

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.В.ДВ.02.02
(индекс дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Расчет динамического оборудования

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки
18.03.01 Химическая технология

направленность (профиль)
Машины и аппараты химических производств

Форма обучения: очно-заочная

Год набора: 2025

Общая трудоемкость: 1 ЗЕ

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	8	Итого
Форма контроля	Зачет	
Вид занятий		
Лекции	16	16
Лабораторные	16	16
Практические	-	-
Руководство: курсовые работы (проекты) / РГР	-	-
Промежуточная аттестация	0,25	0,25
Контактная работа	32,25	32,25
Самостоятельная работа	3,75	3,75
Контроль	-	-
Итого	36	36

Рабочую программу составил(и):

ст. преподаватель Гончаров М.В.

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рецензирование рабочей программы дисциплины:

☒

Отсутствует

☐

Рецензент

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана
направления подготовки 18.03.01 Химическая технология

Срок действия рабочей программы дисциплины до «31» августа 2030 г.

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры «Химическая технология и ресурсосбережение»

(протокол заседания № 2 от «23» сентября 2024 г.)

1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – формирование у студентов теоретических знаний и практических навыков, необходимых для расчета, проектирования и анализа работы динамического оборудования, используемого в химической технологии.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (учебный курс) относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)» (вариативная часть, дисциплины по выбору).

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина:

«Физика», «Высшая математика», «Общая и неорганическая химия», «Инженерная графика», «Общая химическая технология», «Химия и технология органических и неорганических веществ 1», «Процессы и аппараты в химической технологии и биотехнологии».

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты ВКР».

3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
ПК-2 Способен разрабатывать, реализовывать и управлять процессами в области технологии неорганических и органических веществ с применением соответствующего инструментария, цифровых технологий, а также методов моделирования		<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none">– основные принципы работы динамического оборудования химических производств;– методы расчета динамических нагрузок, вибраций и механических колебаний;– современные информационные технологии и программные средства, применяемые для расчета динамических характеристик оборудования;– основные нормативные документы, регулирующие проектирование и эксплуатацию динамического оборудования. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none">– проводить анализ динамических нагрузок и оценивать их влияние на работу оборудования;– выполнять расчет на прочность и надежность динамических машин и аппаратов;– использовать специализированное программное обеспечение (ANSYS, SolidWorks Simulation, Mathcad и др.)

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
		<p>для моделирования и расчета динамических характеристик оборудования;</p> <ul style="list-style-type: none"> – оптимизировать конструкцию оборудования с учетом динамических факторов и условий эксплуатации. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками компьютерного моделирования динамических процессов в оборудовании химических производств; – методами диагностики и прогнозирования износа и отказов динамического оборудования; – практическими приемами обработки и анализа данных вибродиагностики; – методами инженерного расчета параметров надежности и долговечности динамических систем.
<p>ПК-5 Способен анализировать и рассчитывать основные процессы химической технологии и выбирать их аппаратное оформление с применением современного математического аппарата и методов моделирования</p>	<p>ПК-11.1 Способен проводить расчет динамического оборудования, подвижных частей и конструкций</p> <p>ПК-11.2 Способен проводить расчет и моделирование реакторов идеального вытеснения и смешения</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – конструктивные особенности динамического оборудования и подходы к его расчету; – физико-химические основы процессов в реакторах идеального вытеснения и смешения. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – применять расчетные методы для определения параметров динамического оборудования; – проводить расчеты и анализ работы реакторов идеального вытеснения и смешения. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – практическими навыками расчета и подбора динамического оборудования для химико-технологических процессов; – инструментами моделирования и анализа реакторов для оптимизации технологических процессов.

4. Структура и содержание дисциплины

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 1. «Введение в расчет динамического оборудования»	Лек1	Классификация динамического оборудования: насосы, компрессоры, вентиляторы, воздухоудвки, турбомашины. Основные принципы работы и конструктивные особенности динамических машин. Влияние эксплуатационных условий на выбор и расчет оборудования.	8	2	—	—	
Модуль 2. «Теоретические основы расчета динамического оборудования»	Лек2	Основы механики и динамики машин. Термодинамика и газодинамика в работе динамического оборудования. Гидравлический расчет насосов и компрессоров. Колебания и вибрации в динамических системах. Прочностной расчет и анализ надежности.	8	2	—	—	
	Лаб1	Характеристики гидравлической машины для перемещения жидкости (Насос).	8	8	—	—	Отчет по лабораторной работе №1

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 3. «Расчет и проектирование отдельных видов динамического оборудования»	Лек3	Насосы: гидравлический расчет, КПД, диагностика отказов. Компрессоры: термодинамический анализ, газодинамические процессы, повышение эффективности. Вентиляторы и воздухоудовки: аэродинамический расчет, балансировка, снижение вибраций. Турбомашины: расчет параметров, прочностные характеристики, инновации в конструкции. Выбор материалов и конструкционных решений для динамических машин.	8	4	—	—	
	Лаб2	Расчет параметров центробежного насоса для перекачки химической жидкости.	8	8	—	—	Отчет по лабораторной работе №2
Модуль 4. «Динамические нагрузки, вибрации и эксплуатация оборудования»	Лек4	Причины вибраций в динамическом оборудовании. Методы диагностики и прогнозирования отказов. Балансировка роторов, устранение резонансных явлений. Мониторинг состояния оборудования и техническое обслуживание. Энергосбережение, повышение надежности и продление срока службы машин.	8	4	—	—	

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 5. «Современные технологии и перспективы развития динамического оборудования»	Лек5	Цифровые технологии в проектировании и расчете динамических машин. Искусственный интеллект и машинное обучение в диагностике оборудования. Новые материалы и технологии для повышения эффективности. Энергосберегающие решения в динамическом оборудовании. Будущее динамического оборудования в химической промышленности.	8	4	—	—	
	Ср	Изучение теоретического материала. Выполнение индивидуальных заданий. Подготовка к зачету.	8	3,75	—	—	Реферат-презентация
	ПА	Зачет	8	0,25	—	—	Зачет
Итого:				36			

5. Образовательные технологии

При реализации учебного курса дисциплины используется технология традиционного обучения, включающая лекции, практические занятия и лабораторные работы, которые предполагают последовательное изложение материала преподавателем.

Лекция с элементами дискуссии. Лекция-презентация.

Практические занятия и лабораторные работы с решением задач, обсуждение алгоритма решения задач и полученных результатов. Выполнение индивидуальных заданий.

6. Методические указания по освоению дисциплины

При освоении темы необходимо:

- изучить учебный материал по дисциплине «Расчет динамического оборудования», используя лекционный материал и материал библиотечного фонда по данной тематике;

- акцентировать внимание на анализе динамических нагрузок, методах расчета вибраций и механических колебаний, оценке прочности и надежности конструкций, а также на применении современных программных средств для моделирования динамических процессов.

Методические рекомендации к выполнению самостоятельной работы:

1. Изучение теоретического материала по изучаемой теме, изложенного в учебно-методическом пособии.

2. Вопросы для самостоятельной работы студентов:

- 2.1. Классификация динамического оборудования в химической технологии и его основные конструктивные особенности.

- 2.2. Основные типы нагрузок и их влияние на эксплуатационные характеристики оборудования.

- 2.3. Методы расчета вибраций и механических колебаний динамических систем.

- 2.4. Расчет прочности и устойчивости вращающихся и возвратно-поступательных механизмов.

- 2.5. Применение компьютерного моделирования для анализа динамических характеристик оборудования.

- 2.6. Методы диагностики и прогнозирования отказов динамических систем.

- 2.7. Современные подходы к повышению надежности и долговечности динамического оборудования.

3. Подготовка к аудиторным занятиям (практическим занятиям / лабораторным работам и промежуточной аттестации).

4. Самостоятельное прочтение, просмотр, Интернет-ресурсы, повторение учебного материала.

5. Практические занятия включают в себя решение прикладных, расчетных и ситуационных задач, обсуждение результатов деятельности.

6. Подготовка отчетов по практическим занятиям и лабораторным работам:

- 6.1. Выполненное практическое занятие / лабораторная работа должны быть оформлены в текстовом редакторе совместимом с Microsoft Word (с расширением файла – doc/docx) с названием файла, Ф.И.О. № Группы_РДО_№Задания и включать в себя:

- наименование и вариант работы;
- исходные данные;
- описание предлагаемого решения;
- общее заключение по результатам работы.

- 6.2. При сдаче отчета студент должен ответить на вопросы преподавателя по теме практического занятия / лабораторной работе в устной форме, используя отчет по работе.

7. Оценочные средства

7.1. Паспорт оценочных средств

Семестр	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
8	ПК-2, ПК-5	Отчеты по практическим занятиям № 1-4 в электронном виде. Отчеты по лабораторным работам № 1-2 в электронном виде. Вопросы к зачету № 1-50.

7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля

7.2.1. Отчет по практическому занятию

Типовой пример задания:

Практическое занятие № 1. Гидравлический расчет насосов.

Цель работы: научиться проводить гидравлический расчет насосов, определять требуемый напор, мощность и КПД насоса для перекачки химических жидкостей, а также подбирать подходящую модель насоса с учетом специфики химических производств.

Условие задачи: В химическом производстве необходимо перекачивать серную кислоту (H_2SO_4) из резервуара в реактор. Параметры системы представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные

№ Варианта	Показатель	Значение
1	Производительность насоса, Q	50 м ³ /ч
	Высота подъема жидкости (геометрическая высота), H_g	10 м
	Длина трубопровода, L	100 м
	Диаметр трубопровода, d	0,1 м
	Плотность серной кислоты, ρ	1800 кг/м ³
	Вязкость серной кислоты, μ	0,025 Па·с
	Эквивалентная шероховатость трубы, k	0,15 мм
	Местные сопротивления: 2 колена (90°), 1 задвижка, 1 обратный клапан, коэффициенты местных сопротивлений: – колено, ξ – задвижка, ξ – обратный клапан, ξ	0,5 0,2 2,0

Задание:

1. Рассчитать потери напора в трубопроводе (фрикционные и местные).
2. Определить полный напор насоса H .
3. Рассчитать мощность насоса N и КПД η , приняв КПД насоса равным 0,75.
4. Подобрать центробежный насос из каталога (привести пример подбора).
5. Сделать вывод о пригодности выбранного насоса для работы с серной кислотой.
6. Сформировать и предоставить отчет по практическому занятию в электронном виде.

Теоретические основы:

Полный напор насоса:

$$H = H_g + H_f + H_m + H_v, \quad (1)$$

где:

H_g – геометрическая высота подъема (м),

H_f – фрикционные потери напора (м),

H_m – местные потери напора (м),

H_v – потери напора на входе и выходе (принимается $H_v = 0$).

Фрикционные потери напора (формула Дарси-Вейсбаха):

$$H_f = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}, \quad (2)$$

где:

λ – коэффициент трения (рассчитывается по формуле Колебрука или аппроксимациям),

v – скорость потока (м/с),

g – 9,81 м/с².

Местные потери напора:

$$H_m = \sum \zeta \cdot \frac{v^2}{2g}, \quad (3)$$

где ζ — коэффициент местного сопротивления.

Скорость потока:

$$v = \frac{Q}{3600 \cdot A}, \quad A = \frac{\pi d^2}{4}. \quad (4)$$

Мощность насоса:

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{3600 \cdot 1000 \cdot \eta}, \quad (5)$$

где η — КПД насоса.

Пример решения

1. Расчет скорости потока

Сечение трубы:

$$A = \frac{\pi \cdot 0,1^2}{4} = 0,007854 \text{ м}^2.$$

Скорость потока:

$$v = \frac{50}{3600 \cdot 0,007854} \approx 1,766 \text{ м/с.}$$

2. Расчет числа Рейнольдса

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\mu} = \frac{1800 \cdot 1,766 \cdot 0,1}{0,025} = 12703,2.$$

Поскольку $Re > 4000$, поток турбулентный.

3. Расчет коэффициента трения λ

Используем аппроксимацию для турбулентного потока (формула Альтшуля):

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{\kappa}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left(\frac{0,00015}{0,1} + \frac{68}{12703,2} \right)^{0,25} \approx 0,032.$$

4. Расчет фрикционных потерь напора

$$H_f = 0,032 \cdot \frac{100}{0,1} \cdot \frac{1,766^2}{2 \cdot 9,81} \approx 5,09 \text{ м.}$$

5. Расчет местных потерь напора

Сумма коэффициентов местных сопротивлений:

$$\sum \xi = 2 \cdot 0,5 + 0,2 + 2,0 = 3,2.$$

$$H_m = \sum \xi \cdot \frac{v^2}{2g} = 3,2 \cdot \frac{1,766^2}{2 \cdot 9,81} \approx 3,2 \cdot 0,159 \approx 0,51 \text{ м.}$$

6. Расчет полного напора насоса

$$H = H_g + H_f + H_m + H_v = 10 + 5,09 + 0,51 = 15,6 \text{ м.}$$

7. Расчет мощности насоса

Принимаем КПД $\eta = 0,75$:

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{3600 \cdot 1000 \cdot \eta} = \frac{1800 \cdot 9,81 \cdot 50 \cdot 15,6}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,75} \approx 5,07 \text{ кВт.}$$

8. Подбор насоса

- Для точного подбора насоса используются каталоги производителей (например, Grundfos, KSB).
- В реальных условиях выбирается насос с запасом по напору и производительности.
- Необходимо учитывать требования безопасности и совместимость материалов с агрессивными средами.

Из каталога центробежных насосов для химических жидкостей подбираем насос с характеристиками:

- Производительность: $Q = 50 \text{ м}^3/\text{ч}$,
- Напор: $H = 16 \text{ м}$,
- Мощность: $N \approx 5,5 \text{ кВт}$,

– Материал: нержавеющая сталь, устойчивая к серной кислоте.

9. Вывод

Выбранный насос обеспечивает требуемый напор ($H = 16 \text{ м} > 15,6 \text{ м}$), и производительность ($Q = 50 \text{ м}^3/\text{ч}$). Материал насоса устойчив к коррозии от серной кислоты. Насос пригоден для использования в данном процессе.

Критерии оценки:

Оценка «зачтено» ставится студенту, если отчет по практическому занятию включает более 50% от требуемого объема и выполнен в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии;

Оценка «не зачтено» ставится студенту, если отчет по практическому занятию включает менее 50% от требуемого объема.

7.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации

Семестр 8

№ п/п	Вопросы к зачету
1.	Что такое динамическое оборудование в контексте химических производств?
2.	Как классифицируется динамическое оборудование по принципу действия?
3.	Какие основные параметры характеризуют работу динамического оборудования?
4.	В чем разница между статическим и динамическим оборудованием?
5.	Какие факторы влияют на выбор типа динамического оборудования для конкретного процесса?
6.	Каков принцип работы центробежного насоса?
7.	Какие типы насосов используются для перекачки вязких жидкостей? Как рассчитать напор насоса?
8.	Что такое кавитация и как она влияет на работу насоса?
9.	Как определить КПД насоса?
10.	Какие материалы используются для изготовления насосов, работающих с агрессивными средами?
11.	Как рассчитать мощность, потребляемую насосом?
12.	В чем особенности работы поршневых насосов?
13.	Как подобрать насос для системы с заданными параметрами?
14.	Какие меры принимаются для предотвращения утечек в насосах?
15.	Каков принцип работы поршневого компрессора?
16.	Какие типы компрессоров используются для сжатия воздуха в химических процессах?
17.	Как рассчитать работу сжатия в компрессоре?
18.	Что такое политропный процесс и как он связан с работой компрессора?
19.	Как определить КПД компрессора?
20.	Какие системы охлаждения используются в компрессорах?
21.	Как рассчитать объемный расход компрессора?
22.	В чем разница между одноступенчатым и многоступенчатым компрессором?
23.	Какие материалы применяются для изготовления компрессоров, работающих с

№ п/п	Вопросы к зачету
	коррозионными газами?
24.	Как обеспечить безопасность при эксплуатации компрессоров высокого давления?
25.	Каков принцип работы осевого вентилятора?
26.	Какие типы вентиляторов используются для вентиляции химических цехов?
27.	Как рассчитать производительность вентилятора?
28.	Что такое аэродинамическое сопротивление и как оно влияет на работу вентилятора?
29.	Как определить мощность, потребляемую вентилятором?
30.	В чем особенности работы центробежных вентиляторов?
31.	Каков принцип работы паровой турбины?
32.	Какие типы турбин используются в химических производствах?
33.	Как рассчитать мощность турбины?
34.	Что такое изэнтропийный процесс и как он связан с работой турбины?
35.	Как определить КПД турбины?
36.	Какие системы смазки используются в турбинах?
37.	Как рассчитать скорость вращения турбины?
38.	В чем разница между конденсационной и противодавленческой турбиной?
39.	Какие меры принимаются для снижения шума и вибраций в турбинах?
40.	Как рассчитать частоту собственных колебаний ротора?
41.	Что такое критическая скорость вращения и как ее определить?
42.	Как влияют дисбалансы на работу динамического оборудования?
43.	Какие методы используются для балансировки роторов?
44.	Как обеспечить устойчивость работы оборудования при переменных нагрузках?
45.	Какие особенности эксплуатации динамического оборудования в агрессивных средах?
46.	Как выбрать материал для оборудования, контактирующего с кислотами?
47.	Какие системы контроля и автоматизации применяются для динамического оборудования?
48.	Как обеспечить экологическую безопасность при работе с токсичными газами?
49.	Какие стандарты и нормы регулируют проектирование и эксплуатацию динамического оборудования в химической промышленности?
50.	Что такое динамическое оборудование в контексте химических производств?

7.3.2. Критерии и нормы оценки

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
8	Зачет (устно)	«зачтено»	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Знает и понимает суть дисциплины, основных положений учебного материала; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Поверхностно анализировать события, ситуации, делать определенные выводы, самостоятельно воспроизводить большую

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
			<p>часть материала.</p> <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Умением давать правильные ответы (допускаются некоторые неточности и не принципиальные ошибки); – Умением работать только с учебной литературой, указанной преподавателем.
		«не зачтено»	<p>Не отвечает ни на один из теоретических вопросов, не может ответить ни на один дополнительный вопрос.</p>

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Обязательная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Борисов А.В.	Механика и конструирование оборудования химических производств	Учебное пособие	2020	ЭБС «Лань»
2	Сидоров Н.Н.	Технологические машины и оборудование химической промышленности	Учебное пособие	2021	ЭБС «Лань»
3	Кузнецов А. А., Смирнов В.И.	Конструирование технологического оборудования	Учебное пособие	2020	ЭБС «Лань»
4	Петров И. В.	Расчет и проектирование машин химических производств	Учебник	2023	ЭБС «Лань»
5	Тимонин А.С.	Процессы и аппараты химической технологии	Учебник	2022	ЭБС «Лань»

8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Лебедев В. П., Морозов А. Н.	Основы расчета и конструирования аппаратов химической технологии	Учебник	2022	ЭБС «Лань»
2	Борисов А. В.	Механика и конструирование оборудования химических производств	Учебное пособие	2020	ЭБС «Лань»
3	Поникаров И.И., Поникаров С.И., Рачковский С.В.	Расчеты машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки (примеры и задачи)	Практикум	2020	ЭБС «Лань»

8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

– Химическая промышленность сегодня. Журнал «Химическая промышленность сегодня» публикует оригинальные статьи химико-технологического профиля, содержащие новые результаты завершённых исследований в области химической технологии и биотехнологии, промышленного внедрения и эксплуатации химических производств. Журнал также публикует обзоры наиболее интересных и актуальных научных достижений и практических разработок по публикациям отечественной и иностранной печати, информацию о проведении научных конференций, симпозиумов и научно-практических совещаний в области химической технологии и химической промышленности.

– Теоретические основы химической технологии. Журнал публикует сообщения о новых технологических процессах в обрабатывающей промышленности с точки зрения фундаментальной науки. Статьи в журнале посвящены основам тепломассообмена, процессам разделения, межфазным явлениям, течению сыпучих материалов, биотехнологии, оптимизации, автоматизации и управлению, экономии энергии, металлов и сырья, защите окружающей среды и смежным темам. Журнал входит в Перечень ВАК и систему РИНЦ. Для зарегистрированных пользователей Научной электронной библиотеки (eLibrary) доступен полнотекстовый архив с 2011 года: <http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=8244>.

– Oriental Journal Of Chemistry. Научный рецензируемый журнал открытого доступа. Страна: Индия. Язык: английский. Публикует результаты научных исследований в области общей химии, биохимии, спектроскопии, химии окружающей среды. Доступен полнотекстовый архив с 2008 года: <http://www.orientjchem.org/Archive.php>.

– Chemical and Process Engineering Research. Журнал на английском языке Международного института по науке, технологиям и образованию (International Institute for Science, Technology and Education) (США, Великобритания, Гонконг). Публикует оригинальные статьи, касающиеся различных аспектов химического машиностроения, в том числе, управление процессами и контрольноизмерительными приборами данного производства. Доступен полнотекстовый архив с 2011 года: <http://www.iiste.org/Journals/index.php/CPER/issue/archive>.

– Journal of Advanced Chemical Engineering. Научный рецензируемый и реферируемый журнал открытого доступа. Страна: Египет. Язык: английский. Публикует оригинальные исследования, обзорные статьи, короткие сообщения в области химического машиностроения, современных материалов, биохимии. Доступен полнотекстовый архив с 2011 года: <http://www.ashdin.com/journals/published.aspx?jid=jace>.

8.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	Windows: WinPro 10 RUS Upgrd OLP NL Acdmc	договор № 757 от 04.07.2018, срок действия – бессрочно; контракт № 1653 от 14.12.2018, срок действия – бессрочно
2	Office Standard: Office Stdandard 2013 Russian OLP NL AcademicEdition	договор № 690 от 19.05.2015, срок действия – бессрочно
3	MathCAD версия 14 или 15	Акт п/п от 21.07.09 (Гос. Контракт 487 от 28.05.09), бессрочный

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

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
1	Лаборатория «Технология органических соединений». Учебная аудитория для проведения лабораторных работ. (А-311)	Столы лабораторные островные физические; Столы островные химические; полки для посуды; мойки; Столы лабораторные; Столы письменные; шкаф вытяжной 1500ШВ; шкафы сушильный WS31.; баня водяная многоместная; печь муфельная; плитка электрическая; магнитная мешалка.; термостат VT8; аппарат для определения температуры вспышки; лабораторная ректификационная колонна; весы аналитические ВЛР200; весы электронные HL100; штативы лабораторные; табуреты лабораторные; стул; химическая посуда, доска меловая.
2	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (А-419)	Столы ученические двухместные (моноблоки), стол преподавательский, стул преподавательский, доска аудиторная (меловая), таблица Менделеева.
3	Лаборатория "Процессы и аппараты защиты окружающей среды". Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (А-409)	Столы ученические моноблоки, Столы, стулья, доска аудиторная (меловая), проектор, ноутбук, экран переносной, установка технологического комплекса, позволяющая снизить распространение аэродисперсной системы в пространств., установка, позволяющая создать аэродинамическую тягу.
	Лаборатория "Процессов и АХП". Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового	Лабораторные установки по изучению процесса ректификации, процесса теплопередачи (труба в трубе), лабораторная установка для

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
4	проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (А-118)	измерения давления, стационарное медиа оборудование, интерактивная доска. Столы ученические, стулья ученические.
5	Компьютерный класс. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (УЛК-203)	Переносной проектор, экран, столы компьютерные, стол преподавательский, стулья, доска аудиторная (маркерная)- ПК с выходом в сеть Интернет.
6	Помещение для самостоятельной работы обучающихся. (Г-401)	Столы, стулья, компьютеры.