

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

| Код модуля | Модуль |
|-------------------|-------------------------------------|
| 1150315 | Оборудование силикатных производств |

Екатеринбург

| Перечень сведений о рабочей программе модуля | Учетные данные |
|---|---|
| Образовательная программа 1. Технология высокотемпературных неметаллических конструкционных и функциональных изделий и наноматериалов | Код ОП 1. 18.03.01/33.04 |
| Направление подготовки 1. Химическая технология | Код направления и уровня подготовки 1. 18.03.01 |

Программа модуля составлена авторами:

| № п/п | Фамилия Имя Отчество | Ученая степень, ученое звание | Должность | Подразделение |
|--------------|-----------------------------|--------------------------------------|------------------|---|
| 1 | Земляной Кирилл Геннадьевич | кандидат технических наук, доцент | Доцент | химической технологии керамики и огнеупоров |

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Оборудование силикатных производств

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль направлен на изучение основных типов и конструкций, принципов расчета, работы и управления аппаратов химико-технологических производств, а также методов и способом моделирования и оптимизации их рабочих параметров. В результате изучения модуля студент будет знать основные процессы химической технологии, способы их регулирования, устройство, принципы работы, достоинства и недостатки основных машин и аппаратов химической технологии; основные элементы и схемы автоматических устройств, особенности автоматизации производств химической технологии; теорию подобия, численные методы решения инженерных задач, теорию экстремального планирования эксперимента. Студент будет готов подбирать оборудование для проведения тех или иных технологических процессов, производить расчеты основных процессов, происходящих в изучаемых аппаратах; определять набор параметров и производить выбор датчиков для контроля работы аппаратов; проводить статистическую обработку, выполнять корреляционный и регрессионный анализ экспериментальных данных. Студент будет владеть методами выбора, контроля и регулирования рабочих параметров технологических процессов; работы с SCADA программами; методами компьютерного моделирования процессов, представления полученных результатов обработки экспериментальных данных в табличном и графическом виде. Обучение завершается проектом по модулю.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

| № п/п | Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения | Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах |
|------------------|--|---|
| 1 | Проект по модулю «Оборудование силикатных производств» | 1 |
| 2 | Процессы и аппараты химической технологии | 7 |
| 3 | Моделирование химико-технологических процессов | 3 |
| 4 | Системы управления химико-технологическими процессами | 3 |
| ИТОГО по модулю: | | 14 |

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

| | |
|---|--|
| Пререквизиты модуля | 1. Физико-химические основы материаловедения |
| Постреквизиты и кореквизиты модуля | 1. Основы технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов 2. Проектирование производства огнеупорных и теплоизоляционных материалов 3. Проектирование производства керамики |

| | |
|--|---|
| | <p>4. Проектирование производства стекла и эмали</p> <p>5. Проектирование производства минеральных вяжущих веществ и изделий на их основе</p> |
|--|---|

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

| Перечень дисциплин модуля | Код и наименование компетенции | Планируемые результаты обучения (индикаторы) |
|--|---|--|
| 1 | 2 | 3 |
| Моделирование химико-технологических процессов | ОПК-2 - Способен формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа | <p>З-1 - Привести примеры использования методов моделирования и математического анализа в решении задач, относящихся к профессиональной деятельности</p> <p>З-2 - Перечислить и дать краткую характеристику освоенным за время обучения пакетам прикладных программ, используемых для моделирования при решении задач в области профессиональной деятельности</p> <p>У-1 - Обоснованно выбрать возможные методы моделирования и математического анализа для предложенных задач профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Выбирать пакеты прикладных программ для использования их в моделировании при решении поставленных задач в области профессиональной деятельности</p> <p>П-1 - Решать поставленные задачи, относящиеся к области профессиональной деятельности, используя освоенные за время обучения пакеты прикладных программ для моделирования и математического анализа</p> <p>Д-1 - Способность к самообразованию, к самостоятельному освоению новых методов математического анализа и моделирования</p> |

| | | |
|---|--|---|
| | <p>ОПК-4 - Способен разрабатывать элементы технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p> | <p>У-3 - Использовать информационные технологии для моделирования, расчета и проектирования элемента технического объекта, системы или технологического процесса</p> |
| | <p>ПК-3 - Способен на основе анализа технологических процессов производства высокотемпературных неметаллических материалов разрабатывать предложения и рекомендации по их совершенствованию.</p> | <p>З-3 - Объяснять выбор вида постановки задачи по анализу конкретного процесса производства высокотемпературных неметаллических материалов и изделий</p> <p>З-4 - Описывать методы статистической обработки данных экспериментальных исследований</p> <p>У-2 - Правильно интерпретировать начальные и граничные условия при постановке задачи по анализу конкретного процесса производства высокотемпературных неметаллических материалов и изделий</p> <p>У-4 - Выбирать методы статистической обработки данных для конкретных условий и задач экспериментальных исследований</p> <p>П-2 - Выполнять постановку задачи по анализу конкретного процесса производства высокотемпературных неметаллических материалов и изделий</p> <p>П-4 - Выполнять обработку данных инженерного эксперимента и сформулировать пути совершенствования технологического процесса производства высокотемпературных неметаллических материалов и изделий</p> |
| <p>Проект по модулю «Оборудование силикатных производств»</p> | <p>ОПК-7 - Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции,</p> | <p>У-1 - Определять необходимое технологическое оборудование для выполнения технологических операций</p> <p>У-2 - Оценить соответствие выбранного технологического оборудования и технологических операций нормам и правилам безопасной эксплуатации, технологическим регламентам и инструкциям</p> |

| | | |
|---|--|--|
| | показатели энерго- и ресурсоэффективности производственного цикла и продукта, осуществлять метрологическое обеспечение производственной деятельности | |
| Процессы и аппараты химической технологии | ОПК-4 - Способен разрабатывать элементы технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных ограничений | <p>З-1 - Описать области фундаментальных, инженерных и других наук, освоенных за время обучения, знания которых используются при разработке заданных элементов технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p> <p>З-2 - Изложить основные принципы разработки элементов технических объектов, систем и технологических процессов</p> <p>З-3 - Характеризовать роль экономических, экологических, социальных ограничений в разработке элементов технических объектов, систем и технологических процессов</p> <p>У-1 - Оценить взаимосвязь разрабатываемого элемента с техническим объектом, системой или технологическим процессом в целом</p> <p>У-2 - Обосновать целесообразность предложенного варианта разработки элемента технического объекта, системы или технологического процесса с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p> <p>П-1 - Выполнить разработку заданного элемента технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p> <p>Д-1 - Проявлять самостоятельность и творчество при решении поставленной задачи</p> |

| | | |
|--|--|---|
| | <p>ОПК-7 - Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции, показатели энерго- и ресурсоэффективности производственного цикла и продукта, осуществлять метрологическое обеспечение производственной деятельности</p> | <p>З-1 - Объяснить принцип действия основного технологического оборудования</p> <p>З-2 - Изложить научные основы технологических операций</p> <p>У-1 - Определять необходимое технологическое оборудование для выполнения технологических операций</p> <p>У-4 - Оценивать с использованием количественных или качественных показателей соответствие характеристик получаемой продукции установленным техническим требованиям и фиксировать отклонения</p> <p>У-5 - Оценивать с использованием показателей энерго- и ресурсоэффективности параметры производственного цикла и продукта и анализировать отклонения</p> <p>Д-1 - Умение концентрировать внимание на реализации порученного производственного процесса, умение брать на себя ответственность за результат</p> |
| | <p>ПК-1 - Способен подбирать оборудование по заданной производительности и выполнять и технологические расчеты процессов получения изделий из высокотемпературных неметаллических материалов.</p> | <p>З-1 - Классифицировать оборудование цехов по производству высокотемпературных неметаллических материалов и изделий</p> |
| | <p>ПК-4 - Способен разрабатывать технологические процессы производства изделий из высокотемпературных неметаллических материалов и осуществлять контроль их выполнения.</p> | <p>З-2 - Классифицировать системы контроля и управления, принципы их действия, используемые при выполнении технологических процессов производства высокотемпературных неметаллических материалов и изделий</p> <p>П-1 - Формулировать выводы о возможности применения оборудования для производства различных видов высокотемпературных неметаллических материалов и изделий</p> |

| | | |
|---|--|--|
| Системы управления химико-технологическими процессами | ОПК-6 - Способен выполнять настройку технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации | <p>З-3 - Привести примеры использования цифровых технологий для настройки технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p> <p>У-1 - Регулировать основные параметры функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности в соответствии с имеющейся технической документацией</p> <p>У-3 - Оптимизировать с помощью цифровых технологий настройки технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p> <p>Д-1 - Внимательно и ответственно относиться к выполнению требований технической документации</p> |
| | ПК-1 - Способен подбирать оборудование по заданной производительности и выполнять и технологические расчеты процессов получения изделий из высокотемпературных неметаллических материалов. | <p>З-3 - Объяснять особенности автоматизации производств химической технологии</p> <p>У-1 - Определять набор параметров и производить выбор датчиков для контроля работы оборудования</p> |
| | ПК-4 - Способен разрабатывать технологические процессы производства изделий из высокотемпературных неметаллических материалов и осуществлять контроль их выполнения. | <p>У-2 - Выбирать на основе исходных данных системы контроля и управления технологическими процессами производства высокотемпературных неметаллических материалов и изделий</p> <p>П-2 - Выполнять задания по конструированию и упрощению логических функций систем управления процессами производства высокотемпературных неметаллических материалов и изделий</p> |

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной, очно-заочной и заочной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Процессы и аппараты химической
технологии

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

| № п/п | Фамилия Имя Отчество | Ученая степень, ученое звание | Должность | Подразделение |
|--------------|---------------------------------|--|------------------|--|
| 1 | Пономарев Владимир Борисович | кандидат технических наук, доцент | Доцент | оборудования и автоматизации силикатных производств |
| 2 | Шишкин Алексей Сергеевич | кандидат технических наук, доцент | Доцент | оборудования и автоматизации силикатных производств |

Рекомендовано учебно-методическим советом института Новых материалов и технологий

Протокол № 20210531-01 от 31.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

| Код раздела, темы | Раздел, тема дисциплины* | Содержание |
|-------------------|--------------------------|--|
| 1 | Основы гидравлики | <p>Гидростатика. Основные понятия. Газовые законы. Определение плотности и удельного веса смеси газов при рабочих условиях. Давление, единицы измерения. Законы гидростатики. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля. Закон Архимеда. Применение законов гидростатики в промышленности.</p> <p>Гидродинамика. Уравнение расхода. Уравнение неразрывности потока. Уравнение Бернулли и его применение. Течение реальных жидкостей. Вязкость, ее природа. Единицы измерения для жидкостей, газов и пульп. Ламинарное и турбулентное течение жидкостей (газов). Гидравлическое сопротивление в трубопроводах. Оптимальный диаметр трубопроводов.</p> <p>Насосы и вентиляторы. Поршневые насосы. Назначение. Производительность, напор, потребляемая мощность, предел всасывания. Типы поршневых насосов. Мембранные и плунжерные, ротационные, центробежные. Применение и конструкция. Характеристики центробежных насосов. Выбор. Параллельное и последовательное соединение. Привод. Регулирование. Вакуум-насосы, конструкция, назначение. Центробежные вентиляторы и дымососы. Принципы действия, характеристики, выбор, определение потребной мощности. Осевые вентиляторы. Эжекторы Монтежю. Аэролифты. Компрессоры, назначение и устройство. Турбокомпрессоры.</p> |
| 2 | Измельчение материалов | Теоретические основы измельчения. Роль процессов измельчения в промышленности. Дробление и помол. Степень, |

| | | |
|---|-------------------------------------|---|
| | | <p>методы и гипотезы измельчения. Основные характеристики измельченных материалов (прочность, твердость, крупность).</p> <p>Щековые дробилки. С простым качанием щеки, со сложным качанием щеки, ударного действия. Принцип действия, область применения. Угол захвата щековых дробилок. Оптимальная скорость вращения эксцентрикового вала.</p> <p>Производительность. Мощность. Достоинства и недостатки. Основные правила пуска, эксплуатации, остановки. Методы предохранения от поломок.</p> <p>Конусные дробилки. Типы, принцип действия. Область применения. Угол захвата. Оптимальное число оборотов. Производительность. Мощность. Достоинства и недостатки. Методы предохранения от поломок.</p> <p>Валковые дробилки. Типы. Принцип действия. Область применения. Угол захвата, максимальный размер дробимых кусков. Производительность, мощность. Достоинства и недостатки. Основные правила эксплуатации. Методы предохранения от поломок.</p> <p>Бегуны. Типы. Принцип действия. Область применения. Угол захвата. Производительность. Мощность. Достоинства и недостатки.</p> <p>Дробилки и мельницы ударного действия. Типы. Область применения. Производительность. Мощность. Замкнутый цикл работы молотковой мельницы. Достоинства и недостатки.</p> <p>Барабанные мельницы. Типы. Принцип действия. Оптимальная скорость вращения мельницы. Мелющие тела, броне футеровка. Потребляемая мощность и производительность мельниц. Факторы, влияющие на производительность: крупность исходного материала, конструкция мельниц, крупность продуктов, измельчаемость материала, форма броне футеровки, цикл работы мельницы, эффективность работы классификатора, степень заполнения мельницы мелющими телами, физические свойства мелющих тел, скорость вращения. Интенсификация помола (применение ПАВ, технологическая аспирация мельниц). Мельницы “Аэрофол” и “Гидрофол”.</p> <p>Мельницы для сверхтонкого помола. Вибрационные мельницы. Принцип действия. Конструкция. Область применения. Загрузка мелющими телами. Факторы, влияющие на производительность вибромельниц. Достоинства и недостатки. Струйные мельницы. Принцип действия. Конструкция. Виды энергоносителя. Область применения.</p> |
| 3 | Фракционирование сыпучих материалов | <p>Грохочение. Назначение процесса классификации. Классификация по размерам. Понятие о диаметре зерна. Ситовой анализ. Механическая классификация (грохочение). Типы грохотов (колосниковые, валковые, качающиеся, вибрационные). Мокрое и сухое грохочение. Дуговой грохот. Эффективность грохочения. Производительность плоских грохотов. Эксплуатация грохотов.</p> |

| | | |
|---|----------------------------------|---|
| | | <p>Воздушная классификация. Основные закономерности движения частиц в текучей среде под действием силы тяжести и центробежной силы. Конструкции аппаратов (проходные, центробежно-циркуляционные, с пересыпными элементами). Достоинства и недостатки.</p> <p>Гидравлические классификаторы. Область применения. Конструкции (с механическим удалением крупки, конусные, с восходящим потоком чистой воды). Гидроциклоны. Конструкция. Принцип действия. Факторы, влияющие на работу гидроциклонов (диаметр циклона, размер питающего патрубка, угол конусности, давление на входе и т. д.).</p> |
| 4 | Разделение неоднородных систем | <p>Назначение процессов разделения. Их роль в технике. Пылеулавливание. Назначение процесса пылеулавливания. Механические пылеуловители (камеры, циклоны, инерционные пылеуловители). Фильтрация газов, очистка газов в электрическом поле. Мокрая очистка. КПД очистных устройств. Факторы, влияющие на КПД циклонов, электрофильтров, рукавных фильтров, мокрых пылеуловителей. Методы расчета пылеуловителей. Фильтрация жидкостей. Область применения процесса фильтрации. Основное уравнение фильтрации. Факторы, влияющие на скорость фильтрации. Конструкции фильтров (фильтр-прессы, барабанные вакуум-фильтры, дисковые вакуум-фильтры, ленточные вакуум-фильтры). Методы регенерации фильтровальной ткани. Схема установки вакуум-фильтров.</p> |
| 5 | Перемешивание материалов | <p>Назначение процессов перемешивания. Аппараты для смешивания сухих и пластичных материалов (одновальные и двухвальные лопастные смесители непрерывного действия, барабанные). Смешивание в вибрационном слое, перемешивание материалов в силосах. Перемешивание жидкостей и суспензий. Типы мешалок. Пневматическое перемешивание пылевидных материалов.</p> |
| 6 | Транспортирование материалов | <p>Оборудование для перемещения минерального сырья и продуктов его переработки. Конвейеры: ленточные, пластинчатые, ковшовые, цепные, винтовые. Элеваторы.</p> <p>Пневмотранспорт сыпучих материалов. Виды пневмотранспортных систем: всасывающие, нагнетательные, смешанные. Конструкция и работа пневмокамерных насосов. Конструкция и работа пневмовинтовых насосов. Конструкция и работа струйных насосов. Конструкция и работа пневмоподъемников. Расчет пневмотранспортных систем. Основные уравнения пневмотранспорта. Определение потерь давления при пневмотранспорте.</p> |
| 7 | Бункера, затворы, питатели | <p>Конструкции бункеров. Конструкции затворов. Питатели: ленточные, шнековые, ячейковые (шлюзовые), тарельчатые, вибропитатели. Устройство принцип работы.</p> |
| 8 | Передача тепла теплопроводностью | <p>Общее понятие о тепловых процессах и их роли в промышленности. Способы передачи тепла. Понятие о температурном поле и температурном градиенте. Связь теплового потока при передаче тепла теплопроводностью с</p> |

| | | |
|----|---|--|
| | | <p>распределением температур в среде - закон Фурье. Общее дифференциальное уравнение теплопроводности.</p> <p>Передача тепла теплопроводностью при $l = \text{const}$. Передача тепла теплопроводностью через плоскую однослойную стенку в одномерном стационарном температурном поле. То же через плоскую многослойную стенку. Графический способ определения температур по толщине плоской многослойной стенки. Передача тепла теплопроводностью через цилиндрические стенки (однослойную и многослойную).</p> <p>Передача тепла теплопроводностью при $l = f(t)$. Определение тепловых потерь через плоскую и цилиндрическую многослойную стенки в случае линейной зависимости коэффициента теплопроводности от температуры $l = a + bt$.</p> |
| 9 | Конвективный теплообмен | <p>Общее понятие о конвективном теплообмене, основные определения. Вынужденная конвекция, естественная конвекция. Закон Ньютона - Рухмана для конвективного теплообмена. Факторы, влияющие на интенсивность конвективного теплообмена.</p> <p>Расчет параметров конвективного теплообмена. Теплообмен при течении среды в трубах и каналах. Основы теории подобия и метода анализа размерностей. Общее критериальное уравнение конвективного теплообмена. Частные случаи конвективного теплообмена.</p> |
| 10 | Теплообмен излучением | <p>Основные понятия и определения. Основные законы излучения: закон Планка, закон Вина, закон Стефана-Больцмана, закон Кирхгофа, закон Ламберта.</p> <p>Лучистый теплообмен между абсолютно черными телами. Лучистый теплообмен между серыми телами, образующими замкнутое пространство. Частные случаи. Излучение через отверстие. Стационарное излучение через экраны.</p> <p>Особенности излучения газов. Совместное действие излучения и конвекции.</p> |
| 11 | Теплопередача при стационарном и нестационарном режимах | <p>Основное уравнение теплопередачи, коэффициент теплопередачи. Теплопередача через плоскую и цилиндрическую многослойные стенки. Тепловая изоляция труб, критический диаметр изоляции.</p> <p>Теплопередача при переменных температурах теплоносителей. Понятие о прямотоке, противотоке, смешанном токе. Уравнение теплопередачи при прямотоке и противотоке.</p> <p>Нестационарная теплопередача. Критериальное уравнение нестационарного процесса переноса тепла. Физический смысл критериев Fo, Bi, χ. Графоаналитический метод определения основных параметров процесса нестационарной теплопередачи для тел простейшей формы. Аккумуляция тепла стенкой.</p> <p>Конструкции теплообменных аппаратов. Теплообменники типа труба в трубе. Кожухотрубные теплообменники. Змеевиковые и рубашечные теплообменники. Регенеративные</p> |

| | | |
|----|----------------------------|--|
| | | теплообменники с неподвижной и циркулирующей насадкой. Циклонные теплообменники. |
| 12 | Сушка материалов и изделий | влажного материала. Параметры теплоносителя. J-х диаграмма влажного воздуха. Конвективная сушка влажным воздухом. Материальный и тепловой балансы процесса сушки. Построение на J-х диаграмме различных процессов: нагрев теплоносителя, адиабатическая сушка, действительный процесс сушки. Процесс влагообмена в различные периоды. Интенсивность испарения и скорость сушки. Продолжительность сушки. Конструкции сушилок. Барабанная сушилка, сушилки кипящего слоя, сушка порошковых материалов в потоке воздуха, туннельные сушилка/ |

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

| Направление воспитательной деятельности | Вид воспитательной деятельности | Технология воспитательной деятельности | Компетенция | Результаты обучения |
|---|--|---|--|---|
| Профессиональное воспитание | целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях | Технология повышения коммуникативной компетентности Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности Технология самостоятельной работы | ОПК-4 - Способен разрабатывать элементы технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных ограничений | Д-1 - Проявлять самостоятельность и творчество при решении поставленной задачи |
| | | | ОПК-7 - Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции, показатели энерго- и ресурсоэффективности | З-1 - Объяснить принцип действия основного технологического оборудования Д-1 - Умение концентрировать внимание на реализации порученного производственного процесса, умение брать на себя ответственность за результат |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | | производственного цикла и продукта, осуществлять метрологическое обеспечение производственной деятельности | |
|--|--|--|--|--|

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Процессы и аппараты химической технологии

Электронные ресурсы (издания)

1. Фролов, В. Ф.; Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии: примеры и задачи : учебное пособие.; Химиздат, Санкт-Петербург; 2020; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=98345> (Электронное издание)
2. Михатулин, Д. С.; Тепломассообмен, термохимическое и термоэрозионное разрушение тепловой защиты : научно-популярное издание.; Янус-К, Москва; 2011; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=468340> (Электронное издание)
3. ; Пневмомеханическое и гидродинамическое технологическое оборудование : учебное пособие.; Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, Белгород; 2017; <http://www.iprbookshop.ru/80469.html> (Электронное издание)
4. , Губарев, , В. Я., Арзамасцев, , А. Г.; Тепломассообмен : методические указания к практическим занятиям.; Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, Липецк; 2014; <http://www.iprbookshop.ru/55162.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Солнышкин, Н. П., Дмитриев, С. И., Чижевский, А. Б.; Технологические процессы в машиностроении : Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Технология, оборудование и автоматизация пр-ва".; Издательство СПбГТУ, Санкт-Петербург; 2001 (16 экз.)
2. , Севостьянов, В. С., Богданов, В. С., Дубинин, Н. Н., Уральский, В. И.; Механическое оборудование производства тугоплавких неметаллических и силикатных материалов и изделий : учебник для студентов сред. спец. учеб. заведений, обучающихся по специальности 2508 "Пр-во тугоплавких неметал. и силикат. материалов и изделий".; ИНФРА-М, Москва; 2005 (71 экз.)
3. Сапожников, М. Я.; Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций : учеб. для студентов специальности "Мех. оборудование предприятий строит. материалов, изделий и конструкций" вузов.; Высшая школа, Москва; 1971 (21 экз.)
4. Барский, М. Д.; Фракционирование порошков; Недра, Москва; 1980 (26 экз.)
5. , Барский, М. Д.; Руководство к лабораторным работам по курсу "Процессы и аппараты силикатной технологии" : для студентов оч. и заоч. обучения спец.: 0562, 0806, 0830, 0831.; УПИ, Свердловск; 1976 (48 экз.)
6. Барский, М. Д., Дроздов, Б. С., Павлов, В. М.; Пневмотранспорт, пылеулавливание и сепарация : учеб. пособие.; УПИ, Свердловск; 1979 (3 экз.)
7. Мамыкин, П. С.; Печи и сушила огнеупорных заводов; Metallurgizdat, Свердловск; 1963 (22 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Не используются

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Не используются

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Процессы и аппараты химической технологии

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

| № п/п | Виды занятий | Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Перечень лицензионного программного обеспечения |
|-------|----------------------|---|--|
| 1 | Лекции | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет | Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |
| 2 | Практические занятия | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет | Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |
| 3 | Консультации | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Подключение к сети Интернет | Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |

| | | | |
|---|---|---|--|
| 4 | Текущий контроль и промежуточная аттестация | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> | Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |
| 5 | Самостоятельная работа студентов | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> | Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Моделирование химико-технологических
процессов

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

| № п/п | Фамилия Имя Отчество | Ученая степень, ученое звание | Должность | Подразделение |
|--------------|---------------------------------|--|------------------|--|
| 1 | Пономарев Владимир Борисович | кандидат технических наук, доцент | Доцент | оборудования и автоматизации силикатных производств |

Рекомендовано учебно-методическим советом института Новых материалов и технологий

Протокол № 20210531-01 от 31.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- С применением электронного обучения на основе электронных учебных курсов, размещенных на LMS-платформах УрФУ
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

| Код раздела, темы | Раздел, тема дисциплины* | Содержание |
|-------------------|---------------------------------------|---|
| 1 | Понятие математического моделирования | Классификация математических моделей, вычислительный эксперимент. Примеры построения математических моделей. Понятие моделирования, основные определения. Материальное (физическое) и математическое моделирование. Геометрическое, физическое подобие, наиболее распространенные критерии подобия. Анализ размерностей. Теорема Букингема. Метод последовательного исключения размерностей. |
| 2 | Способы проведения эксперимента | Методика проведения физического эксперимента. Эмпирический, экспериментально-аналитический и теоретический методы исследований. Ошибки и погрешности эксперимента. Систематическая, случайная ошибка. Генеральная совокупность, выборка. Полигон и гистограмма. Интегральный и дифференциальный законы распределения вероятностей. Медиана, мода, математическое ожидание. Дисперсия, СКО, стандартное отклонение. Правило трех сигм. Промахи. Правила построения гистограмм. Корреляционный анализ. Диаграмма рассеяния. Коэффициент корреляции. Регрессионный анализ. Уравнение регрессии. Аппроксимация и интерполяция. Точечная интерполяция. Линейно-кусочная интерполяция. Сплайны. Метод наименьший квадратов. Функция ошибки. |
| 3 | Задачи и методы оптимизации | Методы нахождения оптимума. Покоординатный спуск. Метод градиентного спуска. Проблема многоэкстремальности. Рандомизация опытов. Воспроизводимость эксперимента. |

| | | |
|--|--|--|
| | | Дисперсия воспроизводимости. Критерий Кохрена. Полный факторный эксперимент. Дробный факторный эксперимент. Кодированные переменные. Матрица планирования. Интервал варьирования. Нуль-гипотеза. Критерий Стьюдента. Дисперсия адекватности. Критерий Фишера. Планы второго порядка. Звездные точки. Метод крутого восхождения. Шаг движения. Симплекс метод оптимизации. Контурно-графический анализ. Линейное программирование. Транспортная задача. Задача использования ресурсов. Симплекс метод линейного программирования. |
|--|--|--|

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

| Направление воспитательной деятельности | Вид воспитательной деятельности | Технология воспитательной деятельности | Компетенция | Результаты обучения |
|---|--|---|---|--|
| Профессиональное воспитание | целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях | Технология повышения коммуникативной компетентности Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности Технология самостоятельной работы | ОПК-2 - Способен формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа | Д-1 - Способность к самообразованию, к самостоятельному освоению новых методов математического анализа и моделирования |

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Моделирование химико-технологических процессов

Электронные ресурсы (издания)

1. Закгейм, А. Ю.; Общая химическая технология: введение в моделирование химико-технологических процессов : учебное пособие.; Логос, Москва; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=84988> (Электронное издание)
2. Струченков, В. И.; Методы оптимизации в прикладных задачах : практическое пособие.; СОЛОН-ПРЕСС, Москва; 2009; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=117856> (Электронное издание)
3. Струченков, В. И.; Динамическое программирование в примерах и задачах : практикум.; Директ-

Медиа, Москва, Берлин; 2015; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457741> (Электронное издание)

4. Струченков, В. И.; Методы оптимизации: основы теории, задачи, обучающие компьютерные программы : учебное пособие.; Директ-Медиа, Москва, Берлин; 2015; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457742> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Акулич, И. Л.; Математическое программирование в примерах и задачах : Учеб. пособие для экон. специальностей вузов.; Высшая школа, Москва; 1986 (8 экз.)

2. Акулич, И. Л.; Математическое программирование в примерах и задачах : [учеб. пособие для экон. специальностей вузов].; Высшая школа, Москва; 1993 (19 экз.)

3. Акулич, И. Л.; Математическое программирование в примерах и задачах : учеб. пособие [для вузов].; Лань, Санкт-Петербург [и др.]; 2009 (20 экз.)

4. Швыдкий, В. С., Ладыгичев, М. Г., Шаврин, В. С.; Математические методы теплофизики : Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Теплофизика, автоматизация и экология промышленных печей".; Машиностроение-1, Москва; 2001 (13 экз.)

5. Мощицкий, А. В., Швыдкий, В. С., Дзюзер, В. Я.; Решение инженерных задач в системе MATLAB : [учеб. пособие].; АМБ, Екатеринбург; 2010 (11 экз.)

6. Швыдкий, В. С., Дзюзер, В. Я., Мощицкий, А. В.; Инженерные расчеты в интегрированной среде MAPLE : [учеб. пособие].; АМБ, Екатеринбург; 2010 (10 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Не используются

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

<https://elearn.urfu.ru/course/view.php?id=5945>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Моделирование химико-технологических процессов

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

| № п/п | Виды занятий | Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Перечень лицензионного программного обеспечения |
|--------------|---------------------|--|---|
| 1 | Лекции | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в | Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |

| | | | |
|---|---|---|--|
| | | <p>соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> | |
| 2 | Лабораторные занятия | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> | Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |
| 3 | Консультации | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> | Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |
| 4 | Текущий контроль и промежуточная аттестация | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> | Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |
| 5 | Самостоятельная работа студентов | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> | Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
**Системы управления химико-
технологическими процессами**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

| № п/п | Фамилия Имя Отчество | Ученая степень, ученое звание | Должность | Подразделение |
|--------------|---------------------------------|--|------------------|--|
| 1 | Пономарев Владимир Борисович | кандидат технических наук, доцент | Доцент | оборудования и автоматизации силикатных производств |
| 2 | Шишкин Алексей Сергеевич | кандидат технических наук, доцент | Доцент | оборудования и автоматизации силикатных производств |

Рекомендовано учебно-методическим советом института Новых материалов и технологий

Протокол № 20210531-01 от 31.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

| Код раздела, темы | Раздел, тема дисциплины* | Содержание |
|-------------------|---|---|
| 1 | Теоретические основы автоматизации | Основные понятия и определения. Классификация видов автоматизации. Виды систем автоматического управления. |
| 2 | Автоматизация технологических процессов производства строительных изделий и конструкций | Основные элементы автоматических устройств. Датчики и измерительные элементы. Датчики температуры. Датчики давления. Датчики импульсные. Типы аналоговых и цифровых сигналов. Основные измерительные схемы. Реле. Преобразователи и усилители. Основы автоматического регулирования. Классификация регуляторов. Промышленное исполнение регуляторов. Основные требования к регуляторам. Исполнительные механизмы и регулирующие органы. Цифровые промышленные сети, классификация, устройство, принцип работы. Подбор датчиков КИП. Разработка алгоритмов управления технологическими процессами. |
| 3 | Основные элементы автоматических устройств. Датчики и измерительные элементы. Датчики температуры. Датчики давления. Датчики импульсные. Типы аналоговых и цифровых сигналов. Основные измерительные схемы. Реле. Преобразователи и усилители. Основы автоматического | Особенности автоматизации производства строительных материалов. Автоматизация печей обжига. Автоматизация шаровых мельниц. Автоматизация пневмокамерных насосов. |

| | | |
|---|--|---|
| | <p>регулирующие органы. Классификация регуляторов. Промышленное исполнение регуляторов. Основные требования к регуляторам. Исполнительные механизмы и регулирующие органы. Цифровые промышленные сети, классификация, устройство, принцип работы. Подбор датчиков КИП. Разработка алгоритмов управления технологическими процессами.</p> | |
| 4 | <p>Особенности автоматизации производства строительных материалов. Автоматизация печей обжига. Автоматизация шаровых мельниц. Автоматизация пневмокамерных насосов.</p> | <p>Назначение SCADA программ. Общие требования, функциональные возможности и характеристики современных SCADA программ (TraceMode AdAstra, Wonderware InTouch и др.). Требования к компьютеру и операционной системе. Интегрированная среда пакета и работа с проектом. Работа с OPC-серверами. Создание мнемосхемы. Архивирование. Тренды. Журналы. Отчеты. Программирование контроллеров.</p> |

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

| Направление воспитательной деятельности | Вид воспитательной деятельности | Технология воспитательной деятельности | Компетенция | Результаты обучения |
|---|--|--|--|--|
| Профессиональное воспитание | целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях | <p>Технология повышения коммуникативной компетентности</p> <p>Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности</p> <p>Технология самостоятельной работы</p> | ОПК-6 - Способен выполнять настройку технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации | Д-1 - Внимательно и ответственно относиться к выполнению требований технической документации |

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Системы управления химико-технологическими процессами

Электронные ресурсы (издания)

1. ; Основы автоматизированного проектирования изделий и технологических процессов : учебное пособие.; Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), Казань; 2013; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=427925> (Электронное издание)
2. Беляев, П. С.; Системы управления технологическими процессами : учебное пособие.; Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), Тамбов; 2014; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277585> (Электронное издание)
3. , Русецкий, , А. М.; Автоматизация и управление в технологических комплексах; Белорусская наука, Минск; 2014; <http://www.iprbookshop.ru/29574.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Акулович, Л. М.; Основы автоматизированного проектирования технологических процессов в машиностроении : учеб. пособие для студентов вузов по машиностроит. специальностям.; ИНФРА-М : Новое знание, Москва ; Минск; 2012 (5 экз.)
2. Соснин, О. М.; Основы автоматизации технологических процессов и производств : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Автоматизация технол. процессов и пр-в (машиностроение)" направления подгот. "Автоматизир. технологии и пр-ва".; Академия, Москва; 2007 (10 экз.)
3. Соснин, О. М.; Средства автоматизации и управления : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки "Автоматизация технологических процессов и производств".; Академия, Москва; 2014 (5 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Не используются

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Не используются

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Системы управления химико-технологическими процессами

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

| № п/п | Виды занятий | Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Перечень лицензионного программного обеспечения |
|-------|---|---|--|
| 1 | Лекции | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> | Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |
| 2 | Лабораторные занятия | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> | Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES AutoCAD 2014 SolidWorks Education Edition 200 CAMPUS |
| 3 | Консультации | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> | Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES AutoCAD 2014 SolidWorks Education Edition 200 CAMPUS |
| 4 | Текущий контроль и промежуточная аттестация | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> | Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES AutoCAD 2014 SolidWorks Education Edition 200 CAMPUS |
| 5 | Самостоятельная работа студентов | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> | Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES AutoCAD 2014 SolidWorks Education Edition 200 CAMPUS |

