

УТВЕРЖДАЮ
Директор ВШТЭ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.03.03 <i>(индекс дисциплины)</i>	Основы оптимального управления техническими системами <i>(Наименование дисциплины)</i>
--	--

Кафедра: **32** Автоматизация технологических процессов и производств
Код (Наименование кафедры)

Направление подготовки: **15.04.02 Технологические машины и оборудование**
Технологические процессы и оборудование целлюлозно-бумажного

Профиль подготовки: **производства**

Уровень образования : **магистратура**

План учебного процесса

Составляющие учебного процесса		Очное обучение	Очно-заочное обучение	Заочное обучение
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся (часы)	Всего	72		
	Аудиторные занятия	26		
	Лекции	13		
	Лабораторные занятия			
	Практические занятия	13		
	Самостоятельная работа	46		
	Промежуточная аттестация			
Формы контроля по семестрам (номер семестра)	Экзамен			
	Зачет	3		
	Контрольная работа			
Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)		2		

Форма обучения:	Распределение зачетных единиц трудоемкости по семестрам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Очная			2							
Очно-заочная										
Заочная										

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.04.02 Технологические машины и оборудование

На основании учебных планов № m150402-12_20

Кафедра-разработчик: Автоматизация технологических процессов и производств

Заведующий кафедрой: Ковалев Д.А.

СОГЛАСОВАНИЕ:

Выпускающая кафедра: Машин Автоматизированных Систем

Заведующий кафедрой: Александров А.В.

Методический отдел: Смирнова В.Г.

1. ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Место преподаваемой дисциплины в структуре образовательной программы

Блок 1: Базовая Обязательная Дополнительно является факультативом
 Вариативная По выбору

1.2. Цель дисциплины

Сформировать компетенции обучающегося в области оптимального управления техническими системами

1.3. Задачи дисциплины

- Рассмотреть методы поиска экстремума функции одной и нескольких переменных.
- Раскрыть принципы статической и динамической оптимизации технологических машин и оборудования.
- Выработать навыки по выбору критерия оптимальности функционирования оборудования.

1.4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
ОПК-5	способностью выбирать оптимальные решения при создании продукции с учетом требований качества, надежности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и экологической чистоты производства.	1,2,3
Планируемые результаты обучения Знать: 1) задачи оптимального управления для различных технологических машин и оборудования в статике и переходных режимах; 2) методы поиска экстремума функции одной переменной; Уметь: 1) выбирать и анализировать целевые функции технологических машин и оборудования; 2) оценивать критерии оптимизации переходных режимов объектов управления. Владеть: 1) прикладными методами статической оптимизации технико-экономических показателей (ТЭП) технологических машин и оборудования; 2) методом линейного программирования для оптимизации работы параллельно работающего оборудования.		
ПК-6	способностью организовывать работу коллективов исполнителей, принимать исполнительские решения в условиях спектра мнений, определять порядок выполнения работ, организовывать в подразделении работы по совершенствованию, модернизации, унификации выпускаемых изделий и их элементов, по разработке проектов стандартов и сертификатов, обеспечивать адаптацию современных версий систем управления качеством к конкретным условиям производства на основе международных стандартов.	1,2,3
Планируемые результаты обучения Знать: 1) методы поиска оптимума при принятии исполнительских решений для организации работы коллектива исполнителей, 2) задачи динамической оптимизации при определении порядка выполнения работ с целью совершенствования и унификации выпускаемых изделий, Уметь: 1) учитывать неопределенные факторы в выборе критерия оптимальности при организации работы по совершенствованию производства, 2) оценивать различные экономические критерии оптимальности при адаптации современных систем управления качеством продукции к конкретным условиям производства,		

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
<p>Владеть:</p> <p>1) способами формирования сводного критерия оптимальности при принятии исполнительских решений для организации работы коллектива исполнителей,</p> <p>2) методами решения задач статической оптимизации оборудования непрерывного действия при организации работы по совершенствованию производства.</p>		
ПК-9	способностью подготавливать заявки на изобретения и промышленные образцы, организовывать работы по осуществлению авторского надзора при изготовлении, монтаже, наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию выпускаемых изделий и объектов.	1,2
<p>Планируемые результаты обучения</p> <p>Знать:</p> <p>1) методы поиска оптимальных решений при изготовлении, монтаже и наладке выпускаемых изделий и объектов;</p> <p>2) задачи динамической оптимизации при испытаниях и наладке выпускаемых изделий и объектов;</p> <p>Уметь:</p> <p>1) подготавливать заявки на изобретения в области технологии изготовления, монтажа и наладки выпускаемых изделий и объектов;</p> <p>2) анализировать подготавливаемые заявки на изобретения по экономическому критерию оптимальности;</p> <p>Владеть:</p> <p>1) методами алгоритмизации и реализации оптимальных решений при изготовлении, монтаже, наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию выпускаемых изделий и объектов;</p> <p>2) методами неопределенных множителей Лагранжа для алгоритмизации оптимальных решений при наладке, и сдаче в эксплуатацию выпускаемых изделий и объектов.</p>		

1.5. Дисциплины (практики) образовательной программы, в которых было начато формирование компетенций, указанных в п.1.4:

- Технология и оборудование для переработки макулатуры (ОПК-5)
- Учебная практика (практика по получению первичных профессиональных умений и навыков) (ПК-6)

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Учебный модуль 1. Задачи оптимального управления и статическая оптимизация технологических машин и оборудования			
Тема 1. Классификация задач оптимального управления. Оптимизация функционирования технических систем и оптимальное управление. Общие понятия. Задачи оптимального управления для различных видов производства. Задачи оптимального управления для оборудования непрерывного и периодического действия, для последовательного и параллельного включения оборудования.	7		
Тема 2. Критерии оптимальности функционирования оборудования, их выбор и обоснование. Критерий оптимальности, виды и свойства. Способы формирования сводного критерия оптимальности. Экономическая оценка эффективности работы оборудования. Экономические критерии оптимальности. Учет неопределенных факторов в критериях оптимальности.	8		

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Тема 3. Статическая оптимизация технологических машин и оборудования. Виды задач статической оптимизации оборудования. Оптимизация объектов с сосредоточенными параметрами. Оптимизация пуска и останова единичного объекта и системы взаимосвязанных объектов. Оптимизация статического и циклического установившихся режимов работы объектов. Оптимизация режима работы объекта периодического действия. Оптимизация режима работы параллельно и последовательно включенных объектов. Оптимизация согласования работы объектов периодического и циклического действия. Методы решения задач статической оптимизации оборудования непрерывного действия.	8		
Текущий контроль 1. Опрос	1		
Учебный модуль 2. Поиск экстремума функций и динамическая оптимизация технологических машин и оборудования			
Тема 4. Методы поиска экстремума функции одной переменной. Прямые методы поиска. Метод сканирования. Метод локализации экстремума. Метод золотого сечения. Приближенные способы нахождения экстремума.	10		
Тема 5. Методы поиска экстремума функции многих переменных. Прямые методы, не использующие производные, сканирования, Гаусса-Зейделя, пробных движений, случайного поиска. Прямые методы, использующие производные 1 и 2 порядков, градиента и наискорейшего спуска. Методы поиска экстремума с ограничениями. Метод линейного программирования. Метод неопределенных множителей Лагранжа. Метод динамического программирования Р. Беллмана.	18		
Тема 6. Динамическая оптимизация переходных режимов объектов управления. Задачи динамической оптимизации для технических систем. Понятие функционала и его свойства. Экстремум функционала и уравнение Эйлера. Критерии оптимизации переходных режимов объектов управления.	15		
Текущий контроль 2. Опрос	1		
Промежуточная аттестация по дисциплине Зачет	4		
ВСЕГО:	72		

3. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

3.1. Лекции

Номера изучаемых тем	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	3	1				
2	3	2				
3	3	2				
4	3	2				
5	3	3				
6	3	3				
ВСЕГО:		13				

3.2. Практические и семинарские занятия

Номера изучаемых тем	Наименование и форма занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
4	Практическое занятие: Определение оптимального момента времени замены или ремонта оборудования.	3	1				
5	Практические занятия: Оптимизация производительности	3	7				

Номера изучаемых тем	Наименование и форма занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
	параллельно работающих насосов. Оптимизация нагрузки последовательно работающих центробежных компрессорных машин. Оптимизация компрессорной станции. Оптимизация режимов работы параллельно работающих БДМ. Оптимизация использования запасов сырья для выработки готовой продукции.						
6	Практические занятия: Оптимизация технологических параметров пропитки древесной щепы в производстве ХРММ и ХТММ. Компьютерное моделирование САУ с целью динамической оптимизации переходных процессов.	3	5				
ВСЕГО:			13				

3.3. Лабораторные занятия
Не предусмотрено.

4. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Не предусмотрено.

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Номера учебных модулей, по которым проводится контроль	Форма контроля знаний	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во
1,2	Опрос	3	2				

6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Виды самостоятельной работы обучающегося	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
Усвоение теоретического материала	3	22				
Подготовка к практическим занятиям	3	20				
Подготовка к зачету	3	4				
ВСЕГО:		46				

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

7.1. Характеристика видов и используемых инновационных форм учебных занятий
Не предусмотрено.

7.2. Система оценивания успеваемости и достижений обучающихся для промежуточной аттестации

традиционная

балльно-рейтинговая

8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Учебная литература

а) основная учебная литература

1. Кочегурова, Е.А. Теория и методы оптимизации [Электронный ресурс]: учеб. пособие/ Е.А. Кочегурова; Гриф УМО.-Томск: Томский политехнический университет, 2013.-134 с.- Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34723.html> – ЭБС «IPRbooks».
2. Бочкарев, В.В. Оптимизация химико-технологических процессов [Электронный ресурс]: учеб. пособие/В.В. Бочкарев; Гриф УМО.- Томский политехнический университет, 2014.-264 с.- Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34690.html> – ЭБС «IPRbooks»

б) дополнительная учебная литература

3. Буйлов, Г.П. Математические модели пропитки и пропарки щепы в производстве ВПВВ и их использование для управления и оптимизации [Электронный ресурс]: монография/ Г.П. Буйлов.-СПб.: СПбГТУРП, 2013.-70 с.- Режим доступа: <http://www.nizrp.narod.ru/atpp.html> –ЭБ ВШТЭ.
4. Черникова, А.В. Основы оптимизации [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие/А.В.Черникова.-СПб.: СПбГТУРП, 2013.- 51 с.- Режим доступа: <http://www.nizrp.narod.ru/iitsu.html> –ЭБ ВШТЭ.

8.2. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Не предусмотрено.

8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины

1. МЕТСО АВТОМАТИЗАЦИЯ [Электронный ресурс] URL: <http://www.metso.com/Automation>.
2. НПО ТЕХНОКОНТ [Электронный ресурс] URL: <http://www.technocont.ru>.
3. ПЛК Системы [Электронный ресурс] URL: <http://www.plcsystems.ru>.
4. Матлаб. [Электронный ресурс] URL: <http://www.matlab.ru>.

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

1. Microsoft Windows 8.1
2. Microsoft Office Professional 2013

8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Лекционная аудитория с мультимедийным учебным комплексом.

8.6. Иные сведения и (или) материалы

Демонстрационные материалы.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
Лекции	Проработка рабочей программы при особом внимании целям и задачам, структуре и содержанию дисциплины. Конспект лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы и формулировки; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверку терминов, понятий: осуществлять с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Работа с теоретическим материалом (конспектирование источников): найти ответ на вопросы в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации или на практическом занятии.

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
Практические занятия	Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы.
Самостоятельная работа	Изучение материала, изложенного в рекомендованной учебной литературе, конспекте лекций. При подготовке к зачету необходимо проработать конспекты лекций, рекомендуемую литературу, составить алгоритмы ответов на вопросы по зачету, продумать ответы на возможные дополнительные вопросы преподавателя.

10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

10.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

10.1.1. Показатели оценивания компетенций на этапах их формирования

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
ОПК-5 (1,2,3)	1. Излагает задачи оптимального управления для различных технологических машин и оборудования в статике и переходных режимах. 2. Демонстрирует знание целевых функций технологических машин и оборудования и критериев оптимизации переходных режимов объектов управления. 3. Демонстрирует знание прикладных методов статической оптимизации технико-экономических показателей (ТЭП) технологических машин и оборудования.	1. Устное собеседование 2. Типовое практическое задание	1. Перечень вопросов к зачету (28 вопросов) 2. Перечень практических заданий (10 заданий)
ПК-6 (1,2,3)	1. Демонстрирует знание методов поиска оптимума при принятии исполнительских решений при организации работы коллектива исполнителей. 2. Демонстрирует знание методов статической оптимизации оборудования при организации работы по модернизации оборудования ЦБП. 3. Использует экономические критерии оптимальности при адаптации современных систем управления качеством продукции для различных участков ЦБП.	1. Устное собеседование 2. Типовое практическое задание	1. Перечень вопросов к зачету (28 вопросов) 2. Перечень практических заданий (10 заданий)
ПК-9 (1,2)	1. Демонстрирует знание методов поиска оптимальных решений при изготовлении, монтаже и наладке выпускаемых изделий и объектов целлюлозно-бумажного производства. 2. Демонстрирует умение подготавливать заявки на изобретения в области технологии изготовления, монтажа и наладки выпускаемых изделий и объектов целлюлозно-бумажного производства. 3. Использует методы алгоритмизации и реализации оптимальных решений при изготовлении, монтаже, наладке,	1. Устное собеседование 2. Типовое практическое задание	1. Перечень вопросов к зачету (28 вопросов) 2. Перечень практических заданий (10 заданий)

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
	испытаниях и сдаче в эксплуатацию оборудования целлюлозно-бумажного производства.		

10.1.2. Описание шкал и критериев оценивания сформированности компетенций

Критерии оценивания сформированности компетенций

Оценка по традиционной шкале	Критерии оценивания сформированности компетенций
Зачтено	Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета и широкую эрудицию в оцениваемой области. Свободно и уверенно оперирует предоставленной информацией, отлично владеет навыками анализа и синтеза информации, знает все основные методы решения задач оптимизации, предусмотренные учебной программой, и способен выбрать и эффективно применить тот или иной адекватный метод решения конкретной задачи. Может сформулировать целевые функции различного оборудования целлюлозно-бумажного производства. При правильном ответе на практическое задание.
Не зачтено	Обучающийся не имеет достаточного уровня знания дисциплины; плохо ориентируется в основных понятиях и определениях; плохо знаком с основной литературой; допускает при ответе на зачете существенные ошибки. Не способен излагать материал последовательно. Не способен продолжить обучение без дополнительных занятий. При неправильном ответе на практическое задание.

10.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

10.2.1. Перечень вопросов, разработанный в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Формулировка вопросов	№ темы
1	Оптимизация и оптимальное управление в технических системах.	1
2	Задачи оптимального управления для различных видов производств.	1
3	Задачи оптимального управления для объектов периодического действия.	1
4	Задачи оптимального управления для объектов непрерывного действия.	1
5	Задачи оптимального управления для последовательно работающих объектов.	1
6	Задачи оптимального управления для параллельно работающих объектов.	1
7	Алгоритм оптимизации объектов с сосредоточенными параметрами.	3
8	Оптимизация пуска и останова единичного объекта.	3
9	Оптимизация пуска системы взаимосвязанных объектов.	
10	Оптимизация статического и циклического установившихся режимов работы объекта.	3
11	Оптимизация режима работы параллельно включенных объектов.	3
12	Оптимизация режима работы последовательно включенных объектов.	3
13	Оптимизация согласования работы объектов периодического и циклического действия.	3
14	Критерии оптимальности (целевые функции), виды и свойства.	2
15	Экономические критерии оптимальности.	2
16	Алгоритм определения момента времени начала замены или ремонта оборудования.	4
17	Метод сканирования для поиска экстремума функции одной переменной.	4
18	Метод локализации экстремума.	4
19	Метод золотого сечения.	4
20	Приближенные методы поиска экстремума функции одной переменной.	4

21	Прямые методы поиска экстремума функции многих переменных, не использующие производные.	5
22	Прямые методы поиска экстремума функции многих переменных, использующие производные 1 и 2 порядков.	5
23	Метод неопределенных множителей Лагранжа.	5
24	Метод линейного программирования.	5
25	Метод динамического программирования Р. Беллмана.	5
26	Динамическая оптимизация технических систем.	6
27	Функционал и его свойства.	6
28	Критерии оптимизации переходных процессов в САУ.	6

10.2.2. Вариант типовых заданий, разработанных в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Условия типовых заданий	Ответ
1	<p>Определить оптимальную степень сжатия газа каждого из двух последовательно работающих компрессоров $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ обеспечивающую минимальный суммарный расход электроэнергии N, при заданных общей степени сжатия ε и энергетических зависимостей компрессоров $N=f(\varepsilon)$. Причем, $N_1=k_1 \cdot \varepsilon_1, N_2=k_2 \cdot \varepsilon_2, k_1=1,2 \cdot k_2$.</p>	<p>Решение: Применяем метод неопределенных множителей Лагранжа. Функция Лагранжа будет $F(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \lambda) = k_1 \cdot \varepsilon_1 + k_2 \cdot \varepsilon_2 + \lambda(\varepsilon - \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2)$. Решаем следующую систему уравнений: $\partial F / \partial \varepsilon_1 = 1, 2k_2 - \lambda \cdot \varepsilon_2 = 0,$ $\partial F / \partial \varepsilon_2 = k_2 - \lambda \cdot \varepsilon_1 = 0,$ $\varepsilon - \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 = 0.$ Получаем $\varepsilon_1 = 0,913 \cdot \sqrt{\varepsilon},$ $\varepsilon_2 = 1,095 \cdot \sqrt{\varepsilon}.$</p>
2	<p>Определить оптимальную загрузку каждого из двух параллельно работающих центробежных насосов G_1, G_2 с целью минимизации суммарного расхода электроэнергии N. Задано: $N_1=k_1 \cdot G_1^2, N_2= K_2 \cdot G_2^2, k_2=1,1 \cdot k_1$, общий расход потока G.</p>	<p>Решение: Применяем метод неопределенных множителей Лагранжа. Решаем следующую систему уравнений: $\partial F / \partial G_1 = 2k_1 \cdot G_1 - \lambda = 0,$ $\partial F / \partial G_2 = 2,2k_1 \cdot G_2 - \lambda = 0,$ $G = G_1 + G_2.$ Получаем $G_1 = 0,524 \cdot G,$ $G_2 = 0,476 \cdot G.$</p>

10.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности), характеризующих этапы формирования компетенций

10.3.1. Условия допуска обучающегося к сдаче зачета и порядок ликвидации академической задолженности

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

10.3.2. Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

устная письменная компьютерное тестирование иная

10.3.3. Особенности проведения зачета

- Возможность пользоваться нормативной и справочной литературой, калькулятором;
- Время на подготовку ответа на вопрос 20 минут.