

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

Б1.В.ДВ.03.02
(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: очная

Год набора: 2025

Общая трудоемкость: 1 ЗЕ

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	7	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 2029 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	ПК-2.1. Владеет современными методами и принципами расчета процессов синтеза и очистки органических и неорганических соединений	Знать: – принципы расчета оборудования, используемого в процессах синтеза и очистки, включая влияние динамических факторов.
		Уметь: – выполнять выбор и обоснование аппаратного оформления с учетом динамической устойчивости и надежности.
		Владеть: – методами инженерного анализа и оптимизации конструкций с применением цифровых инструментов.
	ПК-2.2. Способен проводить расчет и оптимизацию реакторов и динамического оборудования в химической технологии	Знать: – теоретические основы и методы расчета динамического оборудования: насосов, компрессоров, смесителей, центрифуг. Уметь: – выполнять инженерные расчеты колебаний, нагрузок, вибраций, а также проводить оценку ресурса

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
		и надежности. Владеть: – навыками компьютерного моделирования (например, ANSYS, SolidWorks Simulation) для расчета и оптимизации оборудования.
ПК-5 Способен анализировать и рассчитывать основные процессы химической технологии и выбирать их аппаратное оформление с применением современного математического аппарата и методов моделирования	ПК-5.1. Способен проводить расчет динамического оборудования, подвижных частей и конструкций	Знать: – основные типы динамических нагрузок, методы их учета в расчётах, принципы демпфирования и виброизоляции.
		Уметь: – проводить расчет на прочность, устойчивость и вибрационную надёжность оборудования с подвижными частями.
		Владеть: – методами численного моделирования колебательных процессов в конструкциях оборудования, навыками анализа реальных данных вибродиагностики.
	ПК-5.2. Способен проводить расчет и моделирование реакторов идеального вытеснения и смешения	Знать: – основы гидродинамики и тепломассообмена в реакторах, методы численного моделирования процессов. Уметь: – выполнять расчет параметров реакторов с учетом влияния динамики потока и переменных нагрузок. Владеть: – средствами расчета реакторов в условиях переменного режима, в том числе с использованием программных комплексов.

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.	7	2	—	—	
	Лек2	Основные принципы работы и конструктивные особенности динамических машин. Влияние эксплуатационных условий на выбор и расчет оборудования.	7	2	—	—	
	Ср	Изучение теоретического материала. Выполнение индивидуальных заданий.	7	0,75	—	—	Реферат-презентация
Модуль 2. «Теоретические основы расчета динамического оборудования»	Лек3	Основы механики и динамики машин. Термодинамика и газодинамика в работе динамического оборудования.	7	2	—	—	
	Лек4	Гидравлический расчет насосов и компрессоров. Колебания и вибрации в динамических системах. Прочностной расчет и анализ надежности.	7	2	—	—	
	Лаб1	Гидравлический и термодинамический расчет компрессоров.	7	4	—	—	Отчет по лабораторной работе №1
	Лаб2	Характеристики гидравлической машины для перемещения жидкости (Насос).	7	4	—	—	Отчет по лабораторной работе №2

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Ср	Изучение теоретического материала. Подготовка отчетов по лабораторным работам. Выполнение индивидуальных заданий.	7	1	—	—	Реферат-презентация
Модуль 3. «Расчет и проектирование отдельных видов динамического оборудования»	Лек5	Насосы: гидравлический расчет, КПД, диагностика отказов. Компрессоры: термодинамический анализ, газодинамические процессы, повышение эффективности. Вентиляторы и воздухоудовки: аэродинамический расчет, балансировка, снижение вибраций.	7	2	—	—	
	Лек6	Турбомашины: расчет параметров, прочностные характеристики, инновации в конструкции. Выбор материалов и конструкционных решений для динамических машин.	7	2	—	—	
	Лаб3	Расчет параметров центробежного насоса для перекачки химической жидкости.	7	4	—	—	Отчет по лабораторной работе №3
	Лаб4	Расчет параметров и прочностных характеристик турбины высокого давления	7	4	—	—	Отчет по лабораторной работе №4
	Ср	Изучение теоретического материала. Подготовка отчетов по лабораторным работам. Выполнение индивидуальных заданий.	7	1	—	—	Реферат-презентация

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 4. «Динамические нагрузки, вибрации и эксплуатация оборудования. Современные технологии и перспективы развития динамического оборудования»	Лек7	Причины вибраций в динамическом оборудовании. Методы диагностики и прогнозирования отказов. Балансировка роторов, устранение резонансных явлений.	7	2	—	—	
	Лек8	Мониторинг состояния оборудования и техническое обслуживание. Энергосбережение, повышение надежности и продление срока службы машин. Новые материалы и технологии для повышения эффективности. Энергосберегающие решения в динамическом оборудовании.	7	2	—	—	
	Ср	Изучение теоретического материала. Выполнение индивидуальных заданий. Подготовка к зачету.	7	1	—	—	Реферат-презентация
	ПА	Зачет	7	0,25	—	—	Зачет
Итого:				36			

5. Образовательные технологии

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

Лекция с элементами дискуссии. Лекция-презентация.

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 (лабораторным работам и промежуточной аттестации).

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

5. Лабораторные работы включают в себя решение прикладных, расчетных и ситуационных задач, обсуждение результатов деятельности.

6. Подготовка отчетов по лабораторным работам:

6.1. Выполненная 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 лабораторной работы 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
7	ПК-2, ПК-5	Отчеты по лабораторным работам № 1-4 в электронном виде. Вопросы к зачету № 1-50.

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

7.2.1. Отчет по лабораторной работе

Типовой пример задания:

Лабораторная работа № 4. Расчет параметров и прочностных характеристик турбины высокого давления.

Цель работы: ознакомить студентов с методикой расчета параметров и прочностных характеристик турбины высокого давления, применяемой в химических производствах. Определить мощность турбины, ее КПД и оценить прочность критических элементов в рабочих условиях.

Оборудование и материалы

1. Модель турбины высокого давления или программное обеспечение для моделирования (например, ANSYS, SolidWorks).
2. Измерительные приборы: манометры, термометры, расходомеры.
3. Компьютер с программным обеспечением для обработки данных и расчета прочности (например, Excel, MATLAB).
4. Каталог турбин для выбора оборудования.
5. Рабочая среда: перегретый пар (реальный или смоделированный).

Постановка задачи

Турбина высокого давления используется в химическом производстве для привода компрессора в синтезе аммиака. Рабочая среда – перегретый пар. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные

№ Варианта	Показатель	Значение
1	Давление пара на входе, P_1	5.0 МПа (50 атм).
	Давление пара на выходе, P_2	0.5 МПа (5 атм).
	Температура пара на входе, T_1	450 °С = 723К.
	Массовый расход пара, m	3.0 кг/с
	Изоэнтروпический КПД турбины, η_{is}	0.88.
	Диаметр ротора турбины, D	0,5 м.
	Частота вращения ротора, n	3000 об/мин.
	Коэффициент запаса прочности, S_f	2.0.
	Материал ротора с пределом текучести, σ_y	легированная сталь 600 МПа.

Задание:

1. Рассчитать изоэнтропическую работу турбины на 1 кг пара.
2. Определить фактическую работу и мощность турбины.
3. Рассчитать центробежное напряжение в роторе турбины.
4. Оценить безопасность ротора на основе прочностных характеристик.
5. Сделать вывод о пригодности турбины для заданного применения.
6. Сформировать и предоставить отчет по лабораторной работе в электронном виде.
7. Ответить на вопросы.

Теоретические основы:

1. Изоэнтропическая работа: для идеальной турбины работа на 1 кг:

$$h_1 - h_{2s} = c_p(T_1 - T_{2s}), \quad (1)$$

где: $T_{2s} = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}}$, $k = 1.33$ для перегретого пара.

2. Фактическая работа:

$$W_{actual} = \eta_{is} \times (h_1 - h_{2s}). \quad (2)$$

3. Мощность:

$$P = m \times W_{actual}. \quad (3)$$

4. Центробежное напряжение в роторе:

$$\sigma_{cent} = \frac{\rho \omega^2 R^2}{2}, \quad (4)$$

где $\omega = \frac{2\pi n}{60}$, $R = \frac{D}{2}$, $\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$ – плотность материала ротора.

5. Допустимое напряжение:

$$\sigma_{allow} = \frac{\sigma_y}{S_f}. \quad (5)$$

Пример решения

1. Расчет изоэнтропической температуры на выходе

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{0.5}{5.0} = 0.1, \quad \frac{k-1}{k} = \frac{0.33}{1.33} \approx 0.248.$$

$$T_{2s} = 723 \times (0.1)^{0.248} \approx 723 \times 0.501 \approx 362 \text{ К}.$$

2. Расчет изоэнтропической работы

При $C_p = 2.1 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{К}$:

$$W_{isentropic} = 2.1 \times (723 - 362) = 2.1 \times 361 \approx 758.1 \text{ кДж/кг.}$$

3. Расчет фактической работы

$$W_{actual} = 0.88 \times 758.1 \approx 667.1 \text{ кДж/кг.}$$

4. Расчет мощности

$$P = 3.0 \times 667.1 \approx 2001.3 \text{ кВт} \approx 2.0 \text{ МВт.}$$

5. Расчет угловой скорости

$$\omega = \frac{2\pi \times 3000}{60} = 314.16 \text{ рад/с.}$$

6. Расчет центробежного напряжения

$$R = 0.25 \text{ м, } \sigma_{cent} = \frac{7800 \times (314.16)^2 \times (0.25)^2}{2} \approx \frac{7800 \times 98696 \times 0.0625}{2} \approx 240.5 \text{ МПа.}$$

7. Расчет допустимого напряжения

$$\sigma_{allow} = \frac{600}{2.0} = 300 \text{ МПа.}$$

8. Оценка безопасности

Так как $\sigma_{cent} = 240.5 \text{ МПа} < \sigma_{allow} = 300 \text{ МПа}$, ротор безопасен в рабочих условиях.

9. Вывод

Турбина обеспечивает мощность около 2.0 МВт, что достаточно для привода компрессора в синтезе аммиака. Прочность ротора соответствует требованиям с запасом, так как центробежное напряжение ниже допустимого. Турбина пригодна для применения при условии коррозионной стойкости материала в химической среде.

Контрольные вопросы

1. Как изэнтропический КПД влияет на производительность турбины?
2. Каковы последствия увеличения скорости вращения ротора для напряжений?
3. Почему выбор материала критичен для химических производств?

Критерии оценки:

Оценка «**зачтено**» ставится студенту, если отчет по лабораторной работе 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 лабораторной работе 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 7

№ 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 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?

№ п/п	Вопросы к зачету
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	
7	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 часть материала. <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»	Не отвечает ни на один из теоретических вопросов, не может ответить ни на один дополнительный вопрос.

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 завершенных 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.