

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОПОП ВО
доцент В.Ю. Бажин

Проректор по образовательной
деятельности Д.Г. Петраков

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ОПТИМАЛЬНОЕ И АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Уровень высшего образования:	Магистратура
Направление подготовки:	15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
Направленность (профиль):	Системы автоматизированного управления в горном деле
Квалификация выпускника:	магистр
Форма обучения:	очная
Составитель:	Петров П.А.

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины «Оптимальное и адаптивное управление» разработана:

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», утвержденного приказом Минобрнауки России № 1452 от 25.11.2020 г.;

- на основании учебного плана магистратуры по направлению подготовки 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» направленность (профиль) «Системы автоматизированного управления в горном деле».

Составитель _____ доцент каф. АТПП П.А. Петров

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры автоматизации технологических процессов и производств от 15.02.2021 г., протокол № 12.

Заведующий кафедрой АТПП _____ д.т.н., доц., В.Ю. Бажин

Рабочая программа согласована:

Начальник отдела лицензирования, аккредитации и контроля качества образования _____ Ю.А. Дубровская

Начальник отдела методического обеспечения учебного процесса _____ А.Ю. Романчиков

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины «Оптимальное и адаптивное управление» является формирование у студентов базовых знаний в области оптимального и адаптивного управления; подготовка выпускников к решению профессиональных задач, связанных с методами и алгоритмами оптимизации.

Задачами дисциплины являются:

- изучение понятий оптимального и адаптивного управления;
- формирование представлений о критерии оптимальности, цели функционирования оптимальных систем;
- формирование навыков практического применения методов оптимизации;
- формирование способностей для разработки способов формирования критерия качества в зависимости от специфики задачи;
- использование проблемно-ориентированных методов анализа, синтеза и оптимизации процессов автоматизации, управления производством;
- формирование мотивации к самостоятельному повышению уровня профессиональных навыков в области управления.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Оптимальное и адаптивное управление» относится к факультативным дисциплинам основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» и изучается в 3-м семестре.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Оптимальное и адаптивное управление» являются «Техническое обеспечение систем управления», «Математическое моделирование объектов и систем управления», «Проектирование систем автоматизации и управления», «Компьютерные технологии автоматизации и управления».

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Оптимальное и адаптивное управление» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2	УК-2.1. Знать: этапы жизненного цикла проекта; этапы разработки и реализации проекта; методы разработки и управления проектами. УК-2.2. Уметь: разрабатывать проект с учетом анализа альтернативных вариантов его реализации, определять целевые этапы, основные направления работ; объяснить цели и сформулировать задачи, связанные с подготовкой и реализацией проекта управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла.

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
		УК-2.3. Владеть: методиками разработки и управления проектом; методами оценки потребности в ресурсах и эффективности проекта.
Способен изучать, анализировать и применять научно-техническую информацию для выполнения научно-исследовательской работы	ПКС-4	ПКС-4.1. Знает: основные понятия, категории и методы научных исследований; этапы проведения научно-технического исследования ПКС-4.2. Умеет: работать с нормативными документами, справочной литературой, проектной документацией; оформлять ссылки / сноски и библиографический список в соответствии с требованиями и правилами составления ПКС-4.3. Владеет навыками анализа, обобщения, систематизации и интерпретации данных отечественных и зарубежных исследований по изучаемым вопросам
Способен проводить математическое моделирование технологических процессов и систем управления в рамках научных исследований	ПКС-5	ПКС-5.1. Умеет задавать условия функционирования технологических схем и необходимых расчетных методов, обеспечивающих определение оптимальных условий с использованием критериев оптимизации и математических методов оптимизации ПКС-5.2. Умеет использовать специализированные программные пакеты при расчете материальных и тепловых балансов сложных химико-технологических схем; применять методы решения математических задач с использованием различных вычислительных средств ПКС-5.3. Владеет навыками анализа технологических схем и разработки схем автоматизации для стационарных и динамических режимов производственных процессов

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость учебной дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 ак. часа.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		3
Аудиторная работа, в том числе:	28	28
Лекции (Л)	14	14
Практические занятия (ПЗ)	14	14

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		3
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	44	44
Подготовка к лекциям	7	7
Подготовка к практическим занятиям	14	14
Аналитический информационный поиск	12	12
Работа в библиотеке	11	11
Промежуточная аттестация – зачет (3)	3	3
Общая трудоемкость дисциплины		
	ак. час.	72
	зач. ед.	2

4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия и самостоятельная работа.

4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Наименование разделов	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента, в том числе курсовая работа
Раздел 1 Введение. Основные понятия оптимального управления	10	2	-	-	8
Раздел 2 Методы исследования функций классического анализа	22	4	6	-	12
Раздел 3 Динамическое программирование. Линейное программирование. Нелинейное программирование	26	6	8	-	12
Раздел 4 Основные понятия адаптивных систем. Структура адаптивных систем	14	2	-	-	12
Итого:	72	14	14	-	44

4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1.	Раздел 1. Введение. Основные понятия оптимального управления	Цели и задачи курса. Связь с другими дисциплинами. Организация изучения дисциплины. Оптимальная система, оптимальное управление, оптимальная траектория, краевые условия, цель управления, критерий оптимальности, функционал. Экономическая оценка эффективности процессов. Математические модели процессов. Общая характеристика методов решения задач	2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		оптимизации. Чувствительность оптимума.	
2.	Раздел 2. Методы исследования функций классического анализа	Основные понятия. Экстремумы функций одной переменной. Сравнение знаков производных. Исследование знаков высших производных. Экстремумы функций многих переменных. Основные понятия. Уравнение Эйлера. Граничные условия. Условный экстремум. Частные случаи решения уравнения Эйлера.	4
3.	Раздел 3. Динамическое программирование. Линейное программирование. Нелинейное программирование	Многостадийные процессы. Принцип оптимальности. Общая процедура решения задачи методом динамического программирования. Множители Лагранжа в динамическом программировании. Основные понятия. Формулировка принципа максимума. Принцип максимума для задач с критерием оптимальности, заданным в виде функционала. Граничные условия. Вычислительные аспекты принципа максимума. Синтез оптимальных регуляторов. Основные понятия. Симплексный метод решения задач. Алгоритм симплексного метода. Целевая функция и ее свойства. Градиент целевой функции. Общая характеристика методов решения задач нелинейного программирования. Градиентные методы: метод релаксации, метод наискорейшего спуска. Безградиентные методы: метод «золотого сечения», метод с использованием чисел Фибоначчи, метод поочередного изменения переменных, метод сканирования, метод случайного поиска.	6
4.	Раздел 4. Основные понятия адаптивных систем. Структура адаптивных систем	Основные понятия. Системы с разомкнутыми цепями самонастройки, системы с замкнутыми цепями самонастройки, самонастраивающиеся системы с эталонной моделью и идентификатором, системы с экстремальной самонастройкой, системы с самоорганизацией, игровые системы.	2
Итого:			14

4.2.3. Практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических занятий	Трудоемкость (ак.час.)
1.	Раздел 2.	Решение задач на методы исследования функций классического анализа.	2
	Раздел 2.	Решение оптимальных задач с помощью вариационного исчисления.	4
2.	Раздел 3.	Решение задач оптимизации методом множителей Лагранжа.	2
3.	Раздел 3.	Решение задач оптимизации методом динамического программирования.	2
4.	Раздел 3.	Применение принципа максимума для решения оптимальных задач	2

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических занятий	Трудоемкость (ак. час.)
5.	Раздел 3.	Решение задач с помощью линейного и нелинейного программирования.	2
Итого:			14

4.2.4. Лабораторные работы не предусмотрены.

4.2.5. Курсовые работы не предусмотрены

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

Лекции, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся. Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

Практические занятия. Цели практических занятий:

-совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

Консультации (текущая консультация, накануне зачета) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

Самостоятельная работа обучающихся 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.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Раздел 1. Введение. Основные понятия оптимального управления.

1. Оптимальная система.
2. Оптимальное управление.
3. Оптимальная траектория.
4. Краевые условия.
5. Цель управления.
6. Критерий оптимальности.
7. Функционал.
8. Экономическая оценка эффективности процессов.
9. Математические модели процессов.
10. Общая характеристика методов решения задач оптимизации.
11. Чувствительность оптимума.

Раздел 2. Методы исследования функций классического анализа

1. Основные понятия.
2. Экстремумы функций одной переменной.

3. Сравнение знаков производных.
4. Исследование знаков высших производных.
5. Экстремумы функций многих переменных.
6. Основные понятия.
7. Уравнение Эйлера.
8. Граничные условия.
9. Условный экстремум.
10. Частные случаи решения уравнения Эйлера.

Раздел 3. Динамическое программирование. Линейное программирование. Нелинейное программирование.

1. Многостадийные процессы.
2. Принцип оптимальности.
3. Общая процедура решения задачи методом динамического программирования.
4. Множители Лагранжа в динамическом программировании.
5. Примеры постановок оптимальных задач методом динамического программирования.
6. Формулировка принципа максимума.
7. Принцип максимума для задач с критерием оптимальности, заданным в виде функционала.
8. Граничные условия.
9. Вычислительные аспекты принципа максимума.
10. Синтез оптимальных регуляторов.

Раздел 4. Основные понятия адаптивных систем. Структура адаптивных систем.

1. Основные понятия.
2. Симплексный метод решения задач.
3. Алгоритм симплексного метода.
4. Принцип двойственности.
5. Примеры постановок оптимальных задач методом линейного программирования.
6. Целевая функция и ее свойства.
7. Градиент целевой функции.
8. Общая характеристика методов решения задач нелинейного программирования.
9. Градиентные методы: метод релаксации, метод наискорейшего спуска.
10. Метод «золотого сечения».
11. Метод с использованием чисел Фибоначчи.
12. Метод поочередного изменения переменных.
13. Метод сканирования.
14. Метод случайного поиска.
15. Системы с разомкнутыми цепями самонастройки.
16. Системы с замкнутыми цепями самонастройки.
17. Самонастраивающиеся системы с эталонной моделью и идентификатором.
18. Системы с экстремальной самонастройкой.
19. Системы с самоорганизацией.
20. Игровые системы.

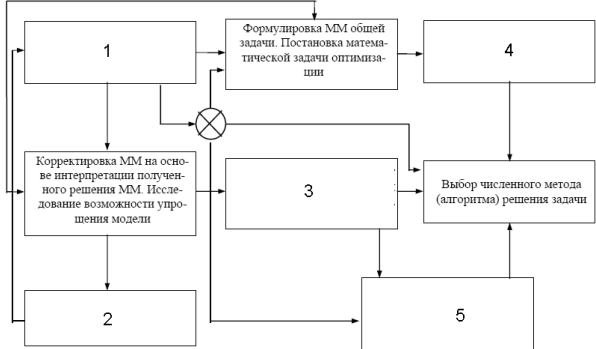
6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (зачета)

6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к зачету (по дисциплине):

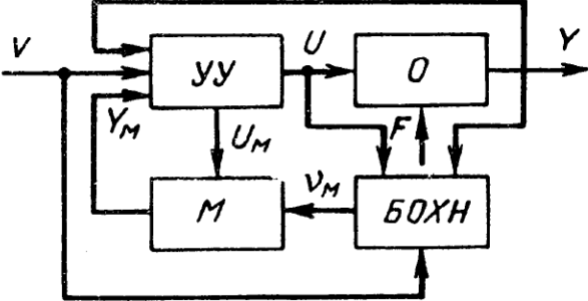
1. Критерий оптимизации.
2. Формулировка задачи синтеза оптимального управления.
3. Оптимальные системы.
4. Краевые условия.
5. Сформулируйте теорему о максимуме.
6. К каким системам управления применим принцип максимума?
7. Какие системы называют оптимальными по быстродействию?

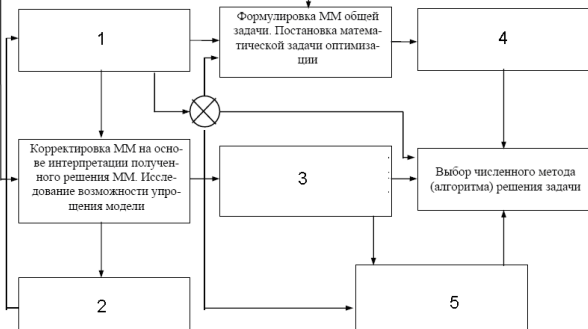
8. Сформулируйте вариационную задачу с подвижными концами.
9. Что называется условным экстремумом?
10. Что называется общей задачей Лагранжа?
11. Назовите основные типы задач синтеза оптимальных систем.
12. Метод динамического программирования.
13. Какая последовательность задает изменение состояния системы в дискретные моменты времени?
14. Оптимальное управление при неполной информации о векторе состояния.
15. Структура оптимального регулятора.
16. Оптимальный наблюдатель.
17. Оптимальные стохастические дискретные системы.
18. Оптимальное по быстродействию управление.
19. Определение принципа максимума Понтрягина.
20. Функция Гамильтона.
21. Этапы расчета системы по принципу максимума Понтрягина.
22. Экстремальные системы.
23. Градиент функции.
24. Способ синхронного детектирования.
25. Способ производной по времени.
26. Способ градиента.
27. Способ наискорейшего спуска.
28. Адаптивные системы.
29. Гипотеза о квазистационарности.
30. Идентификационный алгоритм адаптивного управления.
31. Структура адаптивных систем.
32. Параметрически адаптивные системы.
33. Системы с разомкнутыми цепями самонастройки.
34. Системы с замкнутыми цепями самонастройки.
35. Самонастраивающиеся системы с эталонной моделью.
36. Самонастраивающиеся системы с идентификатором.
37. Системы с экстремальной самонастройкой.
38. Системы с самоорганизацией.
39. Игровые системы.
40. Чувствительность системы управления.
41. Условия Лагранжа, необходимые для минимизации функционала.
42. Какой подход рассматривает оптимальное управление в форме закона управления в форме обратной связи для множества однородных объектов, отличающихся различными начальными состояниями?
43. Способ запоминания экстремума, способ Гаусса-Зайделя.
44. Какие системы относятся к адаптивным системам автоматического управления?
45. Эталонная модель.
46. Какие системы называются линейными оптимальными системами?
47. В чем заключается смысл обобщенного интегрального критерия?
48. В чем заключается принцип оптимальности Беллмана?

6.2.2. Примерные тестовые задания к зачету
Вариант 1

№	Вопросы	Варианты ответов
1.	Системы, изменяющие управляемую величину по заранее заданной программе, называются	<ol style="list-style-type: none"> 1. Стабилизирующими системами. 2. Программными системами. 3. Следящими системами. 4. Экстремальными системами.
2.	Методы теории оптимальных процессов можно условно разделить на:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Точные и неточные. 2. Прямые и косвенные. 3. Статические и вероятностные. 4. Правильного ответа нет.
3.	Полная математическая модель общей задачи оптимизации управления состоит из:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Процесса управляемого движения. 2. Располагаемых ресурсов и технических ограничений. 3. Показателя качества процесса управления. 4. Все перечисленные.
4.	<p>Какой этап разработки схемы взаимосвязи постановки технических задач оптимизации с соответствующей математической моделью и результатами решения отсутствует на картинке в блоке №1?</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Постановка исходной задачи (формулировка). Выбор критерия оптимальности. 2. Выбор общего подхода к решению математической задачи оптимизации. 3. Улучшение точности и вычислительной эффективности алгоритмов решения задачи оптимизации. 4. Уточнение формулировки задачи на основе результатов решения математической модели.
5.	Краевые условия – это:	<ol style="list-style-type: none"> 1. $x(t_0)=x_0$ – начальное состояние объекта. 2. $x(t_1)=x_1$ – конечное положение объекта. 3. начальное и конечное состояние объекта. 4. $x(t_0)=x_1$ и $x(t_1)=x_0$.
6.	Системы с идентификационным алгоритмом называют:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Оптимальными. 2. Адаптивными. 3. Параметрически адаптивными. 4. Непрерывными.
7.	Чем в основном обеспечивается получение требуемого быстродействия процесса?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Посредством выбора соответствующих элементов (двигателей, усилителей, исполнительных органов и т.д.). 2. Ведением нескольких параллельных задач процесса. 3. Внедрением корректирующих средств. 4. Изменением параметров системы (постоянные времени, коэффициент передачи).

№	Вопросы	Варианты ответов
8.	В какой последовательности происходит процедура аналитического конструирования регуляторов?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Решение уравнения Риккати, вычисление искомой матрицы коэффициентов усиления регулятора. 2. Решение уравнения Риккати, выделение положительных решений уравнения Риккати. 3. Выделение положительных решений уравнения Риккати, вычисление искомой матрицы коэффициентов усиления регулятора. 4. Решение уравнения Риккати, выделение положительных решений уравнения Риккати, вычисление искомой матрицы коэффициентов усиления регулятора.
9.	Какая система автоматического управления называется оптимальной?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Система, которой приданы удовлетворительные качества. 2. Система с наилучшими показателями качества при максимальных затратах. 3. Система, которой тем или иным способом приданы наилучшие качества в каком-либо определенном смысле. 4. Любая динамическая система управления.
10.	Синтез оптимальной структуры управляющего устройства включает этапы:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определения оптимального алгоритма управления и его техническая реализация. 2. Оптимизации закона управления. 3. Минимизации себестоимости управляющего устройства при максимизации управляющего воздействия. 4. Определения оптимального алгоритма управления.
11.	Из множества допустимых управлений выбирают такое, при котором:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Проще технически реализовать управляющее устройство. 2. Функционал принимает любое установившееся значение. 3. Функционал не зависит от времени. 4. Функционал принимает минимальное значение.
12.	Выберите условия Лагранжа, необходимые для минимизации функционала:	<ol style="list-style-type: none"> 1. $\frac{\partial f_0}{\partial x_i} - \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial f_0}{\partial \dot{x}_i} \right) = 0, \quad i = 1, 2, \dots, n$ 2. $\frac{\partial^2 f_0}{\partial x_i^2} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n$ 3. $\frac{\partial f_0}{\partial x_i} + \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial f_0}{\partial \dot{x}_i} \right) = 0, \quad i = 1, 2, \dots, n$ 4. $-\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial f_0}{\partial \dot{x}_i} \right) = 0, \quad i = 1, 2, \dots, n$

№	Вопросы	Варианты ответов
13.	Выберете определение принципа максимума Понтрягина.	<p>1. Для оптимальности системы необходимо существование таких ненулевых непрерывных функций $\psi_i(t) = -\frac{\partial H(\bar{\psi}, \bar{x}, \bar{u})}{\partial \bar{x}}$, что при любом моменте времени t, находящемся в заданном диапазоне, величина H, как функция допустимого управления, достигает максимума.</p> <p>2. Для оптимальности системы необходимо существование таких ненулевых непрерывных функций $\psi_i(t) = -\frac{\partial H(\bar{\psi}, \bar{x}, \bar{u})}{\partial \bar{x}}$, что при любом моменте времени t, величина H, достигает минимума.</p> <p>3. Для оптимальности системы необходимо существование таких нулевых непрерывных функций $\psi_i(t) = -\frac{\partial f(\bar{\psi}, \bar{x}, \bar{u})}{\partial \bar{x}}$, что величина u достигает максимума.</p> <p>4. Для оптимальности системы необходимо существование таких ненулевых непрерывных функций $\psi_i(t) = -\frac{\partial f(\bar{\psi}, \bar{x}, \bar{u})}{\partial \bar{x}}$, что величина x достигает максимума.</p>
14.	Системы управления, в которых задающие воздействия определяются автоматически в соответствии с максимумом или минимумом некоторой функции, называются	<p>1. Линейными.</p> <p>2. Нелинейными.</p> <p>3. Самонастраивающимися.</p> <p>4. Экстремальными.</p>
15.	<p>На рисунке представлена обобщенная структурная схема:</p> 	<p>1. Самонастраивающейся системы с моделью.</p> <p>2. Самонастраивающейся системы.</p> <p>3. Оптимальной системы.</p> <p>4. Каскадного управления.</p>
16.	Способ запоминания экстремума, способ Гаусса-Зайделя, способ производной по времени относятся к методам:	<p>1. Решения задачи динамического программирования.</p> <p>2. Определения функционала.</p> <p>3. Расчета переменных состояния.</p> <p>4. Определения градиента.</p>

№	Вопросы	Варианты ответов
17.	Функционально-адаптивные системы управления – это:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Системы, реализующие обратный алгоритм управления, параметры регулятора изменяются в зависимости от критерия качества функционирования системы. 2. Системы, реализующие параллельный алгоритм управления, параметры регулятора изменяются в зависимости от структуры объекта управления. 3. Системы, реализующие прямой алгоритм управления, параметры регулятора изменяются в зависимости от критерия качества функционирования системы. 4. Системы, реализующие прямой алгоритм управления, параметры регулятора изменяются в зависимости от структуры объекта управления.
18.	Основной контур регулирования включает в себя:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Изменяющуюся часть регулятора и адаптер. 2. Объект с регулятором. 3. Объект и изменяющуюся часть регулятора. 4. Адаптер.
19.	Следующее определение: «Оптимальная политика обладает тем свойством, что каковы бы ни были начальное состояние и первоначально принятое решение, последующие решения должны составлять оптимальную политику относительно состояния, получившегося в результате первоначально принятого решения» описывает:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Принцип Беллмана. 2. Теореме Коши. 3. Уравнение Эйлера–Лагранжа и принцип максимума Понтрягина. 4. Уравнения Гамильтона–Якоби.
20.	<p>Какой этап разработки схемы взаимосвязи постановки технических задач оптимизации с соответствующей математической моделью и результатами решения отсутствует на картинке в блоке №2?</p>  <pre> graph TD 1[1. Формулировка ММ общей задачи. Постановка математической задачи оптимизации] --> 2[2. Корректировка ММ на основе интерпретации полученного решения ММ. Исследование возможности упрощения модели] 2 --> 3[3. Улучшение точности и вычислительной эффективности алгоритмов решения задачи оптимизации] 3 --> 4[4. Выбор численного метода (алгоритма) решения задачи] 4 --> 5[5. Выбор общего подхода к решению математической задачи оптимизации] 5 --> 1 5 --> 2 </pre>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Постановка исходной задачи (формулировка). Выбор критерия оптимальности. 2. Уточнение формулировки задачи на основе результатов решения математической модели. 3. Улучшение точности и вычислительной эффективности алгоритмов решения задачи оптимизации. 4. Выбор общего подхода к решению математической задачи оптимизации.

Вариант 2

№	Вопросы	Варианты ответов
1.	Уравнение объекта управления описывается уравнением $\dot{x} = \varphi(x, u, t)$, где x – это:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вектор переменных состояния объекта. 2. Вектор управлений. 3. Перемещение. 4. Координата.
2.	Принцип максимума был впервые описан:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Понтрягиным. 2. Красовским. 3. Беллманом. 4. Тейлором.
3.	Наблюдатель – это:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Человек, наблюдающий ход события. 2. Объект, принимающий участие в событии. 3. Физическое устройство, на вход которого подается реальный вектор управления. 4. Вектор состояния.
4.	Изменяющаяся часть регулятора и адаптер составляют:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Контур регулирования. 2. Контур адаптации. 3. Разомкнутый контур. 4. Структурный контур.
5.	Устройство, реализующее алгоритм адаптации – это:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Адаптер. 2. Наблюдатель. 3. Регулятор. 4. Контур регулирования.
6.	Матричное уравнение Риккати:	<ol style="list-style-type: none"> 1. $PA + A'P = 0$ 2. $PA + A'P - PBB'P + Q = 0$ 3. $u = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3$ 4. $u = C'(t)x$
7.	Что понимают под улучшением качества процесса управления?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Получение уточненных коэффициентов передачи отдельных звеньев. 2. Изменение динамических свойств системы с целью получения необходимого запаса устойчивости и быстродействия. 3. Получение максимально большого запаса устойчивости. 4. Улучшение общего качества исполнительных органов процесса.
8.	Чувствительность системы управления – это:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Показатель, характеризующий свойство системы изменять режим работы при отклонении того или иного ее параметра от номинального или исходного значения. 2. Показатель скорости адаптации системы к изменению входных сигналов. 3. Реакция системы на входные параметры. 4. Способность системы изменять свое состояние.

№	Вопросы	Варианты ответов
9.	К адаптивным системам автоматического управления относятся:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Самонастраивающиеся системы. 2. Экстремальные системы. 3. Программные системы. 4. Самонастраивающиеся и экстремальные системы.
10.	При решении задачи оптимизации алгоритма управления:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Должна быть найдена наивыгоднейшая программа изменения задающего воздействия. 2. Должна быть найдена наилучшая структура управляющего устройства или его изменяемой части. 3. Должны быть найдены наилучшие параметры управляющего устройства или его изменяемой части. 4. Необходимо найти структуру объекта управления.
11.	Чаще всего критерий оптимальности выражается в виде:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Интеграла. 2. Функционала. 3. Производной от функционала. 4. Скалярной величины.
12.	Уравнение Эйлера имеет вид:	<ol style="list-style-type: none"> 1. $\frac{\partial f_0}{\partial x_i} - \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial f_0}{\partial \dot{x}_i} \right) = 0, \quad i = 1, 2, \dots, n$ 2. $\frac{\partial^2 f_0}{\partial x_i^2} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n$ 3. $\frac{\partial f_0}{\partial x_i} = 0, \quad i = 1, 2, \dots, n$ 4. $-\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial f_0}{\partial \dot{x}_i} \right) = 0, \quad i = 1, 2, \dots, n$
13.	Метод динамического программирования был предложен:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Понтрягиным. 2. Уаттом. 3. Лагранжем. 4. Беллманом.
14.	Какой подход рассматривает оптимальное управление в форме закона управления в форме обратной связи для множества однородных объектов, отличающихся различными начальными состояниями?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вариационное исчисление. 2. Принцип максимума Понтрягина. 3. Метод динамического программирования. 4. Метод Эйлера.
15.	Системы, обеспечивающие необходимое качество процессов управления при изменении свойств объекта управления, элементов управляющего устройства и изменении характеристик возмущающих сил, называются:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Линейными. 2. Нелинейными. 3. Самонастраивающимися. 4. Экстремальными.

№	Вопросы	Варианты ответов
16.	Идентификация включает в себя:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определение по входу и выходу объекта структуры его математической модели, определение ее параметров и оценивание вектора его переменных состояния. 2. Определение по входу и выходу объекта структуры его математической модели. 3. Определение параметров модели и оценивание вектора его переменных состояния. 4. Оценивание вектора переменных состояния объекта.
17.	Контур адаптации состоит из:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Изменяющейся части регулятора и адаптера. 2. Объекта с регулятором. 3. Объекта и изменяющейся части регулятора. 4. Адаптера.
18.	Эталонная модель – это:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Физическое устройство, с выхода которого снимаются те же воздействия, что с объекта управления. 2. Физическое устройство, на вход которого подаются те же воздействия, что и на объект управления, а сумма сигналов с выходов объекта и эталонной модели служит для изменения параметров адаптивного регулятора. 3. Виртуальное устройство, на вход которого подаются те же воздействия, что и на устройство управления. 4. Физическое устройство, на вход которого подаются те же воздействия, что и на объект управления, а разность сигналов с выходов объекта и эталонной модели служит для изменения параметров адаптивного регулятора.
19.	Какой признак адаптивных систем не относится к классификации по источнику информации?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Характеристика объекта. 2. Характеристика входных сигналов. 3. Беспорочный. 4. Характеристика выходных сигналов.
20.	Что предполагает постановка задачи оптимизации?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Объекта оптимизации. 2. Субъекта оптимизации. 3. Многообразия вариантов оптимизации. 4. Все ответы верны.

Вариант 3

№	Вопросы	Варианты ответов
1.	Дайте понятие цели оптимизации?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Необходимость оптимизации объекта оптимизации. 2. Проведение ряда опытов над объектом оптимизации. 3. Формулировка законов оптимизации. 4. Формулировка требований, предъявляемых к объекту оптимизации.
2.	Необходимое условие постановки оптимальной задачи?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Нахождение оптимального значения не менее двух величин. 2. Нахождение оптимального значения любого количества величин. 3. Нахождение оптимального значения только одной величины. 4. Нахождение оптимального значения не более трех величин.
3.	Как представляется критерий оптимальности детерминированного процесса?	<ol style="list-style-type: none"> 1. $R = R(x^{(0)}, u)$. 2. $R = R(x^{(0)}, x)$. 3. $R = R(x^{(0)}, x, u)$. 4. $R = const$.
4.	Математическое описание процесса – это	<ol style="list-style-type: none"> 1. Только система конечных уравнений. 2. Только система дифференциальных уравнений. 3. Математическая формула. 4. Система конечных и дифференциальных уравнений.
5.	Какие задачи являются обычной областью использования методов исследования функций классического анализа?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Задачи с известным аналитическим выражением критерия оптимальности. 2. Задачи с известным дискретным показателем критерия оптимальности. 3. Системы уравнений с известным аналитическим выражением критерия оптимальности. 4. Сложные задачи анализа, для решения которых необходимы большие вычислительные ресурсы.
6.	Чувствительностью оптимума – это	<ol style="list-style-type: none"> 1. Величина относительного изменения критерия оптимальности при отклонении возмущающих воздействий от оптимальных значений. 2. Величина относительного изменения критерия оптимальности при отклонении управляющих воздействий от оптимальных значений. 3. Зависимость оптимального значения от управляющих воздействий. 4. Изменения значений критерия оптимальности в зависимости от возмущающих воздействий.

№	Вопросы	Варианты ответов
7.	Из каких условий получают необходимые условия существования экстремума у непрерывной функции $R(x)$ при отсутствии ограничений на диапазон изменения переменной x ?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Эксперимента. 2. Анализа первой производной dR/dx. 3. Анализа второй производной d^2R/dx^2. 4. Системы уравнений.
8.	Равенство нулю или отсутствие производной – это	<ol style="list-style-type: none"> 1. Условия наличия экстремума функции в данной точке. 2. Только необходимые условия экстремума, но их выполнение не означает, что функция имеет экстремум в данной точке. 3. Условия, при которых у функции отсутствуют точки экстремума. 4. Взаимоисключающие условиями.
9.	Выберите правильное высказывание для непрерывных функций одной переменной	<ol style="list-style-type: none"> 1. Максимумы и минимумы чередуются между собой и расположены строго по возрастанию и убыванию, соответственно, относительно оси ординат. 2. Существуют только локальные максимумы и минимумы. 3. Существуют только глобальные максимумы и минимумы. 4. Максимумы и минимумы чередуются между собой.
10.	Что позволяет найти метод множителей Лагранжа?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Достаточные условия существования локального экстремума для непрерывных функций, имеющих непрерывные производные. 2. Необходимые условия существования условного экстремума для прерывающихся функций. 3. Достаточные условия существования условного экстремума для прерывающихся функций. 4. Необходимые условия существования условного экстремума для непрерывных функций, имеющих непрерывные производные.
11.	Для каких задач применяется метод множителей Лагранжа?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Для решения задач оптимизации объектов с распределенными параметрами и задач динамической оптимизации. 2. Только для решения задач оптимизации объектов с распределенными параметрами. 3. Только для решения задач динамической оптимизации. 4. Для решения задач оптимизации объектов с нераспределенными параметрами и задач статической оптимизации.

№	Вопросы	Варианты ответов
12.	К чему позволяют вариационные методы свести решение оптимальной задачи?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Интегрированию системы дифференциальных уравнений с множителями Лагранжа. 2. Интегрированию системы дифференциальных уравнений Эйлера. 3. Дифференцированию системы уравнений Эйлера. 4. Интегрированию системы интегральных уравнений.
13.	Функционал в вариационном исчислении – это	<ol style="list-style-type: none"> 1. Правило сложения функции и некоторой скалярной величины. 2. Правило, по которому сопоставляются функция и некоторая скалярная величина. 3. Характеристика переменной. 4. Решение задачи отыскания экстремума.
14.	Какое из важнейших условий часто встречается в практических приложениях вариационного исчисления?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ограничения по использованию данного метода. 2. Граничные условия. 3. Ограничения, заданные в форме системы уравнений. 4. Ограничения, заданные в форме дифференциальных уравнений.
15.	Достоинство математического аппарата принципа максимума?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Решение находится гораздо быстрее. 2. Известен максимум функции. 3. Решение может определяться в виде дифференциальных функций. 4. Решение может определяться в виде разрывных функций.
16.	Для решения каких задач эффективен метод динамического программирования?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Дискретных двухстадийных процессов. 2. Аналоговых многостадийных процессов. 3. Дискретных многостадийных процессов. 4. Любых задач оптимизации.
17.	В чем смысл симплексного метода?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Позволяет за конечное число итераций находить оптимальное решение подавляющего большинства практически важных задач. 2. Позволяет за неопределенное число итераций находить максимальное значение при решении подавляющего большинства практически важных задач. 3. Решение простых задач. 4. Верны ответы 1 и 3.
18.	Как называется система, в которой задающие воздействия определяются автоматически в соответствии с максимумом или минимумом некоторой функции?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Система экстремального управления. 2. Самонастраивающаяся система. 3. Автоматическая система управления. 4. Механическая система.

№	Вопросы	Варианты ответов
19.	Что не относится к методу Гаусса-Зейделя?	1. Метод обеспечивает получение только локального оптимума и локальной точки типа седла. 2. Метод позволяет оптимизировать только непрерывно изменяющиеся параметры. 3. Результаты поиска существенно зависят от удачного выбора первого направления движения, начальной точки. 4. Высокая помехозащищенность метода в смысле выбора направления движения.
20.	Что такое траектория процесса в пространстве?	1. Перемещение точки вдоль кривой траектории. 2. Траектория процесса в фазовом пространстве от точки к точке. 3. Траектория в фазовом пространстве, характеризующая промежуточные состояния процесса при его переходе из начального состояния в конечное. 4. Изменение координат точки по оси абсцисс.

6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

6.3.3. Критерии оценок промежуточной аттестации (зачет)

Оценка	Описание
Зачтено	Посещение более 50 % лекционных и практических занятий; студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос; все предусмотренные программой обучения задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое; в течение семестра выполнил творческую работу.
Не зачтено	Посещение менее 50 % лекционных и практических занятий; студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы; большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному.

Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-49	Не зачтено
50-65	Зачтено
66-85	Зачтено
86-100	Зачтено

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Рекомендуемая литература

7.1. 1. Основная литература

1. Бочкарев В.В. Оптимизация химико–технологических процессов: учебное пособие: учеб. пособие – Электрон. дан. – Томск : ТПУ, 2019. – 264 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/62913>.

2. Гапанович В.С. Методы решения оптимизационных задач [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.С. Гапанович, И.В. Гапанович. – Электрон. дан. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2014. – 272 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/64530>.
3. Ицкович Э.Л. Методы рациональной автоматизации производства [Электронный ресурс]/ Э.Л. Ицкович. – Москва: Инфра-Инженерия, 2017. – 256 с. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=444167>.
4. Кочегурова Е.А. Теория и методы оптимизации [Электронный ресурс] : учеб. пособие – Электрон. дан. – Томск: ТПУ, 2018. – 134 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/45142>.
5. Математика, ч. 2. Методы оптимизации [Электронный ресурс] : учеб.–метод. комплекс / сост.: Г. Г. Ткаченко, Л. В. Боброва. – СПб. : Изд-во СЗТУ, 2009. – 147 с. – URL: 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=%D0%9C%2D%2D20090420165429<.>.
6. Математическое моделирование и оптимальное управление процессами нефтегазопереработки [Электронный ресурс] : учеб. пособие / П. А. Петров. – СПб. : Горн. ун-т, 2015. – 104 с. URL: 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=%2D725884<.>.

7.1.2. Дополнительная литература

1. Адигамов А.Э. Алгоритмы решения некоторых основных классов задач оптимизации больших систем [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.Э. Адигамов В.А. Жевнеров, С.А. Редкозубов. – Электрон. дан. – Москва : Горная книга, 2017. – 20 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/49696>.
2. Аттетков А.В. Введение в методы оптимизации [Электронный ресурс] : учеб. пособие – Электрон. дан. – Москва : Финансы и статистика, 2018. – 272 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/53756>.
3. Панкратов В.В. Избранные разделы теории автоматического управления : учебное пособие [Электронный ресурс]/ В.В. Панкратов, О.В. Нос, Е.А. Зима. – Новосибирск : НГТУ, 2017. – 222 с. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=135671>.
4. Федунец Н.И. Методы оптимизации : учебное пособие [Электронный ресурс] / Н.И. Федунец, Ю.Г. Черников. – Москва : Горная книга, 2018. – 376 с. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229023>.

7.2. 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/
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/>
7. Портал «Гуманитарное образование» <http://www.humanities.edu.ru/>
8. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
9. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
10. Поисковые системы Yandex, Rambler, Yahoo и др.
11. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань»: <https://e.lanbook.com/books>
12. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://elibrary.rsl.ru/>
13. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>
14. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ»: www.biblio-online.ru.

15. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Руконт»»: <http://rucont.ru/>

16. Электронно-библиотечная система <http://www.sciteclibrary.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:

Специализированные аудитории, используемые при проведении занятий лекционного типа, практических занятий, оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы.

Аудитории оснащены специализированным оборудованием, необходимым для выполнения практических работ по дисциплине «Оптимальное и адаптивное управление».

Аудитории для проведения лекционных занятий.

Оснащенность: стол – 15 шт., стул – 30 шт, доска белая маркерная Magnetoplan С 2000х1000мм.

Компьютерная техника: интерактивный сенсорный LCD-экран iiyama ProLite PL8603U.

Аудитории для проведения практических занятий.

Оснащенность: стол – 8 шт., стул – 16 шт, доска белая маркерная Magnetoplan С 2000х1000мм.

Компьютерная техника: Моноблок Dell OptiPlex 7470 All-in-One CTO 23.8" FHD DDR4 16 ГБ – 16 шт.

8.2. Помещения для самостоятельной работы:

1. Оснащенность: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

2. Оснащенность: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

3. Оснащенность: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для студентов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) – 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) – 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 – 17 шт., плакат – 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стулья – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки

Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

8.4. Лицензионное программное обеспечение:

1. Microsoft Windows 8 Professional (договор бессрочный ГК № 875-09/13 от 30.09.2013 «На поставку компьютерной техники»)

2. Microsoft Office 2007 Standard (договор бессрочный Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007)

3. Microsoft Office 2007 Professional Plus (договор бессрочный Microsoft Open License 46082032 от 30.10.2009, договор бессрочный Microsoft Open License 46822807 от 22.12.2009, договор бессрочный Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010, договор бессрочный Microsoft Open License 45207312 от 03.03.2009)