

Министерство образования и науки Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
 «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»  
 ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ДВ.3.1** **Оптимальное управление**  
 (индекс дисциплины) (Наименование дисциплины)

Кафедра: **4** Высшей математики  
 Код (Наименование кафедры)

Направление подготовки: **15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств**

Профиль подготовки: **Автоматизация технологических процессов и производств ЦБП**

Уровень образования: **Бакалавриат**

**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	<b>72</b>		<b>72</b>
	Аудиторные занятия	<b>32</b>		<b>8</b>
	Лекции	16		4
	Лабораторные занятия			
	Практические занятия	16		4
	Самостоятельная работа	40		60
	Промежуточная аттестация			4
Формы контроля по семестрам (номер семестра)	Экзамен			
	Зачет	6		8
	Контрольная работа (з/о)			8
<b>Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)</b>		<b>2</b>		<b>2</b>

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

# 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, кроме этого заложить математический фундамент как средства изучения окружающего мира для успешного освоения дисциплин естественнонаучного и профессионального циклов

## 1.3. Задачи дисциплины

- привитие и развитие математического мышления
- воспитание достаточно высокой математической культуры
- освоение обучающимися математических методов и основ математического моделирования.

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

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
ОПК-3	способность использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности	2
<b>Планируемые результаты обучения</b> Знать: <ol style="list-style-type: none"><li>1) различные постановки задач оптимального управления,</li><li>2) основные методы построения управляющих воздействий в целях оптимизации динамических систем</li><li>3) принципы функционирования и построения систем с переменной структурой.</li></ol> Уметь: <ol style="list-style-type: none"><li>1) исследовать устойчивость динамических систем управления,</li><li>2) применять методы стабилизации и оптимизации в задачах моделирования технологических процессов,</li><li>3) синтезировать простейшие системы с переменной структурой.</li></ol> Владеть: <ol style="list-style-type: none"><li>1) методами анализа оптимальных структур и свойств систем управления,</li><li>2) возникающих при моделировании технологических процессов</li><li>3) различными способами построения управляющих воздействий в целях оптимизации и стабилизации системы.</li></ol>		

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

- программирование и алгоритмизация;
- информационные технологии;
- вычислительные, системы и сети;
- деловые коммуникации;
- СУБД



## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
<b>Учебный модуль 1. Основы теории устойчивости</b>			
Тема 1. Решение систем дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами. Характеристическое уравнение системы. Собственные числа и собственные векторы матрицы системы. Построение фазового портрета линейной системы второго порядка. Нахождение предельного цикла.	14		14
Тема 2. Исследование линейной системы первого порядка на устойчивость по первому приближению. Исследование на устойчивость нулевого решения системы с помощью функции Ляпунова. Исследование устойчивости нелинейной системы второго порядка по первому приближению. Применение заданной функции Ляпунова к исследованию устойчивости. Исследование асимптотической устойчивости нулевого решения системы дифференциальных уравнений	16		14
<b>Текущий контроль 1</b> Опрос	2		
<b>Текущий контроль КР1</b>			8
<b>Учебный модуль 2. Основы оптимального управления...</b>			
Тема 3. Понятие управляемой динамической системы. Стабилизация систем управления. Постановка задач оптимального управления. Определение типа системы управления. Решение простейших вариационных задач. Задача с подвижными концами.	16		14
Тема 4. Задача синтеза оптимального управления. Синтез оптимальных управлений для линейных систем первого порядка. Решение задачи релейной стабилизации программного движения. Построение программного управления в линейной системе. Решение задачи синтеза оптимального по быстродействию управления в линейной системе второго порядка.	16		14
<b>Текущий контроль 2</b> Опрос	2		
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине</b> зачет	6		8
<b>ВСЕГО:</b>	<b>72</b>		<b>72</b>

## 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	6	4			8	1
2	6	4			8	1
3	6	4			8	1
4	6	4			8	1

Номера изучаемых тем	Очнообразование		Очно-заочнообразование		Заочнообразование	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
	<b>ВСЕГО: 16</b>					<b>4</b>

### 3.2. Практические и семинарские занятия

Номера изучаемых тем	Наименование и форма занятий	Очнообразование		Очно-заочное образование		Заочнообразование	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	Практические занятия (семинар)	6	2			8	1
2	Практические занятия (семинар)	6	6			8	1
3	Практические занятия (семинар)	6	2			8	1
4	Практические занятия (семинар)	6	6			8	1
	<b>ВСЕГО:</b>	<b>16</b>				<b>4</b>	

## 4. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Не предусмотрено.

## 5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Номера учебных модулей, по которым проводится контроль	Форма контроля знаний	Очнообразование		Очно-заочнообразование		Заочнообразование	
		Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во
1	Опрос	6	1			-	-
2	Опрос	6	1			-	-
1,2	Контрольная работа	-	-			8	1

## 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Виды самостоятельной работы обучающегося	Очнообразование		Очно-заочное образование		Заочнообразование	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)

Виды самостоятельной работы обучающегося	Очнообучение		Очно-заочное обучение		Заочноеобучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1. проработка лекционного материала по конспекту и учебной литературе;	6	8			8	26
2. подготовка к практическим занятиям, зачетам, экзаменам;	6	16			8	20
3. выполнение индивидуального домашнего задания, расчетно-графической работы.	6	16			8	18
<b>ВСЕГО:</b>		<b>40</b>				<b>64</b>

## 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

### 7.1. Характеристика видов и используемых инновационных форм учебных занятий

Наименование видов учебных занятий	Используемые инновационные формы	Объем занятий в инновационных формах (часы)		
		очно обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Лекции и семинарские занятия	поиск вариантов решения проблемных ситуаций	10		2
<b>ВСЕГО:</b>		10		2

### 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/metod/kafavtexpr/1.pdf> - ЭБ ВШТЭ.



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

- 1 Оптимальное управление, часть 1. Учебно-методическое пособие для студентов всех форм обучения. Н.Белая, Е.Иванова, Г.Смирнова; СПб, 2012.
- 2 Оптимальное управление. Переменные структуры, часть 2. Учебно-методическое пособие. Н.Белая, Е. Иванова, В.Суриков СПб, 2016

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

1. Microsoft Windows 8.1
2. Microsoft Office 2013
3. PTC Mathcad 15

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
Лекции	<p>Освоение лекционного материала обучающимся предполагает следующие виды работ:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• проработка рабочей программы в соответствии с целями и задачами, структурой и содержанием дисциплины;</li><li>• конспект лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы и формулировки; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины.</li><li>• Проверка терминов, понятий: осуществлять с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь;</li><li>• работа с теоретическим материалом: найти ответ на вопросы в рекомендуемой литературе.</li></ul> <p>Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации или на практическом занятии.</p>
Практические занятия	<p>Подготовка к практическим занятиям предполагает следующие виды работ: работа с конспектом лекций;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• подготовка ответов к контрольным вопросам;</li><li>• просмотр рекомендуемой литературы;</li></ul> <p>решение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.</p>
Самостоятельная работа	<p>Следует предварительно изучить методические указания по выполнению самостоятельной работы, контрольной работы.</p> <p><b>При подготовке к зачету</b> необходимо ознакомиться с демонстрационным вариантом задания (перечнем вопросов, пр.), проработать конспекты лекций и практических занятий, рекомендуемую литературу, получить консультацию у преподавателя.</p>

## 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-3(2)	Способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.	Устное собеседование. Практическое типовое задание.	1. Перечень вопросов к зачету (16 вопросов) 2. Практические типовые задания (4 задачи)

### 10.1.2. Описание шкал и критериев оценивания сформированности компетенций

#### Критерии оценивания сформированности компетенций

Оценка по традиционной шкале	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Практические задания
Зачтено	Обучающийся показывает глубокое знание основных понятий и теорем, свободно ориентируется в основных понятиях, терминах и определениях; усвоил основную литературу; проявляет творческие способности в использовании учебного материала.	
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 и не может устранить их даже под руководством преподавателя.	

### 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	Систем дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами. Характеристическое уравнение системы.	1
2	Построение фазового портрета линейной системы второго порядка. Нахождение предельного цикла.	
3	Нахождение предельного цикла	
4	Понятие устойчивости, асимптотической устойчивости и неустойчивости нулевого решения по Ляпунову.	2
5	Исследование линейной системы первого порядка на устойчивость по первому приближению.	
6	Исследование асимптотической устойчивости нулевого решения системы	



	дифференциальных уравнений.	
7	Исследование устойчивости нелинейной системы второго порядка по первому приближению.	
8	Понятие управляемой динамической системы.	3
9	Стабилизация систем управления.	
10	Постановка задачи оптимального по быстродействию управления.	
11	Задача с подвижными концами.	
12	Задача синтеза оптимального управления.	4
13	Синтез оптимальных управлений для линейных систем первого порядка.	
14	Решение задачи релейной стабилизации программного движения.	
15	Решение задачи синтеза оптимального по быстродействию управления в линейной системе второго порядка.	
16	Построение программного управления в линейной системе.	

### 10.2.2. Вариант типовых заданий (задач), разработанных в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Условия типовых задач	Ответ
1	Какое из четырех данных уравнений описывает управляемое движение для системы второго порядка: А) $\begin{cases} x_1' = -x_2 + 1 \\ x_2' = x_1 \end{cases}$ ; Б) $\begin{cases} x_1' = -x_2 + 1 \\ x_2' = x_1 + u \end{cases}$ ; В) $\begin{cases} x_1 = -x_2 + 1 \\ x_2 = x_1 + u \end{cases}$ ; Г) $\begin{cases} x_1' = -x_2 + 1 \\ x_2 = x_1 + u \end{cases}$	Б
2	Найти собственные числа системы: $\begin{cases} x_1' = x_1 + 2x_2 \\ x_2' = -x_1 + 4x_2 \end{cases}$	$\lambda_1 = 2; \lambda_2 = 3$
3	Нулевое решение системы $\begin{cases} x_1' = -x_1 - x_2 \\ x_2' = 2x_1 - 3x_2 \end{cases}$ А) Асимптотически устойчиво; Б) Неустойчиво; В) Устойчиво.	А
4	Синтезировать оптимальное по быстродействию управление, переводящее систему $\begin{cases} x_1' = 2x_2 \\ x_2' = u \end{cases}$ , где $-1 \leq u \leq 1$ ; из фазового состояния <b>(1;1)</b> в нулевое положение.	Материальная точка из фазового положения <b>(1;1)</b> под воздействием управления $u = -1$ по траектории $x_1 = -x_2^2 + 2$ переходит в точку <b>(1;-1)</b> , где происходит переключение управления на $u = 1$ , после чего по траектории $x_1 = x_2^2$ приходит в начало координат.



**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 (принято на Ученом совете университета 15.03.2016г., протокол № 4)

**10.3.2. Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине**

устная  письменная  компьютерное тестирование

**10.3.3. Особенности проведения зачета**

- Возможность пользоваться справочными таблицами;
- Время на подготовку ответа по билету 45 мин.