

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

Руководитель ОПОП ВО
профессор Бажин В.Ю.

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета
переработки минерального сырья
доцент Петров П.А.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ (МЕТАЛЛУРГИЯ)

Уровень высшего образования – подготовка кадров высшей квалификации

Направление подготовки: 09.06.01 Информатика и вычислительная техника

Направленность (профиль): Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (металлургия)

Форма обучения: очная

Нормативный срок обучения: 4 года

Составители: профессор Шариков Ю.В., профессор Бажин В.Ю.

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (металлургия)» составлена:

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 09.06.01 Информатика и вычислительная техника (уровень профессионального образования: высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации), утв. приказом Минобрнауки России от 30 июля 2014 г. N 875 (ред. от 30.04.2015 N 464);

- на основании учебного плана направленности (профиля) Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (металлургия) по направлению 09.06.01 Информатика и вычислительная техника.

Составители:



д.т.н., профессор Шариков Ю.В.

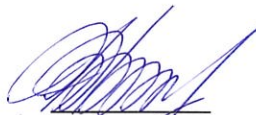


д.т.н., Бажин В.Ю.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Автоматизации технологических процессов и производств от «26» апреля 2019 г., протокол № 14

Рабочая программа согласована:

Декан факультета аспирантуры и докторантуры



к.т.н.

В.В. Васильев

Заведующий кафедрой автоматизации технологических процессов и производств



д.т.н.

Бажин В.Ю.

ЛИСТ АКТУАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа дисциплины «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (металлургия)» рассмотрена и актуализирована на заседании кафедры Автоматизации технологических процессов и производств

№ п/п	№ протокола заседания кафедры	Дата протокола кафедры	Основание
1	1	«31» августа 2020	Договор с Электронно-библиотечной системой «Лань» № Д033(44)-04/20 от 28.04.2020
2	16	«18» мая 2021	Договор с Электронно-библиотечной системой «Лань» № Д041(44)-04/21 от 28.04.2021
3	15	«23» мая 2022	Договор с Электронно-библиотечной системой «Лань» № Д063(44)-04/22 от 28.04.2022

1. Цели и задачи дисциплины

Цели дисциплины:

– формирование углубленных профессиональных знаний о важнейших этапах и ведущих тенденциях развития науки об управлении сложными техническими объектами в металлургии от основания промышленности до наших дней.

Основными задачами изучения дисциплины являются:

- сформировать представление об управляемых динамических системах, закономерностях их функционирования как основе создания систем управления сложными производственными комплексами;
- сформировать представление о ведущих тенденциях в развитии теории управления и создании новых технических средств контроля и управления сложными многоуровневыми и многосвязными объектами с использованием вычислительной техники и программных средств нового поколения;
- сформировать представление об основных научных проблемах и дискуссионных вопросах в развитии теории управления сложными динамическими системами с учетом особенностей участия человека в контуре управления;
- подготовить аспирантов к применению полученных знаний при осуществлении конкретных работ по созданию систем управления технологическими объектами в металлургии.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина входит в вариативную часть Блока 1 основной профессиональной образовательной программы высшего образования - программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (ОПОП ВО аспирантуры) по направлению подготовки 09.06.01 Информатика и вычислительная техника, направленность (профиль): Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (металлургия).

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины обучающимися направлен на формирование следующей универсальной компетенций:

- способность разрабатывать принципиальные схемы управления технологическими процессами на основании сформулированных задач управления и критериев оптимизации для функционирования отдельных узлов и схемы в целом (ПК-1);
- способность проводить исследования динамики производственных объектов и создавать динамические модели и передаточные функции для объектов и технологических схем и использовать их для синтеза оптимальных регуляторов (ПК-2).

В результате изучения дисциплины обучающийся должен демонстрировать способность и готовность:

в научно-исследовательской деятельности:

– разрабатывать принципиальные схемы управления технологическими процессами на основании сформулированных задач управления и критериев оптимизации для функционирования отдельных узлов и схемы в целом;

в научно-инновационной деятельности (в соответствии с профилем подготовки):

– проводить исследования динамики производственных объектов и создавать динамические модели и передаточные функции для объектов и технологических схем и использовать их для синтеза оптимальных регуляторов.

3.1. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны приобрести:	Этапы формирования*
1.	ПК-1	Способность разрабатывать принципиальные схемы управления технологическими процессами на основании сформулированных задач управления и критериев оптимизации для функционирования отдельных узлов и схемы в целом	<p>Выпускник знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – о месте науки об управлении в системе естественных и технических наук, а также об общности законов управления при функционировании систем различной природы - технических, биологических, экономических, и других сложных динамических систем – современные технические средства контроля и измерения основных технологических параметров, принципы их действия и области применения <p>Умеет: проводить наладку схем регулирования и настройку контуров управления</p> <p>Владеет навыками: использования современных программных пакетов для создания и моделирования технологических схем совместно с системами автоматического управления</p>	В соответствии с учебным планом
2.	ПК-2	Способность проводить исследования динамики производственных объектов и создавать динамические модели и передаточные функции для объектов и технологических схем и использовать их для синтеза оптимальных регуляторов	<p>Выпускник знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – различные методы составления математических моделей технических объектов и определения адекватности этих моделей; – основные принципы классификации объектов управления и основные подходы к созданию их систем управления. <p>Умеет: пользоваться основными математическими методами оптимального управления с использованием математических моделей и построения систем управления с использованием математических моделей в контуре управления</p> <p>Владеет навыками: использования современных программных пакетов для создания и моделирования технологических схем совместно с системами автоматического управления</p>	В соответствии с учебным планом

*Основными этапами формирования компетенций обучающихся при освоении дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой разделов (тем) учебных занятий в течение учебного семестра (семестров).

3.2. Планируемые результаты обучения и критерии оценивания

В результате обучения по дисциплине обучающийся должен обрести знания, умения и навыки, указанные в разделе 3.1 настоящей программы.

Уровень освоения компетенций обучающимися на каждом этапе ее формирования определяется на основании результатов текущего контроля последовательного изучения содержательно связанных между собой разделов (тем) учебных занятий. Уровень освоения компетенций обучающимися по итогам изучения дисциплины определяется на основании результа-

тов промежуточной аттестации. Критерии оценивания сформированности компетенций, применяемые в процессе освоения этапов дисциплины и по итогам ее изучения, приведены в разделе 6 настоящей программы.

4. Структура и содержание дисциплины

Дисциплина включает в себя 9 тем, содержание которых направлено на рассмотрение общих концепций теории управления, цели и принципы управления, принципы создания ИА-СУП.

Общая трудоемкость учебной дисциплины составляет 108 часов, 3 зачётные единицы. Дисциплина изучается в 5 семестре по очной форме обучения. Форма контроля для очной формы обучения: экзамен.

4.1. Распределение трудоемкости освоения дисциплины по видам учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	семестры
		5
Общая трудоемкость дисциплины в часах	108	108
Аудиторные занятия (всего)	40	40
Лекции	20	20
Практические занятия (семинары)	20	20
Дифференцированный зачёт/Экзамен	36	36
Самостоятельная работа (всего)	32	32
Вид аттестации	Дифференцированный зачёт	Дифференцированный зачёт

4.2. Темы учебной дисциплины и виды занятий

Тема № п/п	Наименование тем	Всего часов	Количество часов по видам занятий			
			Лекции	Практические занятия (семинары)	Контроль	Самостоятельная работа
5 семестр						
1	Металлургическое производство как объект управления	2	2	0		0
2	Математическое обеспечение систем управления металлургическим объектом	6	2	2		2
3	Общие принципы и этапы построения математических моделей сис-	8	2	2		4

	тем					
4	Настройка регуляторов	8	2	2		4
5	Математическое обеспечение низкочастотных подсистем управления металлургическим объектом управления	8	2	2		4
6	Автоматизация технологических процессов на базе локальных средств	8	2	2		4
7	Регулирование основных технологических параметров и простых типовых процессов в цветной металлургии	8	2	2		4
8	Управление процессами и аппаратами цветной металлургии	24	6	8		10
	Дифференцированный зачёт	36			36	
	Итого по дисциплине	108	20	20	36	32

4.3. Содержание учебной дисциплины

1. Металлургическое производство как объект управления

Основные свойства цветных металлов и входные характеристики сырья. Общая постановка задачи управления металлургическим производством. Первый этап декомпозиции задачи 1.2. Вариационный смысл задач АСУ ТП Частотная декомпозиция задачи управления технологическими процессами металлургического производства. Метод возмущений Частотная декомпозиция на основе иерархического управления режимом технологических процессов

Рекомендуемая литература:

основная: [5-6];

дополнительная: [3, 22].

2. Математическое обеспечение систем управления металлургическим объектом

Выбор класса математической модели для описания металлургического объекта, режим которого стабилизируется комбинированным регулятором Применение метода спектральных расчетов системы стабилизации, использующей косвенное измерение и оценивание с помощью фильтра Калмана-Бьюси. Имитационное моделирование системы стабилизации.

Алгоритмы синтеза многомерной системы управления с дискретным запаздывающим контролем методом спектральных плотностей. Структурное преобразование комбинированной системы управления. Спектральная плотность недокомпенсации колебаний показателя состава шихты. Практическая реализация комбинированной стабилизирующей системы.

Рекомендуемая литература:

основная: [1, 5];

дополнительная: [1, 4-5, 8-12, 16, 19-20].

3. Общие принципы и этапы построения математических моделей систем

Структурный анализ и структурный синтез сложных технологических систем.

Модель идеального перемешивания. Модель идеального вытеснения. Ячеечная модель аппарата. Диффузионная модель. Гидродинамические модели многофазных потоков.

Кинетические модели для описания химических превращений. Основные закономерности химической кинетики. Методы определения параметров кинетических моделей. Кинетика гетерогенных процессов.

Методы определения лимитирующей стадии гетерогенного процесса. Определение кинетических констант сложных реакций методами нелинейного программирования

Синтез моделей технологических объектов на базе их гидродинамических моделей и уравнений химической кинетики.

Методы численной реализации математических моделей. Моделирование процесса нейтрализации сточных вод в каскаде реакторов идеального смешения. Разработка модели процесса нейтрализации сточных вод в каскаде реакторов идеального смешения. Моделирование процесса нейтрализации сточных вод в каскаде реакторов идеального смешения.

Рекомендуемая литература:

основная: [5];

дополнительная: [23-25].

4. Настройка регуляторов

Определение динамических характеристик объекта управления по кривой разгона. Типовая структурная схема регулятора. Классификация регуляторов. Выбор типа регулятора. Основные показатели качества регулирования. Типовые процессы регулирования. Коэффициенты передачи элементов и блоков САР. Формульный метод определения настроек регулятора. Экспериментальные методы настройки регулятора.

Цифровые регуляторы и их настройка. Упрощенная методика расчета настроек цифрового ПИД-регулятора. Расчет настроек цифрового регулятора по формулам.

Оптимальные регуляторы для объектов с запаздыванием. Предсказывающие системы управления. Алгоритм управления по прогнозирующей модели

Рекомендуемая литература:

основная: [1-3];

дополнительная: [5-6, 8, 21].

5. Математическое обеспечение низкочастотных подсистем управления металлургическим объектом управления

Формализация цели управления, основные виды критериальных функций оптимизации. Математические методы решения оптимальных задач. Экстремумы функций одной переменной. Экстремумы функций многих переменных. Примеры решения задач оптимизации теплообменников с использованием методов классического анализа функций. Определение минимального реакционного объема в каскаде реакторов идеального перемешивания. Классические вариационные задачи и методы их решения. Динамическое программирование. Принцип максимума Понтрягина.

Методы поиска экстремума функций. Методы поиска экстремума функции одной переменной. Методы поиска экстремума функции многих переменных. Оптимальное управление большими сложными системами. Основные характерные черты больших и сложных систем. Декомпозиция систем и иерархическая структура системы управления. Особенности сис-

темы «человек–машина. Режимы работы системы «человек–машина». Разработка алгоритмов управления большими системами с использованием различных методов.

Нечеткие системы управления на базе теории нечетких множеств. Подходы, применяемые в фаззи-технологии для синтеза систем управления. Элементы теории нечетких множеств. Основные понятия нечеткой логики. Применение теории нечетких множеств и фаззи-логики в задачах управления.

Рекомендуемая литература:

основная: [2, 6,];

дополнительная: [8-11, 13-16, 18-19, 21].

6. Автоматизация технологических процессов на базе локальных средств

Локальные системы автоматического регулирования. Датчики. Измерительные преобразователи.

Исполнительные механизмы и регулирующие органы. Управляемые исполнительные электродвигатели постоянного тока. Электродвигатели переменного тока. Синхронные шаговые электродвигатели. Электромагниты. Гидравлические серводвигатели. Пневматические серводвигатели.

Управляющие устройства. Микроконтроллеры. Промышленные контроллеры. Стандарты МЭК на системы программирования промышленных контроллеров. Программирование, отладка и управление ПИД-регулятором. Регулятор PI_V. Регулятор PIDFF. Адаптация и автоматическая настройка ПИД-регулятора. Интеллектуальные реле. . Компактные регуляторы фирмы JUMO.

Технические средства отображения информации Графические сенсорные терминалы Magelis и их программирование с помощью ПО ViJeo Designer.

Промышленные сети. Сетевые устройства: повторители, концентраторы, трансиверы коммутаторы, мосты, маршрутизаторы. Шлюзы. Основные типы сетей, представленные на рынке.

Рекомендуемая литература:

основная: [4, 6-7];

дополнительная: [2-4, 7].

7. Регулирование основных технологических параметров и простых типовых процессов в цветной металлургии

Регулирование основных технологических параметров. Регулирование уровня. Регулирование давления. Регулирование температуры. Регулирование pH. Регулирование параметров состава и качества.

Автоматизация гидромеханических процессов. Автоматизация тепловых процессов. Регулирование теплообменников смешения. Регулирование поверхностных теплообменников. Автоматизация трубчатых печей. Автоматизация массообменных процессов. Автоматизация процесса выпаривания. Автоматизация процесса сушки. Процесс сушки в барабанной сушилке. Автоматизация сушилок с кипящим слоем.

Разработка функциональной схемы автоматизации объекта. Регулирование расхода, соотношения расходов. Автоматизация поточно-транспортных линий. Автоматизация шихтоподготовки. Автоматизация измельчения твердых материалов. Стабилизация расходов жидкостей и газов. Смещение жидкостей и расплавов.

Рекомендуемая литература:

основная: [4];

дополнительная: [2-4, 18].

8. Управление процессами и аппаратами цветной металлургии

Процессы и агрегаты цветной металлургии как объекты автоматизации. Схемы автоматического регулирования процессов и агрегатов цветной металлургии.

Процесс фильтрования. Математическое описание процесса фильтрования. Фильтрование с постоянным перепадом давления. Математическое описание диафрагменного прессования осадка. Идентификация параметров модели. Описание пилотного фильтр-пресса. Проведение экспериментов. Синтез системы управления на основе использования ИИС. Цели и задачи управления процессом фильтрования. Построение АСУ на основе использования иммунного алгоритма. Теоретические сведения о естественной иммунной системе. Синтез системы управления. Настройки иммунного регулятора. Результаты работы системы управления.

Управление процессом сгущения. Система управления сгустителем. Цели и задачи управления процессом сгущения. Синтез регулятора с прогнозирующей моделью в Matlab. Интеграция регулятора в систему управления

Управление электролизными ваннами для производства алюминия. Влияние эффективности процесса питания глиноземом на технико-экономические показатели мощных электролизеров. Основные принципы поддержания заданной концентрации оксида алюминия в электролите. Описание алгоритмов питания АП. Моделирование подсистемы питания электролизера в пакете Matlab. Роботизированная система автоматического питания глиноземом и дискретного управления процессом электролиза. Синтез системы управления на основе нечеткой логики.

Рекомендуемая литература:

основная: [4];

дополнительная: [2-4, 18].

5. Образовательные технологии, используемые при изучении дисциплины

При изучении дисциплины «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» обучающийся использует учебную, научную, исследовательскую базу университета в установленном порядке.

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.

Консультации (текущая консультация, накануне дифференцированного зачета, экзамена) 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.

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

Самостоятельная работа обучающихся направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях, 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 и итогового контроля изучения дисциплины

6.1 Цель и основные задачи текущего контроля по дисциплине

Текущий контроль имеет целью проверить ход формирования компетенций в соответствии с этапами ее освоения. Текущий контроль осуществляется в ходе учебного процесса и консультирования обучающихся по результатам выполнения самостоятельной работы. Основными формами текущего контроля знаний являются:

- обсуждение на консультациях вопросов тем и контрольных вопросов (устный ответ);
- участие в дискуссии по наиболее актуальным темам дисциплины (устный ответ);
- подготовка докладов;
- выполнение тестовых заданий.

6.2 Критерии оценивания результатов текущего контроля **Критерии оценивания устных ответов обучающихся**

Развернутый ответ аспиранта должен представлять собой связное, логически последовательное сообщение на определенную тему, показывать его умение применять определения, правила в конкретных случаях.

При оценке ответа аспиранта необходимо руководствоваться следующими критериями:

- 1) полнота и правильность ответа;
- 2) степень осознанности, понимания изучаемого материала;
- 3) знание терминологии и правильное ее использование;
- 4) соответствие требованиям рабочей программы по дисциплине.

Ответ оценивается положительно, если аспирант:

- 1) ориентируется в излагаемом материале, владеет базовой терминологией в объеме, предусмотренном рабочей программой по дисциплине;
- 2) обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, подкрепляет теоретические положения примерами;
- 3) умеет структурировать содержание ответа в соответствии с поставленным вопросом;
- 4) не допускает (или допускает немногочисленные негрубые) ошибки при анализе языковых фактов; способен исправить допущенные им ошибки при помощи уточняющих вопросов преподавателя.

Оценка «отлично». Ответы на поставленные вопросы излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений. Полно раскрываются причинно-следственные связи между явлениями и событиями. Делаются обоснованные выводы. Соблюдаются нормы литературной речи.

Оценка «хорошо». Ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно. Материал излагается уверенно. Раскрыты причинно-следственные связи между явлениями и событиями. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер. Соблюдаются нормы литературной речи.

Оценка «удовлетворительно». Допускаются нарушения в последовательности изложения. Неполно раскрываются причинно-следственные связи между явлениями и событиями. Демонстрируются поверхностные знания вопроса, с трудом решаются конкретные задачи. Имеются затруднения с выводами. Допускаются нарушения норм литературной речи.

Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено». Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний по дисциплине. Не раскрываются причинно-следственные связи между явлениями и событиями. Не проводится анализ. Выводы отсутствуют. Ответы на дополнительные вопросы отсутствуют. Имеются заметные нарушения норм литературной речи.

6.3 Критерии формирования оценок по подготовке докладов

«Отлично» (5 баллов) – аспирант показывает глубокие знания материала по поставленным вопросам, грамотно, логично его излагает, структурировал и детализировал информацию, информация представлена в переработанном виде; использует иллюстративный (наглядный) материал, мультимедийную презентацию, демонстрирует мастерство публичного выступления.

«Хорошо» (4 балла) – обучающийся твердо знает материал, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в ответ на вопросы, представляет наглядный материал, помогающий слушателям запомнить основные пункты выступления.

«Удовлетворительно» (3 балла) – обучающийся имеет знания основного материала по поставленным вопросам, но не усвоил его деталей, допускает отдельные неточности.

«Неудовлетворительно» (0 баллов) – обучающийся допускает грубые ошибки в ответе на поставленные вопросы, демонстрирует отсутствие необходимой информации в презентации.

6.4 Критерии формирования оценок по выполнению тестовых заданий

«Отлично» – получают аспиранты, имеющие результат: количество правильных ответов на тестовые вопросы – 100 – 90% от общего объема заданных тестовых вопросов.

«Хорошо» – получают аспиранты, имеющие результат: количество правильных ответов на тестовые вопросы – 89 – 76% от общего объема заданных тестовых вопросов.

«Удовлетворительно» – получают аспиранты, имеющие результат: количество правильных ответов на тестовые вопросы – 75 – 60% от общего объема заданных тестовых вопросов.

«Неудовлетворительно» – получают аспиранты, имеющие результат: количество правильных ответов – менее 60% от общего объема заданных тестовых вопросов.

6.5. Цель и основные задачи дифференцированного зачета по дисциплине

Экзамен по дисциплине «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» имеет целью проверить теоретические знания аспирантов, а также их навыки и умение применять полученные знания. На экзамене аспирант должен показать глубокое и всестороннее знание программного материала, рекомендованной литературы, умение аргументированно и логично изложить содержание поставленных проблем.

Индекс контролируемых компетенций — ПК-1, ПК-2.

Оценки по результатам экзамена выставляются преподавателем, ведущим дисциплину, объявляются обучающимся и заносятся в экзаменационную ведомость.

6.6 Примерный перечень вопросов для дифференцированного зачета

1. Информация и принципы управления. Задачи теории управления. Целевые функции оптимального управления.

2. Виды моделирование технологических объектов. Физическое и математическое моделирование. Передаточные функции типовых объектов и их использование для синтеза систем управления.

3. Иерархическая структура АСУТП крупным промышленным предприятием. Технические средства, программное обеспечение и обмен информацией между различными уровнями.

4. Классификация систем управления. Автоматические и автоматизированные системы управления (АСУ) технологическими процессами (ТП) и производствами. Основные подходы к анализу и синтезу автоматических и автоматизированных управляемых систем.

5. Системы управления базами данных. Особенности управления распределенными базами данных и системы управления распределенными базами данных. Стандарты на обмен данными между подсистемами АСУ.

6. Методы автоматизации результатов измерения концентрации суспензии металлосодержащей твердой фазы при использовании спектральных методов контроля содержания металлов в твердой фазе.

7. Методы синтеза обратной связи. Элементы теории стабилизации. Управляемость, наблюдаемость, стабилизируемость. Дуальность управляемости и наблюдаемости. Стабилизация по состоянию, по выходу. Наблюдатели состояния. Дифференциаторы.

8. Необходимые условия оптимальности в нелинейных задачах математического программирования. Локальный и глобальный экстремум. Необходимые условия безусловного экстремума дифференцируемых функций. Необходимые условия экстремума дифференцируемой функции на выпуклом множестве. Задачи об условном экстремуме и метод множителей Лагранжа.

9. Кинетика процессов растворения компонентов из минерального сырья. Лимитирующие стадии процесса растворения и применяемые управляющие воздействия при различных лимитирующих стадиях.

10. Понятие об устойчивости систем управления. Устойчивость по Ляпунову, асимптотическая, экспоненциальная устойчивость. Устойчивость по первому приближению. Функции Ляпунова. Теоремы об устойчивости и неустойчивости.

11. Классификация методов безусловной оптимизации. Скорости сходимости. Методы первого порядка. Градиентные методы. Методы второго порядка. Метод Ньютона и его модификации. Квазиньютоновские методы.

12. Методы управления процессами в электродуговой печи. Основные возмущения и применяемые компенсирующие воздействия.

13. Основные понятия теории управления: цели и принципы управления, динамические системы. Математическое описание объектов управления: пространство состояний, передаточные функции, структурные схемы. Математические модели реактора идеального перемешивания и идеального вытеснения и их передаточные функции.

14. Постановка и решения задачи синтеза оптимального управления. Формулировка критерия оптимальности функционирования объекта управления. Различные методы оптимизации. Динамическое программирование, вариационное исчисление. Принцип Максимума Понтрягина.

15. Электролизер как объект управления. Переменные состояния и переменные управления для этого объекта. Постановка задачи поиска оптимального управления этим объектом и алгоритм решения.

16. Кибернетическая система. Наблюдаемость и управляемость объектов. Системный подход к анализу и синтезу сложных управляемых динамических систем.

17. Система MATLAB как средство моделирования объектов и их систем управления. Исследование систем управления на базе нечеткой логики в системе MATLAB.

18. Моделирование объектов управления. Виды моделирования. Физическое и математическое моделирование. Блочный метод построения математических моделей с использованием типовых гидродинамических моделей.

19. Общие понятия автоматического управления технологическими объектами. Регулирование по отклонению и возмущению. Фаззи-регулирование.

20. Регулирование основных технологических параметров. Регулирование состава и качества многокомпонентных растворов.

21. Движущая сила процессов разделения суспензий. Агрегаты для разделения суспензий.
22. Математическая модель идеального смешения. Передаточная функция модели. Реакция объекта на импульсное и ступенчатое возмущения.
23. Адаптивные системы с идентификацией параметров объекта управления. Самонастраивающиеся системы. Оптимизация в динамических режимах.
24. Методы контроля свойств оборотной воды. Исполнительные механизмы для подачи оборотной воды.
25. Управление объектами с распределенными параметрами. Учет чистого запаздывания при управлении объектами с запаздыванием.
26. Критерии оптимизации и математические методы оптимального управления для объектов с сосредоточенными параметрами.
27. Роль флотореагентов при разделении суспензий. Управление подачей реагентов для поддержания заданной плотностью суспензии.

Примеры билетов для дифференцированного зачета

Билет 1.

1. Классификация систем управления. Автоматические и автоматизированные системы управления (АСУ) технологическими процессами (ТП) и производствами. Основные подходы к анализу и синтезу автоматических и автоматизированных управляемых систем.
2. Системы управления базами данных. Особенности управления распределенными базами данных и системы управления распределенными базами данных. Стандарты на обмен данными между подсистемами АСУ.
3. Методы автоматизации процессов в электролизерах с учетом гидродинамической неустойчивости.

Билет 2.

1. Методы синтеза обратной связи. Элементы теории стабилизации. Управляемость, наблюдаемость, стабилизируемость. Дуальность управляемости и наблюдаемости. Стабилизация по состоянию, по выходу. Наблюдатели состояния. Дифференциаторы
2. Необходимые условия оптимальности в нелинейных задачах математического программирования. Локальный и глобальный экстремум. Необходимые условия безусловного экстремума дифференцируемых функций. Необходимые условия экстремума дифференцируемой функции на выпуклом множестве. Задачи об условном экстремуме и метод множителей Лагранжа
3. Управление процессами электролиза по косвенным параметрам процесса.

Билет 3.

1. Основные понятия теории управления: цели и принципы управления, динамические системы. Математическое описание объектов управления: пространство состояний, передаточные функции, структурные схемы. Математические модели реактора идеального перемешивания и идеального вытеснения и их передаточные функции.
2. Постановка и решения задачи синтеза оптимального управления. Формулировка критерия оптимальности функционирования объекта управления. Различные методы оптимизации. Динамическое программирование, вариационное исчисление. Принцип Максимума Понтрягина.
3. Электролизер как объект управления. Переменные состояния и переменные управления для этого объекта. Постановка задачи поиска оптимального управления этим объектом и алгоритм решения.

Билет 4.

1. Понятие об устойчивости систем управления. Устойчивость по Ляпунову, асимптотическая, экспоненциальная устойчивость. Устойчивость по первому приближению. Функции Ляпунова. Теоремы об устойчивости и неустойчивости.

2. Классификация методов безусловной оптимизации. Скорости сходимости. Методы первого порядка. Градиентные методы. Методы второго порядка. Метод Ньютона и его модификации. Квазиньютоновские методы.

3. Методы управления процессами в электродуговой печи. Основные возмущения и применяемые компенсирующее воздействия.

7. Перечень учебной литературы и ресурсов сети «Интернет»

7.1. Обеспеченность литературой

Основная:

1. Ким, Д.П. Теория автоматического управления: учебное пособие / Д.П. Ким. - Москва: Физматлит, 2007. - Т. 1. Линейные системы.
http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=69278
2. Ким, Д.П. Теория автоматического управления: учебное пособие / Д.П. Ким. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Физматлит, 2007. - Т. 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы.
http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=69280
3. Коновалов, Б.И. Теория автоматического управления : учебное пособие / Б.И. Коновалов, Ю.М. Лебедев ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). Кафедра промышленной электроники (ПРЭ). - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010
http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=208587
4. Распределенные компьютерные информационно–управляющие системы [Электронный ресурс] : учеб. пособие / П. А. Петров. – СПб. : Горн. ун–т, 2015. – 56 с.
Электронная ссылка:
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=%2D772078<
5. Моделирование процессов и объектов в металлургии: Учебник / И.О. Леушин. - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2013
Электронная ссылка: <http://znanium.com/bookread2.php?book=401597>
6. Горенский, Б. М. Информационные технологии в цветной металлургии [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б. М. Горенский, О. В. Кирякова, С. В. Ченцов. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012
Электронная ссылка: <http://znanium.com/bookread2.php?book=442092>
7. Современная автоматика в системах управления технологическими процессами: Учеб. пос. / В.П. Ившин, М.Ю. Перухин - М.: НИЦ Инфра-М, 2013
Электронная ссылка: <http://znanium.com/bookread2.php?book=363591>

Дополнительная:

1. Цветкова, О.Л. Теория автоматического управления: учебник / О.Л. Цветкова. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2016
http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=443415
URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277906> (03.10.2018).
2. Медведев, А.Е. Автоматизация производственных процессов: учеб. пособие [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.Е. Медведев, А.В. Чупин. — Электрон. дан. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2009.
<https://e.lanbook.com/book/6606>
3. Автоматизация пирометаллургических процессов и производств на основе интеллектуальных систем [Электронный ресурс/ Электронный ресурс] : монография / Э. Д. Кадыров. – СПб. : СПГИ, 2011. – 105 с.
Электронная ссылка:
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%90%2088022%2F%D0%9A%2013%2D308626<

4. Харазов В. Г. Интегрированные системы управления технологическими процессами, Издательство: Профессия, 2009 г., - 592 с.
5. Афолина Н.А. Теория автоматического управления (Линейные системы) Методические указания по выполнению контрольно-курсовой работы. - Тула: ТулГУ, 2007. - 51с
6. В.А. Бесекерский, Е.П. Попов Теория систем автоматического управления. 2003, 163 с.
7. Елизаров И.А. Технические средства автоматизации. Учебное пособие, И.А. Елизаров, Ю.Ф. Мартемьянов, А.Г. Схиртладзе, С.В. Фролов, 2004. 285 с.
8. Методы классической и современной теории автоматического управления. В 3 т. / Под ред. Н.Д. Егупова. М.: МГТУ; Машиностроение, 2000.
9. Теория автоматического управления. Ч. 1, 2 / Под ред. А.А. Воронова. М.: Высш. школа, 1986.
10. Методы анализа, синтеза и оптимизации нестационарных систем автоматического управления / Под общ. ред. К.А. Пупкова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999.
11. Емельянов С.В., Коровин С.К. Новые типы обратной связи. Управление при неопределённости. М.: Наука; Физматлит, 1997.
12. Советов Б.Я., Яковлев Г.А. Моделирование систем. М.: Высш. школа, 1998.
13. Моделирование и оптимизация управляемых динамических систем. Сб.тр./Ин-т пробл. управления; (Отв. ред. В.Ф. Кротов, А.Г. Бутковский). М.: ИПУ, 1989.
14. Александров А.Г. Оптимальные и адаптивные системы. М.: Высш. школа, 1989.
15. Методы анализа и синтеза модульных информационно-управляющих систем / Н.А. Кузнецов, В.В. Кульба, С.С. Ковалевский, С.А. Косяченко. М.: Физматлит, 2002.
16. Основы теории оптимального управления / Под ред. В.Ф. Кротова. М.: Высш. школа, 1990.
17. Салихов З.Г. Терминология основных понятий автоматизики: Учебно-справочное пособие. М.: МИСиС, 2002.
18. Управление и оптимизация производственно-технологическими процессами / Н.М. Вихров, Д.В. Гаскаров, А.А. Грищенко, А.А. Шнуренко; Под ред. Д.В. Гаскарова. СПб.: Энергоатомиздат. С.-Петербургское отд., 1995.
19. Принятие решений на основе нечетких моделей. Примеры использования / А.Н. Борисов и др. Рига: Знание, 1990.
20. Мамиконов А.Г. Теоретические основы автоматизированного управления. М.: Высш. школа, 1994.
21. Деменков Н.П. Программные средства оптимизации и настройки систем управления. М.:Изд. МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2006. -242с.
22. Ванюков А.В., Уткин Н.И. Комплексная переработка медного и никелевого сырья. Челябинск: Металлургия, Челябинское отделение, 1988. 432 с.
23. Вольдман Г.М. Теория гидрOMETаллургических процессов. / Г.М. Вольдман, А.Н. Зеликман. М.: Интернет Инжиниринг. 2003. 464 с.
24. Вассерман И.М. Химическое осаждение из растворов. М.: Химия, 1980. 205 с.
25. Вольдман Г.М. Основы экстракционных и ионообменных процессов гидрометаллургия. М.: Металлургия, 1982. 376 с.

7.2. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспиранта

— Методические указания для самостоятельной работы аспирантов

7.3. Ресурсы сети «Интернет»

1. Информационная справочная система «Консультант плюс».
2. Библиотека ГОСТов www.gostrf.com.
3. Сайт Российской государственной библиотеки. <http://www.rsl.ru/>

4. Сайт Государственной публичной научно-технической библиотеки России.
<http://www.gpntb.ru/>

5. Каталог образовательных интернет ресурсов <http://www.edu.ru/modules.php>

6. Электронные библиотеки: <http://www.pravoteka.ru/>, <http://www.zodchii.ws/>,
<http://www.tehlit.ru/>.

7. Специализированный портал по информационно-коммуникационным технологиям в образовании <http://www.ict.edu.ru>

7.4 Электронно-библиотечные системы:

-ЭБС издательства «Лань» <https://e.lanbook.com/>

-ЭБС издательства «Юрайт» <https://biblio-online.ru/>

-ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/>

-ЭБС «ZNANIUM.COM» <https://znanium.com>

-ЭБС «IPRbooks» <https://iprbookshop.ru>

-ЭБС «Elibrary» <https://elibrary.ru>

-Автоматизированная информационно-библиотечная система «Mark -SQL»
<https://informsystema.ru>

-Система автоматизации библиотек «ИРБИС 64» <https://elnit.org>

7.5 Современные профессиональные базы данных:

-Электронная база данных Scopus <https://scopus.com>

-«Clarivate Analytics» <https://Clarivate.com>

-«Springer Nature» <http://100k20.ru/products/journals/>

7.6 Информационные справочные системы:

1. Справочно-правовая информационная система Консультант Плюс
<http://www.consultant.ru/>.

2. Электронно-периодический справочник «Система Гарант» <http://www.garant.ru/>.

3. ООО «Современные медиа технологии в образовании и культуре».
<http://www.informio.ru/>.

8. Материально-техническое обеспечение

Перечень материально-технического обеспечения включает в себя технические средства обучения, служащие для представления информации (мультимедийные доски, проекторы, и т.д.). Имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования, которые укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории.

8.1. Специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации

Аудитория 3331 учебный центр 1 корпус 3 рассчитана на 10 посадочных мест.
Мебель лабораторная: Стол – 16 шт., стул – 36 шт.,
Компьютерное оснащение: системный блок ПК Proxima MC730 – 8 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор ЖК Acer TFT17 – 8 шт.,

Оборудование и приборы: Лабораторный стенд «Средства автомат. и управл. «САУ---МАКС» - 1 шт., стенд учебный по программированию – 4 шт., стенд по гидроавтоматике – 1 шт., стенд «Festa» -2 шт., комплект оборудования лабораторного для изучения автоматизированных систем технологических процессов – 1 шт., комплекс исследовательского оборудования для контроля и диагностики объектов – 1 шт., комплекты Festo Didactic: FP1110 «Бесконтактные датчики положения», FP 1120 «Бесконтактные датчики перемещения».

Компьютерный класс – ауд. 6502. 24 посадочных места (в том числе 16 рабочих мест с персональным компьютером) Мебель лабораторная: Стол – 13 шт., стул – 25 шт., Компьютерное оснащение: системный блок Compaq 6000 Pro MTxI-10r – 13 шт. (возможность доступа к сети «Интернет»), монитор HP LA2205wgTxi-10r – 13 шт., системный блок HP Z600 – 3 шт., монитор ЖК HP24LP2480 – 3 шт.

Аудитория 3305 (Санкт-Петербург, 21-я линия В.О., д.2-4/45, литера Б, Учебный центр №1, учебно-лабораторный корпус №3): 21 посадочных мест. Стол – 2 шт.(1 на 14 посадочных мест), стул – 21 шт., доска маркерная - 1 шт, блок системный RAMEC GALE AL с монитором BenQ GL2450 – 1 шт. (возможность доступа к сети «Интернет») Microsoft Windows 7 Professional ГК № 984-12/11 от 14.12.11 «На поставку оборудования» (обслуживание до 2020 года), Microsoft Office 2010 Standard Microsoft Open License 60853086 от 31.08.201.

8.2. Помещения для самостоятельной работы

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 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.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional:ГК № 1464-12/10 от 15.12.10 «На поставку компьютерного оборудования» ГК № 959-09/10 от 22.09.10 «На поставку компьютерной техники» (обслуживание до 2020 года) ГК № 447-06/11 от 06.06.11 «На поставку оборудования» (обслуживание до 2020 года) ГК № 984-12/11 от 14.12.11 «На поставку оборудования" (обслуживание до 2020 года) Договор № 1105-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» (обслуживание до 2020 года), Договор № 1106-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» (обслуживание до 2020 года) ГК № 671-08/12 от 20.08.2012 «На поставку продукции» (обслуживание до 2020 года), Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011, Microsoft Open License 49487710 от 20.12.2011, Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 (обслуживание до 2020 года),

Microsoft Office 2010 Standard: Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012 (обслуживание до 2020 года), Microsoft Open License 60853086 от 31.08.2012 (обслуживание до 2020 года)

Kaspersky antivirus 6.0.4.142

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 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.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Операционная система Microsoft Windows XP Professional: Microsoft Open License 16020041 от 23.01.200.

Операционная система Microsoft Windows 7 Professional Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 (обслуживание до 2020 года).

Microsoft Office 2007 Standard Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007 (обслуживание до 2020 года)

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 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.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional: Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 (обслуживание до 2020 года).

Microsoft Office 2007 Professional Plus: Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010 (обслуживание до 2020 года).

CorelDRAW Graphics Suite X5 Договор №559-06/10 от 15.06.2010 «На поставку программного обеспечения» (обслуживание до 2020 года)

Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1

Cisco Packet Tracer 7.1 (свободно распространяемое ПО), Quantum GIS (свободно распространяемое ПО), Python (свободно распространяемое ПО), R (свободно распространяемое ПО), Rstudio (свободно распространяемое ПО), SMath Studio (свободно распространяемое ПО), GNU Octave (свободно распространяемое ПО), Scilab (свободно распространяемое ПО)

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.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2010 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

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.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стула – 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.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

8.4. Библиотека Университета

Месторасположение	Оснащенность	Автоматизированная информационно-библиотечная система (АИБС)
Санкт-Петербург, 21-я линия В.О., д.2, Учебный центр №1, Ауд. № 1165 Читальный зал	Аппарат Xerox W.Centre 5230- 1 шт; Сканер K.Filem - 1 шт; Копир. Аппарат -1 шт; Кресло – 521AF-1 шт; Монитор ЖК HP22-1 шт; Монитор ЖК S.17-11 шт; Принтер HP L/Jet-1 шт; Системный блок HP6000 Pro-1 шт; Системный блок Ramec S. E4300-10 шт; Сканер Epson V350-5 шт; Сканер Epson 3490-5 шт; Стол 160*80*72-1 шт; Стул 525 BFH030-12 шт; Шкаф каталожн. -20 шт; Стул «Кодоба» -22 шт; Стол 80*55*72-10 шт	MARK-SQL, Ирбис
Санкт-Петербург, 21-я линия В.О., д.2, Учебный центр №1, Ауд. № 1171 Читальный зал	Книжный шкаф 1000*3300*400-17 шт; Стол, 400*180 Титаник «Pico» -1 шт; Стол письменный с тумбой -37 шт; Кресло «Cannes» черное-42 шт; Кресло (кремовое) -37 шт; Телевизор 3DTV Samsung UE85S9AT-1 шт; Монитор Benq 24-18 шт; Цифровой ИК-трансивер TAIDEN -1 шт; Пульт для презентаций R700-1 шт; Моноблок Lenovo 20 HD 19 шт; Сканер Xerox 7600- 4шт;	
Санкт-Петербург, В.О., Малый пр., д.83, Инженерный корпус Ауд. № 327-329 Читальные залы	Компьют. Кресло 7875 A2S – 35 шт; Стол компьютер. – 11 шт; Моноблок Lenovo 20 HD 16 шт; Доска настенная белая -- 1 шт; Монитор ЖК Philips - 1 шт; Монитор HP L1530 15ft - 1 шт; Сканер Epson Perf.3490 Photo - 2 шт; Системный блок HP6000 – 2 шт; Стеллаж открытый- 18 шт; Микрофон Д-880 с 071с.ч.- - 2 шт; Книжный шкаф - 15 шт; Парта- 36 шт; Стул- 40 шт	

8.5. Лицензионное программное обеспечение

Освоение дисциплины осуществляется с помощью специальных компьютерных математических пакетов EXEL, RTD, ReactOp, Thermex, ASPEN, Matlab.

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 2010 Professional Plus (договор бессрочный Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, договор бессрочный Microsoft Open License 47665577 от 10.11.2010, договор бессрочный Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011)