



**СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**  
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»  
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

В.А. Тупик

01.08 2022 г.



**ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ –  
ПРОГРАММА ПОДГОТОВКИ НАУЧНЫХ И НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ  
КАДРОВ В АСПИРАНТУРЕ**

Группа научных специальностей: 2.3. «Информационные технологии и  
телекоммуникации»

2.3.3. «Автоматизация и управление технологическими процессами и  
производствами»

**Форма обучения: очная**

**Срок обучения: 3 года**

**Факультет: ФКТИ**

**Выпускающая кафедра: АПУ**

Санкт-Петербург

2022

## СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет: ФКТИ

Обеспечивающая кафедра: АПУ

Курс 3

Семестр 6

### Виды занятий

Лекции

Самостоятельная работа

### Вид промежуточной аттестации

Экзамен (семестр) 6

Разработчик



Душин С. Е.

Зав. каф. АПУ



Шестопалов М. Ю.

Заведующий ОДА



Тумаркин А. В.

**АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«АВТОМАТИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ**  
**ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ»**

Изучаются основные проблемы автоматизации и моделирования управляемых технологических процессов (ТП) на примерах подготовки природного газа и промышленной воды. Выявляются основные свойства и закономерности технологических процессов на основе исследования фундаментальных физических процессов гидродинамики, массо- и теплообмена. Рассматриваются направления развития систем управления ТП, связанные с использованием математических моделей.

**SUBJECT SUMMARY**  
**«AUTOMATION AND CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES**  
**AND PRODUCTIONS»**

The course is devoted to the basic problems of automation and modeling of controlled technological processes (TP) using examples of preparation of natural gas and industrial water. It reveals the basic properties and regularities of technological processes and is based on the study of fundamental physical processes of hydrodynamics, mass and heat transfer. Directions of development of control systems associated with the use of mathematical models are discussed.

## ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Изучение основных проблем автоматизации и моделирования управляемых технологических процессов в различных отраслях промышленности.
2. Формирование умений строить математические модели систем управления ТП, применять принципы и законы управления, направленные на повышение эффективности функционирования технологических устройств и аппаратов.
3. Освоение практических навыков, закрепляющих теоретические знания, разработки компьютерных моделей управляемых технологических процессов, реализации алгоритмов управления на программируемых контроллерах.

## СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### **Введение**

Содержание, цель и значение дисциплины в подготовке аспирантов, ее связь с другими дисциплинами и подготовкой кандидатской диссертации. Общая классификация решаемых задач.

### **Тема 1. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЯЕМЫХ МАССО- И ТЕПЛООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ КОМПЛЕКСА ПОДГОТОВКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА**

Анализ процессов в абсорбере. Математические модели абсорбционного процесса в режиме продольного перемешивания фаз и его отсутствия. Дискретно-непрерывная и разностная математические модели абсорбционного процесса. Компьютерное моделирование процессов абсорбции газа.

Анализ процессов десорбции. Математические модели массо- и теплообменных процессов в ректификационной колонне. Математическая модель теплообменного процесса выпаривания. Математическая модель теплообменного процесса воздушного охлаждения.

Задачи управления массо- и теплообменными процессами при абсорбционной осушке природного газа. Динамические математические модели управляемых процессов абсорбции газа, теплообменного процесса выпаривания, теплообменного процесса воздушного охлаждения, взаимосвязанных массообменных процессов комплекса абсорбция-десорбция. Синтез многорежимного регулятора.

### **Тема 2. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

Базовые модели биоочистки Моно, Герберта, Холдейна, Кенейла. Модели нитрификации и денитрификации. Полная модель биологической очистки ASM1. Модели двухзонного и трехзонного реакторов с рециклом. Модель трехзонного биореактора с рециклом и мембранным блоком.

Синтез логико-динамического регулятора. Сравнительный анализ процессов биологической очистки с различными законами управления. Реализация закона управления с использованием программируемого контроллера.

**Заключение.** Современное состояние и перспективы развития автоматизации и управления

**Перечень основной и дополнительной учебной литературы,  
необходимой для освоения дисциплины**

№	Название, библиографическое описание	Семестр	К-во экз. в библ. (на каф.)
<b>Основная литература</b>			
1	Автоматизированное управление технологическими процессами: Учеб. пособие / Н.С. Зотов, О.В. Назаров, Б.В. Петелин, В.Б. Яковлев; Под ред. Яковлева В.Б. – Л.: Изд-во Ленинград. ун-та, 1988. – 244 с.	8	13
2	Абрамкин С.Е., Душин С.Е. Моделирование управляемых процессов абсорбционной осушки природного газа. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015. – 160 с.	8	17
<b>Дополнительная литература</b>			
1	Грудяева Е.К. Разработка и исследование математических моделей водоочистного комплекса с мембранным биореактором как объекта управления: диссертация ... канд. техн. наук: 05.13.06 / Грудяева Елизавета Камаловна; [Место защиты: С.-Петерб. гос. электротехн. ун-т (ЛЭТИ) им. В.И. Ульянова (Ленина)]. – Санкт-Петербург, 2016. - 262 с	8	1
2	Rodić A.D. (ed.) Automation & Control – Theory and Practice. – InTech, 2009. – 360 pp.	8	(1)
3	Kongoli F.(ed.) Automation. – InTeOp, 2012. - 558 pp.	8	(1)
4	Liptak B. Instrument Engineers' Handbook, Vol. 1: Process Measurement and Analysis. – N.-Y.: CRC Press; 4 ed., 2003. – 1920 pp.	8	(1)
5	Liptak B. Instrument Engineers' Handbook. Vol.2: Process Control and Optimization. – N.-Y.: CRC Press, 2006. – 2368 pp.	8	(1)
6	Liptak B.G., Eren H. Instrument Engineers' Handbook. Vol. 3. Process Software and Digital Networks. – N.-Y.: CRC Press, 2011. – 1139 pp.	8	(1)
7	Журнал «Автоматика и телемеханика»	8	elibrary.ru
8	Журнал «Control Engineering Россия»	8	elibrary.ru
9	Журнал «Мехатроника, автоматизация, управление»	8	elibrary.ru
10	Журнал «Автоматизация в промышленности»	8	elibrary.ru

№	Название, библиографическое описание	Семестр	К-во экз. в библ. (на каф.)
11	Пархоменко П.П., Амбарцумян А.А., Легович Ю.С. Основные результаты исследований и разработки технических средств и систем автоматизации // Специальный выпуск журнала «Проблемы управления» №3.1, 2009. – С.36-55	8	(1)

**Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети  
«Интернет», используемых при освоении дисциплины**

№	Электронный адрес
1	<a href="http://izobretatel.by/modelirovanie-texnologicheskix-processov-v-xode-razrabotki-i-otladki-avtomaticheskix-sistem-upravleniya-texnologicheskimi-processami/">http://izobretatel.by/modelirovanie-texnologicheskix-processov-v-xode-razrabotki-i-otladki-avtomaticheskix-sistem-upravleniya-texnologicheskimi-processami/</a>
2	<a href="http://matlab.ru/training/">http://matlab.ru/training/</a>
3	<a href="http://matlab.exponenta.ru/">http://matlab.exponenta.ru/</a>
4	Моделирующие программы для нефтяной и газовой промышленности. – Режим доступа: <a href="http://www.gibbsim.ru/reviews/">http://www.gibbsim.ru/reviews/</a>
5	Вопросы моделирования технологических процессов и поддержки инноваций. – Режим доступа: <a href="http://belisa.org.by/ru/izd/other/">http://belisa.org.by/ru/izd/other/</a>
6	Компьютерное моделирование технологических процессов. – Режим доступа: <a href="http://tstu-isman.tstu.ru/pdf/">http://tstu-isman.tstu.ru/pdf/</a>
7	Информационное обеспечение технологических процессов. – Режим доступа: <a href="http://n-t.ru/sp/lesmi/">http://n-t.ru/sp/lesmi/</a>
8	Теоретические основы организации и функционирования технологических систем. – Режим доступа: <a href="http://library.distudy.ru/books/">http://library.distudy.ru/books/</a>
9	Физико-топологическое моделирование структур элементов БИС. – Режим доступа: <a href="http://www.fos.ru/radio/">http://www.fos.ru/radio/</a>
10	Нормативно-технические требования и современная реализация тренажеров для обеспечения надежности оперативного персонала электроэнергетических установок. – Режим доступа: <a href="http://www.testenergo.ru/">http://www.testenergo.ru/</a>
11	Моделирование технологических процессов. – Режим доступа: <a href="http://wwwcdl.bmstu.ru/mt3/">http://wwwcdl.bmstu.ru/mt3/</a>
12	Использование апостериорной информации при математическом моделировании. – Режим доступа: <a href="http://library.mephi.ru/data/scientific-sessions/">http://library.mephi.ru/data/scientific-sessions/</a>
13	Математическое моделирование в век компьютеров. – Режим доступа: <a href="http://lgkb.kazan.ru/">http://lgkb.kazan.ru/</a>

Информационные технологии (операционные системы, программное обеспечение общего и специализированного назначения, а также информационные справочные системы) и материально-техническая база, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, соответствуют требованиям федерального государственного образовательного стандарта высшего образования.

Описание информационных технологий и материально-технической базы приведено в УМКД дисциплины.

Конкретные формы и процедуры текущего контроля знаний и промежуточной аттестации, включая перечень экзаменационных вопросов (Приложение 1), а также методические указания для обучающихся по самостоятельной работе при освоении дисциплин (содержащиеся в ООП) доводятся до сведения обучающихся на первом занятии.

**ПЕРЕЧЕНЬ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ ВОПРОСОВ**

1. Математические модели массообмена: идеального вытеснения; однопараметрической диффузионной модели вытеснения.
2. Гидродинамические режимы работы насадочного абсорбера.
3. Модель переноса теплоты в движущейся среде.
4. Концептуальная модель массотеплообменных процессов комплекса «Абсорбция-Десорбция».
5. Модель массообменного процесса в абсорбере в режиме отсутствия продольного перемешивания фаз.
6. Модель массообменного процесса в абсорбере в режиме продольного перемешивания фаз.
7. Модель массообменного процесса в ректификационной колонне.
8. Модель теплообменного процесса в ректификационной колонне.
9. Модель теплообменного процесса подсистемы «Выпаривание».
10. Модель теплообменного процесса подсистемы «Воздушное охлаждение».
11. Многорежимное регулирование процессов комплекса «Абсорбция-Десорбция».
12. Типовые схемы регулирования процессов в абсорбере.
13. Типовые схемы регулирования процессов в ректификационной колонне.
14. Способы регулирования аппарата воздушного охлаждения.
15. Типовой технологический процесс биологической очистки сточных вод.
16. Состав и особенности биохимического процесса очистки сточных вод.
17. Модели гидродинамических потоков.
18. Классификация и технологические структуры биореакторов.
19. Базовые модели биологической очистки.
20. Модель биологической очистки ASM1.
21. Модели двухзонного и трехзонного реакторов с рециклом.
22. Модель трехзонного реактора с рециклом и мембранным блоком.

23. Управление расходом рециркуляционного контура.
24. Управление концентрацией кислорода.
25. Управление расходом исходной воды.
26. Управление расходом возвратного потока из мембранного блока.
27. Синтез логико-динамического регулятора.
28. Реализация закона управления в программируемом контроллере.