичные и опасные отходы.
7. Радиоактивные отходы. Проблема переработки и хранения облученного ядерного топлива.
8. Российская Государственная программа «Отходы».
9. Информационное обеспечение. Научно-методическое обеспечение системы. Научно-техническое обеспечение.
10. Совершенствование системы управления отходами.
11. Государственная система обращения с радиоактивными отходами.

### **Тема 4. Безотходные и малоотходные технологии и защита окружающей среды**

1. Основы правовой защиты окружающей среды в Российской Федерации.
2. Объекты природоохранного законодательства.
3. Юридическая ответственность за нарушение природоохранного законодательства.
4. Экологические преступления в уголовном кодексе Российской Федерации.
5. Природные и техногенные воздействия на природную среду. Загрязнение окружающей среды.
6. Виды загрязнения окружающей среды.
7. Биологическое. Химическое. Радиационное. Физическое.

8. Взаимосвязь идеологии безотходных и малоотходных технологий с охраной окружающей среды.
9. Требования международного и отечественного законодательства к промышленным и энергетическим технологиям в контексте проблем защиты окружающей среды.

#### **Тема 5. Энергосбережение в малоотходных и безотходных тепловых технологических установках**

1. Использование вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) как направление безотходных и малоотходных технологий.
2. Виды ВЭР: горючие, тепловые, избыточного давления.
3. Проблема использования ВЭР избыточного давления газа, пара, воды.
4. ВЭР грузоподъёмных машин и транспортных систем.
5. Проблема использования топливных ВЭР на объектах минерально-сырьевого комплекса: низкокалорийное топливо, попутные газы, ТБО.
6. Использование высокопотенциального тепла исходящих газов.
7. Экономическая эффективность, проблемы промышленной и экологической безопасности использования топливных ВЭР.
8. Экспериментальный метод оценки энергоэффективности безотходных и малоотходных технологий.

#### **Тема 6. Малоотходные и безотходные тепловые технологии в теплоэнергетике**

1. Малоотходные технологии сжигания органических топлив.
2. Отходы при сжигании топлива в теплогенерирующих установках.
3. Газообразное топливо. Жидкое топливо. Твердое топливо.
4. Методы утилизации высокопотенциального тепла.
5. Технологии использования низкопотенциального тепла.
6. Теплонасосные технологии.
7. Биотехнологии. Получение экологически чистых топлив. Биогазовые технологии.
8. Мировой опыт использования низкопотенциальных источников теплоты и теплонасосных технологий.

### **ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ**

Целью практических занятий является закрепление теоретических знаний, полученных аспирантами при изучении курса, и использовании этих знаний при решении научно-исследовательских и практических задач в области промышленной теплоэнергетики.

Задачей практических занятий является ознакомление аспирантов с частными вопросами, возникающими при решении задач промышленной теплоэнергетики.

#### **Тематика практических занятий:**

<b>№/№ п/п</b>	<b>Раздел</b>	<b>Тематика практических занятий</b>	<b>Трудоемкость в ак. часах</b>
1	Раздел 2.	Расчёт ВЭР газовой скважины. Расчёт ВЭР транспортной системы.	2
2	Раздел 2	Анализ возможностей снижения отходов промышленного предприятия.	2

3	Раздел 3	Определение количества промышленных отходов ТЭС	2
4	Раздел 5	Расчет утилизации отработанного пара на выходе из турбины ТЭС.	1
5	Раздел 6	Выбор теплонасосной установки для утилизации ВЭР.	1
<b>Итого:</b>			<b>8</b>

## САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Изучать курс рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об излагаемых вопросах, а также отмечать трудные или неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения и подходы к решению практических задач.

Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее основные понятия, новые незнакомые термины и названия, математические зависимости и их выводы и т.п. Весьма целесообразно пытаться систематизировать учебный материал, проводить обобщение разнообразных фактов, сводить их в таблицы. Такая методика облегчает запоминание и уменьшает объем конспектируемого материала.

Изучая курс, полезно обращаться и к предметному указателю в конце книги и к глоссарию (словарю терминов). Пока тот или иной раздел не усвоен, переходить к изучению новых разделов не следует. Краткий конспект курса будет полезен при повторении материала в период подготовки к промежуточной аттестации.

Изучение курса должно обязательно сопровождаться выполнением упражнений и решением задач. Решение задач – один из лучших методов прочного усвоения, проверки и закрепления теоретического материала.

### Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Назначение и характеристики малоотходных и безотходных тепловых технологий.
2. Требования к безотходному производству.
3. Критерии безотходности.
4. Принципы безотходных технологий.
5. Принципы рациональной организации производства.
6. Мировой и отечественный опыт безотходных и малоотходных технологий.
7. Классификация безотходных и малоотходных технологий.
8. Вторичные энергоресурсы промышленных предприятий.
9. Классификация отходов.
10. Отходы производства.
11. Отходы потребления.
12. Переработка и утилизация ТБО.
13. Методы сжигания твердых отходов.
14. Радиоактивные отходы.
15. Проблема переработки и хранения облученного ядерного топлива.
16. Российская Государственная программа «Отходы».
17. Нормативно-правовое обеспечение защиты окружающей среды.
18. Способы снижения окислов серы и азота в уходящих газах.
19. Основные санитарные нормы по выбросам вредных веществ в атмосферу.
20. Использование вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) как направление безотходных и малоотходных технологий.

21. Проблема использования топливных ВЭР на объектах минерально-сырьевого комплекса.
22. Использование высокопотенциального тепла исходящих газов.
23. Эксергетический метод оценки энергоэффективности безотходных и малоотходных технологий.
24. Малоотходные технологии сжигания органических топлив.
25. Методы утилизации высокопотенциального тепла.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### Основная литература

1. Сутягин В.М. Принципы разработки малоотходных и безотходных технологий: учебное пособие / В.М. Сутягин, В.Г. Бондалетов, О.С. Кукурина. - 2-е изд., перераб. и доп. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. - 184 с.  
[http://window.edu.ru/resource/916/73916/files/wasteless\\_technology\\_development.pdf](http://window.edu.ru/resource/916/73916/files/wasteless_technology_development.pdf)
2. Энергосбережение на предприятиях минерально-сырьевого комплекса [Текст] : учеб. пособие / Б. Н. Абрамович [и др.]. - СПб. : Горн. ун-т, 2013. - 73 с.  
[http://irbis.spmi.ru/jirbis2/components/com\\_irbis/pdf\\_view/](http://irbis.spmi.ru/jirbis2/components/com_irbis/pdf_view/)
3. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: учеб. пособие/ Ю.В. Овчинников, О.К. Григорьева, А.А. Францева. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2015 – 258 с.  
[http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=436027](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=436027)

### 7.2. Дополнительная литература

1. Энергосбережение и энергоэффективность [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Ю. Л. Жуковский. - СПб. : Горн. ун-т, 2013. - 100 с.  
[http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=402&task=set\\_static\\_req&bns\\_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req\\_irb=<.>I=%2D742095<.>](http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=402&task=set_static_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=%2D742095<.>)
2. Энергосбережение в котельных установках ТЭС и систем теплоснабжения: Монография/Кудинов А.А., Зиганшина С.К. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 320 с.  
<http://znanium.com/bookread2.php?book=514944>
3. Оранова Т.И. Основы разработки безотходных и малоотходных технологий Нальчик: Каб. -Балк. ун-т., 2004. — 56 с.  
<https://www.twirpx.com/file/1032460/>
4. Спасибожко В.В. Основы безотходной технологии: Учебное пособие. Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2000. -132 с.  
[http://www.studmed.ru/spasibozhko-vv-osnovy-bezothodnoy-tehnologii\\_43341101d2c.html](http://www.studmed.ru/spasibozhko-vv-osnovy-bezothodnoy-tehnologii_43341101d2c.html)

### Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>
2. КонсультантПлюс: справочно - поисковая система [Электронный ресурс]. - [www.consultant.ru/](http://www.consultant.ru/).
3. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>
4. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>
5. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>
6. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>  
<https://e.lanbook.com/books>.
7. Поисковые системы Yandex, Rambler, Yahoo и др.
8. Система ГАРАНТ: электронный периодический справочник [Электронный ресурс] [www.garant.ru/](http://www.garant.ru/).
9. Термические константы веществ. Электронная база данных,  
<http://www.chem.msu.su/cgibin/tkv.pl>



10. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань»  
<https://e.lanbook.com/books>
11. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ):  
<http://elibrary.rsl.ru/>
12. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>
13. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru).
14. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Руконт»».  
<http://rucont.ru/>
15. Электронно-библиотечная система <http://www.sciteclibrary.ru/>

## Содержание

Общие положения.....	3
Введение	4
Задания к самостоятельной работе . . . . .	4
Подготовка к практическим работам.....	6
Самостоятельное изучение дополнительных материалов.....	7
Учебно-методическое и информационное обеспечение.....	8