

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тамбовский государственный технический университет»

ПРИНЯТО

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ФГБОУ ВО «ТГТУ»

приказом ректора ФГБОУ ВО «ТГТУ»

30 сентября 2019 г. (протокол № 11)

30 сентября 2019 г. № 182/5-04

## **ПРОГРАММА**

вступительного испытания для поступающих в 2020 году в магистратуру  
на направление подготовки

**15.04.02 Технологические машины и оборудование**  
по программе магистратуры

**15.04.02.02 Машины и оборудование промышленной экологии**

### **Раздел I.**

*Дисциплина "ТИПОВЫЕ МАШИНЫ И АППАРАТЫ"*

Основные требования, предъявляемые к проектируемому или выбираемому оборудованию. Требование конструктивного совершенства: высокая эффективность процесса, большая удельная производительность, малая энергоемкость оборудования, малый вес и габариты, простота конструкции, технологичность в изготовлении, использование недефицитных материалов. Требование механической надежности оборудования: прочности, жесткости, устойчивости, долговечности и герметичности (как следствие отсутствия загрязнения окружающей среды). Требование эксплуатационных достоинств оборудования: простота сборки, разборки и ремонта оборудования, удобство монтажа, простота и легкость обслуживания, возможность применения автоматического контроля и регулирования, обеспечение устойчивости заданного режима, соблюдение правил противопожарной безопасности и техники безопасности при обслуживании, отсутствие вибрации и больших шумов.

Теплообменные аппараты. Роль теплообменной аппаратуры. Факторы, влияющие на выбор конструкции теплообменников. Теплообменники кожухотрубные. Теплообменники жесткой конструкции. Преимущества и недостатки данной конструкции. Способы крепления трубной решетки к корпусу теплообменника. Теплообменники полужесткой конструкции. Конструкция теплообменника с изогнутыми трубами. Теплообменники нежесткой конструкции. Конструкции теплообменника с U-образными трубками и двойными трубками (трубками Фильда). Индивидуальное сальниковое уплотнение трубок. Теплообменники с плавающей головкой. Особенности их устройства, конструкции плавающих головок. Достоинства и недостатки теплообменников типа ТК. Выбор трубок. Размещение труб в трубных плитах. Кожух теплообменника (выбор диаметра) и распреде-

лительные камеры. Назначение и типы перегородок (продольные и поперечные). Стандартизация и унификация кожухотрубных теплообменников. Порядок проектирования теплообменной аппаратуры. Расчет температурных напряжений в теплообменниках жесткой конструкции. Учет давления в трубном и межтрубном пространствах при расчете напряжений. Проверка прочности крепления труб в трубной доске. Расчет необходимого количества линз для компенсации температурных напряжений. Толщина трубных решеток. Теплообменники спиральные и пластинчатые. Конструкции, область применения, достоинства и недостатки. Конструктивный расчет теплообменников. Теплообменники типа "Труба в трубе" и с витыми трубами. Основные конструкции. Область применения. Достоинства и недостатки. Теплообменники типа аппаратов с рубашкой. Конструктивные разновидности. Область применения. Теплообменники графитовые и из других неметаллических материалов. Конструктивные разновидности. Особенности конструирования. Область применения. Достоинства и недостатки. Теплообменники из фторопласта. Регенеративные теплообменники. Интенсификация процесса теплообмена в различных теплообменных аппаратах. Сравнительная характеристика различных методов интенсификации. Методы оптимизации теплообменной аппаратуры.

Выпарные аппараты. Классификация. Основные типы. Достоинства и недостатки. Выпарные аппараты с естественной циркуляцией раствора. Пленочные выпарные аппараты. Устройства для образования устойчивой пленки. Роторные пленочные аппараты. Расчет роторных аппаратов. Выпарные аппараты с погружными горелками. Область их применения и конструктивные разновидности. Методика расчета выпарных аппаратов. Выпарные аппараты с выносной греющей камерой.

Массообменные аппараты. Аппараты для систем газ-жидкость. Классификация, стандартизация. Характеристика абсорбционных и ректификационных колонн. Основные требования, предъявляемые к массообменным аппаратам и устройствам. Последовательность и особенности механического расчета колонн. Конструкции тарелок. Каплеотбойники. Способы крепления тарелок в колонне. Конструкции переливных устройств. Расчет на прочность тарелок массообменных аппаратов. Производительность, эффективность, диапазон устойчивой работы, гидравлическое сопротивление, расстояние между контактными ступенями. Насадочные ректификационные и абсорбционные аппараты. Конструкция основных узлов, вводов, выводов, распределителей пара, несущих решеток. Экстракционные аппараты. Классификация. Конструкция основных элементов и узлов.

Кристаллизаторы, грануляторы. Влияние гидродинамических параметров на кристаллизацию.

Классификация. Механические кристаллизаторы. Кристаллизаторы с взвешенным слоем. Методы их расчета. Вакуум-кристаллизаторы. Прочие разновидности кристаллизаторов. Сублимационно-десублимационное оборудование. Грануляционное оборудование. Классификация. Грануляционные башни. Расчет производительности грануляторов. Тенденции развития. Грануляторы со взвешенным слоем. Барабанные и чашечные грануляторы. Таблетирующие машины. Расчет на прочность элементов грануляторов.

Сушилki. Классификация сушилок. Аэродинамические сушилки. Конструкции и расчет распределительных решеток. Сушилка для суспензий, растворов и паст. Конструкции и выбор распыливающих устройств. Комбинированные аппараты. Интенсификация и усовершенствование сушилок. Оптимизация работы сушильных установок. Особенности расчета на прочность корпусов сушилок. Перспективы развития сушильных установок.

Перемешивающие устройства. Классификация. Области применения. Основные требования, предъявляемые к мешалкам. Приводы мешалок. Расчет мощности, потребляемой мешалками. Расчет на прочность лопастной, якорной и пропеллерной мешалок. Выбор оптимального типа мешалки с учетом экономического критерия оптимизации. Планетарные мешалки.

Уплотнения вращающихся валов и подвижных штоков. Уплотнения подвижных штоков и поршней (кольцевые, манжетные, дифференциальные, сальниковые, бесконтактные). Расчет сальниковых уплотнений. Уплотнение вращающихся валов. Сальниковые уплотнения с мягкой и твердой набивкой. Достоинства и недостатки. Область применения. Торцевые уплотнения. Классификация, конструктивные разновидности. Тепловой расчет. Гидродинамические и гидростатические торцевые уплотнения. Бесконтактные уплотнения. Конструктивные разновидности. Динамические уплотнения валов (совместно со стояночными уплотнениями). Уплотнение с ферромагнитной жидкостью. Расчет величины утечки и долговечности уплотнений. Комбинированные уплотнения.

Оборудование для измельчения и классификации материалов (дробилки, мельницы, классификаторы и сепараторы). Способы измельчения. Классификация машин для измельчения. Машины для грубого измельчения. Щековые дробилки. Классификация. Основные конструкции. Расчет угла захвата, производительности и потребляемой мощности. Конусные и валковые дробилки. Классификация. Область применения. Производительность, угол захвата, потребляемая мощность. Расчет основных деталей на прочность.

Оборудование для тонкого измельчения и механоактивации твердых материалов. Классификация измельчителей и активаторов. Области применения. Шаровые измельчители, конструкции и методы их расчета. Шаро-кольцевые мельницы. Вибрационные мельницы. Центробежно-планетарные мельницы. Высокоскоростные измельчители с внутренней классификацией и без нее. Струйные измельчители. Методы расчета грансостава продуктов измельчения. Расчет мощности, потребляемой мельницами. Расчет производительности мельниц. Методы выбора оптимального конструктивного оформления мельниц. Износ рабочих органов измельчителей и методы борьбы с ним. Механоактиваторы твердых веществ. Классификация.

Классификация дисперсных материалов. Способы классификации полидисперсных материалов. Оборудование для механической сортировки (грохоты, гидравлические классификаторы). Плоские грохоты. Валковые грохоты. Вибрационные грохоты. Методы расчета грохотов. Оборудование для гидравлической классификации. Сущность процесса. Основные конструкции классификаторов. Гравитационные воздушно-гравитационные, центробежные, воздушно-центробежные. Методы расчета воздушных классификаторов. Электростатические классификаторы. Основные конструкции. Область применения.

Бункеры, питатели и дозаторы. Классификация бункеров. Классификация сыпучих и порошкообразных материалов. Методы определения основных физико-механических свойств зернистых и порошкообразных материалов (размер и форма частиц, средний размер частиц, коэффициенты внутреннего и внешнего трения, коэффициент подвижности, коэффициент смещения). Напряженное состояние материала в бункерах. Скорость истечения материалов разных групп через отверстия бункеров. Расчет производительности бункеров. Расчеты бункеров и силосов на прочность. Побудители истечения материалов из бункеров. Питатели и дозаторы для зернистых и порошкообразных материа-

лов. Питатели паст. Особенности конструирования питателей для паст. Методы расчета производительности питателей. Методы и конструкции для измерения расхода порошкообразных материалов. Погрешность дозирования материалов и методы ее снижения.

## Раздел II.

### *Дисциплина "МЕТОДЫ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА"*

Научные проблемы и противоречия в развитии машиностроительного производства. Противоречия между существующими концепциями машиностроительного производства и развитие новых материалов, сплавов, процессов. Научные исследования по определению главных закономерностей и оптимизации параметров технологических процессов.

Исследовательские испытания и планирование эксперимента. История планирования эксперимента. Общие представления о планировании экспериментов. Основные определения. Активный и пассивный эксперимент.

Классификация экспериментальных планов. Классификация экспериментальных планов. Научный и промышленный эксперимент. Планы дисперсионного анализа и отсеивающего эксперимента. Планы для изучения поверхности отклика и изучения механизмов явлений.

Математическое планирование эксперимента. Полный факторный эксперимент. Постановка задачи выбор параметров и факторов. Определение экспериментальной области факторного пространства. Матрица планирования эксперимента и способы ее построения.

Виды параметров оптимизации и требования к ним. Планирование экспериментов для решения экстремальных задач. Виды параметров оптимизации и требования к ним. Обобщенный параметр оптимизации.

Факторы и требования, предъявляемые к ним. Факторы и требования, предъявляемые к ним. Управляемость и совместимость, независимость и некоррелированность факторов.

Выбор вида модели и поверхность отклика. Выбор вида модели и поверхность отклика. Выбор интервала, шага и единицы варьирования факторов. Полиномиальная форма аппроксимации. Уравнение регрессии и его коэффициенты.

Композиционные и некомпозиционные планы. Планы для изучения поверхности отклика и методы их построения. Звездные и центральные точки композиционных планов. Неполные факторные эксперименты некомпозиционных планов.

Полный факторный эксперимент. Постановка задачи выбор параметров и факторов. Определение экспериментальной области факторного пространства. Матрица планирования эксперимента и способы ее построения.

Дробный факторный эксперимент. Дробный факторный эксперимент. Минимизация числа опытов. Регулярные дробные реплики, определяющие контрасты и генерирующие соотношения.

Свойства полного и дробного факторных экспериментов. Линейные эффекты и эффекты парного взаимодействия. Свойства полного факторного эксперимента. Свойства дробного факторного экспериментов. Ротатабельность.

Проведение эксперимента и анализ полученных данных. Правила реализации экспериментального плана и принцип рандомизации.

Обработка результатов эксперимента. Обработка результатов эксперимента, корреляционный и регрессионный анализ, метод наименьших квадратов.

Расчет коэффициентов зависимости и проверка их статистической значимости. Расчет коэффициентов модели и проверка их статистической значимости. Проверка адекватности модели. Интерпретация результатов.

Этапы разработки математических зависимостей описания реального процесса. Постановка задачи. Отбор факторов и параметров. Анализ априорной информации и выбор вида зависимости. Отсеивающий эксперимент. Планирование основного эксперимента. Реализация экспериментального плана и обработка результатов опытов.

Выбор вида зависимости и планирование эксперимента. Задачи оптимизации и математическое описание влияния каждого фактора на функцию оптимизации. Поверхность отклика и оптимум функции. Целевая функция оптимизации и планирование эксперимента.

Проведение эксперимента и обработка результатов опытов. Статистический анализ и оценка точности эксперимента. Первичная и вторичная обработка. Подбор формул по опытным данным. Обсуждение результатов эксперимента.

Патентные исследования как инструмент обеспечения конкурентоспособности, патентной охраны и условий беспрепятственной реализации товаров. Содержание и порядок проведения патентных исследований в соответствии с ГОСТ Р 15.011-96. Понятие патентных исследований в соответствии с ГОСТ. Особенности использования патентной информации при проведении патентных исследований. Создание информационной базы для проведения патентных исследований. Регламент поиска и его особенности в зависимости от цели исследований и этапа разработки. Содержание патентных исследований и порядок их проведения. Задачи, решаемые при проведении патентных исследований. Порядок выполнения патентных исследований.

### **Раздел III.**

#### *План эссе:*

1. Вступление – один абзац.

Цель вступления в эссе – привлечь внимание читающих, конкретизировать проблему.

2. Основная часть – два-три абзаца.

Цель основной части – формулирование мнения абитуриента по проблеме, предъявление и аргументация авторской позиций.

3. Заключение – один абзац.

Цель заключения – представить, какие действия абитуриент готов предпринять по решению проблемы.

#### *Примерные вопросы эссе:*

1. Современные тенденции в развитии предприятий машиностроения в России и за рубежом.
2. Роль научных исследований в развитии нанотехнологий в России и за рубежом.
3. Разработка концепции предприятия машиностроительного профиля.
4. Магистратура и развитие моей профессиональной карьеры.
5. Магистратура в России.

## Рекомендуемая литература

### Основная

1. Аверченков В.И. Методы инженерного творчества [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Аверченков В.И., Малахов Ю.А. – Электрон. текстовые данные. – Брянск: Брянский государственный технический университет, 2012. – 110 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6999>. – ЭБС «IPRbooks»
2. Верболоз Е.И. Технологическое оборудование [Электронный ресурс]: учебное пособие для бакалавров и магистров направления 151000 – Технологические машины и оборудование/ Верболоз Е.И., Корниенко Ю.И., Пальчиков А.Н. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Вузовское образование, 2014. – 205 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/19282>. – ЭБС «IPRbooks».
3. Герасименко В.Б. Технические основы создания машин [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Герасименко В.Б., Фадин Ю.М. – Электрон. текстовые данные. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2014. – 162 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28406>. – ЭБС «IPRbooks».
4. Рыжков, И.Б. Основы научных исследований и изобретательства [Электронный ресурс] : учеб. пособие – Электрон. дан. – Санкт-Петербург : Лань, 2013. – 224 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/30202>. – Загл. с экрана.
5. Шустов М.А. Методические основы инженерно-технического творчества [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Шустов М.А. – Электрон. текстовые данные. – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 140 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34679>. – ЭБС «IPRbooks».

### Дополнительная

1. Балдин, К.В. Общая теория статистики [Электронный ресурс] : учебное пособие / К.В. Балдин, А.В. Рукосуев. – Электрон. дан. – Москва : Дашков и К, 2017. – 312 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/93403>. – Загл. с экрана.
2. Диагностика физико-механических характеристик наноматериалов: учебное пособие в 2-х ч. / А.Г. Ткачев и др. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. – Ч. 1 – 96 с.
3. Капитонов, Е.Н. Расчет оптимальных размеров емкостных аппаратов, работающих под атмосферным давлением: метод. указ. к практ. и лаб. занятиям / Е.Н. Капитонов, А.И. Попов. – Тамбов: ТИХМ, 1993. – 40 с.
4. Климов, А.М. Оборудование для разделения жидких неоднородных систем: Фильтры и центрифуги: Учебное пособие для вузов / А. М. Климов; Тамб. гос техн. ун-т. – Тамбов: ТГТУ, 2001. – 148 с.
5. Михалева, З.А. Методы и оборудование для переработки сыпучих материалов и твердых отходов: Учебное пособие / З. А. Михалева, А. А. Коптев, В. П. Таров; Тамб. гос. техн. ун-т. – Тамбов: ТГТУ, 2002. – 64с.
6. Научно-техническое творчество молодежи – путь к обществу, основанному на знаниях [Электронный ресурс]: сборник докладов VI Международной научно-практической конференции (25-27 июня 2014 г., Москва)/ М.С. Бусалова [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – М.: Московский государственный строительный

университет, ЭБС АСВ, 2014. – 776 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26860> . – ЭБС «IPRbooks».

7. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. – 13-е изд., стер. Перечечатка с изд. 1987 г. – М.: ООО ТИД"Альянс", 2006. – 576 с.
8. Половинкин, А.И. Основы инженерного творчества [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.И. Половинкин. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург : Лань, 2017. – 364 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/93005>. – Загл. с экрана.
9. Половинкин, А.И. Основы инженерного творчества: учеб. пособие для вузов / А. И. Половинкин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1988. – 360 с.
10. Поникаров И.И. Расчеты машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки (примеры и задачи): учебное пособие для вузов / И. И. Поникаров, С. И. Поникаров, С. В. Рачковский. – М.: Альфа-М, 2008. – 720 с.
11. Поникаров, И.И. Машины и аппараты химических производств и нефтегазопереработки: учебник для вузов / И. И. Поникаров, М. Г. Гайнуллин. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Альфа-М, 2006. – 608 с.
12. Рогов, В.А. Методика и практика технических экспериментов: учебное пособие для вузов / В.А. Рогов, Г.Г. Поздняк. – М.: Академия, 2005. – 288 с.