

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Тамбовский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. ректора университета

М.Н. Краснянский

« 27 » марта 2015 г.

Вводится в действие с

« 30 » марта \* 2015 г.



## ПРОГРАММА

вступительного экзамена в аспирантуру по специальной дисциплине

Направление подготовки 18.06.01 Химическая технология

(профили подготовки 18.06.01.01 Технология электрохимических процессов и  
защита от коррозии; 18.06.01.02 Технология и переработка полимеров и  
композитов; 18.06.01.03 Процессы и аппараты химических технологий)

Форма обучения:

Очная, заочная

Составитель:

Кафедры «Прикладная геометрия и компьютерная графика», «Технологические  
процессы, аппараты и техносферная безопасность», «Переработка полимеров и  
упаковочное производство»

(наименование кафедры)

д.т.н., профессор Лазарев С.И., д.т.н., профессор Гатапова Н.Ц.,


д.т.н., профессор Беляев П.С.

(ученая степень и звание, фамилия, инициалы составителя программы)

Тамбов 2015

## СОГЛАСОВАНО

Начальник управления подготовки и  
аттестации кадров высшей  
квалификации ФГБОУ ВПО «ТГТУ»

 Е.И. Муратова  
« 24 » марта 2015 г.

Программа вступительного экзамена в аспирантуру по направлению 18.06.01  
Химическая технология разработана в соответствии с требованиями к уровню  
освоения выпускниками основных образовательных программ высшего  
образования (специалитет, магистратура) профессионального цикла дисциплин  
по направлению 18.04.00 Химическая технология (магистратура).

Программа рассмотрена и утверждена на заседании Научно-технического  
совета университета протокол № 3 от « 26 » марта 2015 г.

Зам председателя Научно-технического  
совета университета

 С.И. Дворецкий

## ПЕРЕЧЕНЬ ОБЩИХ ВОПРОСОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ

### 18.06.01 Химическая технология

1. Роль химической технологии в экономике страны. Межотраслевое значение химической технологии. Основные направления развития химической технологии.
2. Структура, классификация и основные компоненты химического производства. Химическое производство и химико-технологический процесс.
3. Сырьевые ресурсы химического производства. Сырьевые проблемы. Классификация сырья. Подготовка сырья в химической промышленности.
4. Энергетические ресурсы химического производства. Использование вторичных энергетических ресурсов.
5. Химические процессы. Основные понятия и зависимости. Стехиометрические уравнения. Скорость химических превращений.
6. Химические процессы. Основные понятия и зависимости. Равновесие. Смещение равновесия. Рециркуляция.
7. Показатели эффективности химических производств. Выход. Селективность. Степень превращения. Материальный индекс.
8. Качественные, энергетические и экономические показатели эффективности химических производств.
9. Разновидности и классификация химических реакций и химических процессов. Гомогенные и гетерогенные химические процессы. Катализ.
10. Классификация химических реакторов и режимов их работы.
11. Уравнения материального и теплового баланса.
12. Структура взаимодействующих потоков в химических реакторах. Модели идеального смешения и идеального вытеснения.
13. Структура взаимодействующих потоков в реакторах. Методы исследований. Функции распределения времени пребывания. Нормальное распределение Гаусса. Отклонения от идеальности.
14. Структура взаимодействующих потоков в реакторах. Модель продольной диффузии. Ячеечная модель.
15. Способы улучшения структуры потоков.
16. Взаимосвязанные процессы в химических реакторах. Химическая кинетика. Гидродинамические, тепловые и диффузионные поля.
17. Химическое производство и химико-технологическая система. Состав и структура химико-технологической системы (подсистемы, элементы и связи).
18. Классификация моделей химико-технологических систем.
19. Задачи и методы синтеза химико-технологической системы.

## ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ПО ПРОФИЛЮ ПОДГОТОВКИ

### 18.06.01.01 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии

1. Термодинамическая возможность химических и электрохимических реакций.
2. Основные закономерности гомогенных и гетерогенных процессов, кинетики реакций выделения водорода и анодного растворения металлов.
3. Равновесные и компромиссные электродные потенциалы. Типы электродов.
4. Двойной электрический слой на границе твердое тело-раствор.
5. Ионная теории металлов.
6. Виды гальванических покрытий и их назначение.
7. Электрохимический синтез, электролиз и размерная обработка материалов.
8. Особенности электролиза кислых, нейтральных и щелочных растворов хлоридов, сульфатов, нитратов.
9. Электрохимические методы очистки воды
10. Основные характеристики электрохимических ванн. Принцип классификации и расчета.
11. Основные типы гальванических элементов.
12. Процессы и кинетика заряда и разряда кислых и щелочных аккумуляторов.
13. Термодинамика коррозионных процессов. Коррозия с водородной и кислородной деполяризацией.
14. Анодные и катодные коррозионные процессы в органических и водно-органических средах.
15. Пассивация и репассивация металлических материалов.
16. Ингибиторы и активаторы коррозии.
17. Методы защиты металлов в растворах кислот.
18. Атмосферная коррозия металлов. Теория процессов И.Л. Розенфельда, Ю.Н. Михайловского.
19. Защитные консервационные и ингибиторные масляные покрытия.
20. Коррозионная стойкость наиболее распространенных конструкционных и благородных металлов и сплавов.
21. Металлические защитные покрытия, аноды и катоды.
22. Неорганические консервационные покрытия.
23. Электрохимическая защита от коррозии.
24. Протекторная защита магистральных трубопроводов. Коррозия под действием блуждающих токов. Дренажные системы.
25. Коррозионная стойкость неметаллических материалов.
26. Методы исследования электрохимических процессов.

## ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ПО ПРОФИЛЮ ПОДГОТОВКИ

### 18.06.01.02 Технология и переработка полимеров и композитов

1. Термопластичные материалы: полиэтилены, полипропилен, полиметилметакрилат, полистирол, полиакрилонитрил, поливинилхлорид, политетрафторэтилен, поливиниловый спирт. Получение, структура и свойства, переработка, применение.
2. Термопластичные материалы: полиформальдегид, пентапласт, полифениленоксид, полисульфоны, полиэтилентерефталат, порликарбонат, полиамиды, полиимиды. Получение, структура и свойства, переработка, применение.
3. Термореактивные материалы: фенольно-альдегидные, аминок-альдегидные, ненасыщенные полиэфирные, полиуретановые, эпоксидные, кремнийорганические, алкидные, фурановые связующие и материалы на их основе. Получение олигомеров, отверждение, структура и свойства, переработка, применение.
4. Эластомерные материалы: изопреновые, бутадиеновые, бутадиен-стирольные, бутадиен-нитрильные, этиленпропиленовые, кремнийорганические, уретановые и бутилкаучуки, термоэластопласты. Структура и свойства, применение.
5. Технология получения полимерных композиционных материалов. Принципы создания полимерных композиционных материалов (ПКМ). Классификация и общие особенности полимерных композиционных материалов. Влияние фазовой структуры ПКМ на его свойства. Композиты с армирующими наполнителями.
6. Технология получения композиционных материалов: подготовка ингредиентов. Теоретические основы процесса смешения. Технология смешения и смесительное оборудование.
7. Старение. Воздействие повышенных температур, света, ионизирующих излучений, агрессивных сред, микроорганизмов. Повышение стойкости к старению. Стабилизация различных полимеров.
8. Наполнение полимеров: основные виды наполнителей и типы структур наполненных полимеров. Технология наполнения. Свойства наполненных полимеров.
9. Смешение полимеров. Совместимость полимеров. Особенности фазовой структуры смесей полимеров. Основные свойства смесей полимеров. Прочность, ударостойкость, вязкость. Модификация смесей полимеров наполнителями, пластификаторами, межфазными добавками.
10. Вспенивание пластмасс. Физико-химические закономерности вспенивания полимеров. Вспенивающие вещества (порообразователи). Переработка газосодержащих полимерных материалов. Структура и свойства различных типов вспененных полимерных материалов.
11. Физико-химические основы процессов пластификации. Совместимость пластификаторов с полимерами. Эффективность пластифицирующего действия. Свойства пластифицированных полимеров. Технология пластификации промышленных полимеров. Пластизоли.
12. Отверждение полимерных материалов. Механизмы образования пространственных полимеров. Отвердители, катализаторы, ускорители отверждения. Контроль скорости и глубины отверждения. Радиационно-химическое сшивание.
13. Окрашивание и декоративная обработка изделий из пластмасс: красящие вещества, пигменты, красители. Способы окрашивания. Нанесение рисунка на поверхность изделия. Активация поверхности. Печать, тиснение, аппликация, декалькомания.

14. Технология формования изделий из полимерных материалов, классификация и общая характеристика способов формования изделий.
15. Каландрование. Оборудование и оснастка. Физико-химические основы процесса.
16. Формование на подложке. Пропитка. Промазка. Формование пленок из растворов полимеров на подложке.
17. Экструзия. Типы экструдеров и оснастка. Физико-химические основы процесса экструзии расплавов полимеров. Технологические схемы изготовления основных видов экструзионных изделий: труб, пленок, листов, профилей и т.д. Изготовление изделий на многошнековых экструдерах. Работа дисковых экструдеров.
18. Прессование. Типы оборудования и оснастка. Физико-химические основы процесса прессования реактопластов. Компрессионное прессование. Литьевое прессование. Прессование слоистых пластиков. Прессование термопластов. Холодное прессование.
19. Литье под давлением. Оборудование и оснастка. Физико- химические основы процесса при литье термопластов и реактопластов.
20. Литье без давления. Заливка. Виброформование. Оборудование и оснастка. Физико-химические основы процесса.
21. Формование на внутренней поверхности формы. Оборудование и оснастка. Физико-химические основы процессов. Пневмоформование. Выдувное формование. Ротационное формование.
22. Формование на внешней поверхности формы. Оборудование и оснастка. Физико-химические основы процессов. Намотка. Макание.
23. Ориентационная вытяжка полимерных заготовок. Оборудование и оснастка. Физико-химические основы процесса. Термофиксация. Прокатка. Протяжка.
24. Соединение полимера с полимером и полимера с металлом. Сварка, напыление, металлизация.
25. Материалы с комплексом специальных свойств. Теплостойкие, морозостойкие, ударопрочные, антифрикционные и фрикционные, электротехнические и радиотехнические, светотехнические, химически стойкие и атмосферостойкие, пищевые и медицинские, негорючие, тепло- и звукоизоляционные полимерные материалы.
26. Пути интенсификации производственных процессов. Статическая электризация. Охрана труда и техника безопасности в полимерной промышленности. Охрана окружающей среды.
27. Полимерные клеи. Характеристика процесса растворения полимера. Виды клеев. Области применения клеев. Пропитывание тканей клеями. Крепление полимеров к металлам, полимерам, дереву, стеклу, тканям и к другим материалам.
28. Латексные и другие адгезивы для крепления к тканям.
29. Вулканизация. Влияние различных факторов на процесс вулканизации (среда, температура, давление и др.). Способы вулканизации, контроль и автоматическое управление процессом. Отверждение реактопластов.
30. Изготовление полимерных изделий из латекса. Коллоидно-химические свойства латексов и их влияние на технологию производства изделий. Методы изготовления изделий из латекса: макание, ионное отложение, желатинирование.
31. Методы получения и технические виды регенератов. Способы вторичного использования полимеров, их технико-экономическая оценка.

## ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ПО ПРОФИЛЮ ПОДГОТОВКИ

### 18.06.01.03 Процессы и аппараты химических технологий

1. Предмет и методы науки о процессах и аппаратах химической технологии (ПАХТ). Историческая справка. Классификация процессов и аппаратов.
2. Единые кинетические закономерности ПАХТ (ЕКЗ). Скорость, движущая сила и сопротивление (кинетический коэффициент скорости). ЕКЗ гидромеханических процессов, процессов теплопередачи и массопередачи.
3. Градиентные законы вязкого трения в движущейся жидкости (Ньютона), теплопроводности (Фурье) и диффузии (Фика). Аналогия и различия уравнений. Кинетические коэффициенты и их размерности. Процессы неградиентной природы.
4. Теория подобия. 1-я теорема подобия. Получение критериев подобия из дифференциальных уравнений: операция приведения дифференциальных уравнений. 2-я теорема подобия. Анализ размерностей физических величин. Получение критериев подобия методом анализа размерностей.  $\pi$ - теорема Бэкингема.
5. Задачи гидромеханики и методы их решения. Пограничный слой. Аналитические решения задач гидромеханики. Пример интегрирования уравнений Навье - Стокса для течения в трубах.
6. Течение в трубах. Режимы движения жидкостей. Сопротивление трению. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов. Скоростной напор. Конструкции насосов, вентиляторов и компрессоров. Потребляемая мощность. Характеристики насосов и вентиляторов. Характеристики сети и рабочая точка. Оптимизация трубопроводных систем.
7. Гидрокинетика осаждения. Осаждение частиц сложной формы. Осаждение в системах жидкость-жидкость и жидкость-газ. Стесненное осаждение. Расчет отстойников и осадительных камер. Конструкции отстойников для пылей, суспензий и эмульсий.
8. Фильтрация. Гидрокинетика фильтрации при постоянном давлении и при постоянном расходе. Уравнение Рутса. Определение констант фильтрации. Виды осадков. Фильтрующие перегородки. Рабочий цикл периодических и непрерывных процессов фильтрации. Конструкции фильтровальной аппаратуры для жидкостей и газов.
9. Перемешивание жидкостей. Критериальные уравнения для расчета мощности. Конструкции механических мешалок. Циркуляционное перемешивание. Пневматическое перемешивание.
10. Взвешенный («кипящий») слой и его применение в промышленности. Особенности гидрокинетики. Расчет. Нарушения режима кипения во взвешенном слое и методы борьбы с ними. Разновидности аппаратов со взвешенным слоем.
11. Теплопроводность. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Нестационарная теплопроводность. Пример интегрирования дифференциального уравнения теплопроводности.
12. Конвективный теплоперенос. Закон Ньютона. Коэффициенты теплоотдачи.
13. Тепловое излучение. Поглощение, отражение, пропускание. Избирательность. Закон Стефана-Больцмана. Степень черноты. Угловые коэффициенты.
14. Способы нагрева и охлаждения. Требования к теплоносителям и хладагентам. Сравнение достоинств и недостатков различных способов нагрева/охлаждения.
15. Основное уравнение теплопередачи. Вывод. Коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи. Термические сопротивления. Средняя движущая сила теплопередачи.



16. Критериальные уравнения теплоотдачи для процессов без изменения агрегатного состояния теплоносителя. Уравнение Крауссольда. Критериальные уравнения теплоотдачи для процессов с изменением агрегатного состояния теплоносителя. Уравнение Нуссельта.

17. Расчет и конструкции теплообменников. Поверхностные теплообменники (рекуператоры). Кожухотрубчатые теплообменники. Многоходовые теплообменники. Способы крепления труб в трубных решетках. Компенсация температурных расширений. Змеевиковые теплообменники. Пластинчатые теплообменники. Ребристые теплообменники. Аппараты с рубашкой. Теплообменники смешения. Нагрев острым паром. Барометрический конденсатор.

18. Выпаривание. Выпарные аппараты и выпарные установки. Общая и полезная разность температур при выпаривании. Виды температурных потерь. Температурный график. Схема потерь. Сложение потерь. Предельное число корпусов. Коэффициенты теплоотдачи по корпусам выпарных установок. Причины снижения. Пути увеличения эффективности выпарных аппаратов. Экономия тепла при выпаривании. Многокорпусное выпаривание. Распределение полезной разности температур по корпусам выпарных установок. Материальный баланс. Тепловой баланс.

19. Конструкции выпарных аппаратов с естественной и принудительной конвекцией. Конструктивные решения: снижение брызгоуноса и пенообразования, улавливание брызг, снижение накипеобразования, повышение коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи, отвод неконденсирующихся газов.

20. Массообменные (диффузионные процессы). Способы и выбор выражения концентраций. Способы описания диффузионного равновесия. Дифференциальные уравнения диффузии в движущейся и в неподвижной среде.

21. Единые кинетические закономерности процессов переноса. Основное уравнение массопередачи. Сравнение с основным уравнением теплопередачи. Аналогия и различия. Общий коэффициент массопередачи и частные коэффициенты массоотдачи.

22. Фазовые диаграммы равновесия и рабочие линии. Уравнения рабочих линий массообменных процессов. Соотношение потоков. Примеры для случаев противотока и прямотока. Предельные положения рабочих линий. Средняя движущая сила диффузионных процессов.

23. Расчет диффузионных процессов и аппаратов на базе основного уравнения массопередачи. Исходные данные. Материальный баланс. Средняя движущая сила. Коэффициенты массопередачи и массоотдачи. Расчет с использованием числа единиц переноса (ЧЕП) и высоты единицы переноса (ВЕП). Расчет диффузионных аппаратов на базе числа теоретических тарелок "Кпд" ступени и его расчет.

24. Абсорбция. Диффузионное равновесие при абсорбции. Закон Генри. Влияние давления и температуры. Тепловой эффект. Технологические схемы абсорбционных установок. Конструкции абсорбционных аппаратов. Насадочные колонны. Насадки. Разбрызгивающие устройства. Тарельчатые колонны. Конструкции тарелок Режимы работы колонн.

25. Ректификация. Диффузионное равновесие при ректификации. Уравнение равновесной кривой. Фазовая диаграмма. Ректификационная установка непрерывного действия. Расчет ректификационных колонн. Материальный и тепловой баланс. Уравнения рабочих линий. Флегмовое число. Расход хладоагента в дефлегматоре. Расход теплоносителя в кубе (кипятильнике). Влияние флегмового числа на размеры колонны и на расходы теплоносителя и хладоагента. Конструкции ректификационной аппаратуры. Сходство и отличия от абсорбционных колонн.



26. Жидкостная экстракция. Диффузионное равновесие при жидкостной экстракции. Растворители для экстракции. Технологические схемы жидкостной экстракции. Особенности жидкостной экстракции и экстракционных аппаратов. Сходство и отличия от абсорбционных и ректификационных колонн.

27. Адсорбционные процессы. Промышленные адсорбенты. Диффузионное равновесие при адсорбции. Изотермы адсорбции. Влияние температуры и давления. Периодическая адсорбция. Рабочий цикл. Методы расчета адсорберов. Уравнение Шилова. Адсорбционные установки непрерывного действия.

28. Сушка. Свойства влажного воздуха и диаграмма Рамзина. Изображение на диаграмме I-x основных процессов изменения состояния воздуха. Диффузионное равновесие при сушке. Изотермы сушки. Виды материалов. Виды связи влаги с материалом. Схемы воздушной конвективной сушки. Материальный и тепловой баланс. Теоретическая и реальная сушка. Кинетика сушки. Первый и второй период сушки. Конструкции сушилок: сушилки для жидкотекучих, пастообразных и зернистых материалов, сушилки для кусковых, штучных и ленточных материалов.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ВСТУПИТЕЛЬНЫМ ИСПЫТАНИЯМ**

### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ**

#### *18.06.01 Химическая технология*

1. Бесков, В.С. Общая химическая технология: Учебник для вузов / В.С. Бесков.- М.: ИКЦ "Академкнига", 2006. - 452 с.

2. Кутепов, А.М. Общая химическая технология: Учебник для вузов / А.М. Кутепов, Т.И. Бондарева, М.Г. Беренгартен.- М.: ИКЦ "Академкнига", 2003. - 528 с.

3. Закгейм, А.Ю. Общая химическая технология: введение в моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. Ю. Закгейм. - М.: Логос, 2009. - 303 с. - Режим доступа к книге: "Электронно-библиотечная система КнигаФонд".

4. Брянкин, К.В. Общая химическая технология [Электронный ресурс]: учебное пособие / К. В. Брянкин, А. И. Леонтьева, В. С. Орехов; ФБОУ ВПО "ТГТУ". - Электрон. дан. (26,4 Мб). - Тамбов: ФГБОУ ВПО "ТГТУ", 2012.

### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА ПО ПРОФИЛЮ ПОДГОТОВКИ**

#### *18.06.01.01 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии*

1. Вигдорович, В.И. Электрохимическое и коррозионное поведение металлов в кислых спиртовых и водно-спиртовых средах: моногр. / В. И. Вигдорович, Л. Е. Цыганкова. - М.: Изд-во «Радиотехника», 2009. – 327 с.

2. Вигдорович, В.И. Кинетика и механизм электродных реакций в процессах коррозии металлов: учеб. пособие / В. И. Вигдорович, Л. Е. Цыганкова; Тамб. гос. ун-т им. Г. Р. Державина. - 2-е изд., перераб. и доп. - Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2010. - 127 с.

3. Вигдорович, В.И. Ингибирование сероводородной и углекислотной коррозии. Универсализм ингибиторов: моногр. / В. И. Вигдорович. – М.: Изд-во «КАРТЭК», 2011. – 320 с.
4. Вигдорович, В. И. Атмосферная коррозия и защита металлов неметаллическими покрытиями: моногр. / В. И. Вигдорович, Н. В. Шель, Л. Е. Цыганкова – Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2011. – 133 с.
5. Килимник А.Б. Химическое сопротивление материалов и защита от коррозии [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. Б. Килимник, И. В. Гладышева. - Тамбов: ТГТУ, 2008. - 80 с.
6. Семенова И.В. Коррозия и защита от коррозии [Электронный ресурс]: учебное пособие / И. В. Семенова, Г. М. Флорианович, А. В. Хорошилов. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 413 с.
7. Шевченко, А.А. Химическое сопротивление неметаллических материалов и защита от коррозии: учебное пособие для вузов / А. А. Шевченко. - М.: Химия, 2006. - 248 с.

## **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА ПО ПРОФИЛЮ ПОДГОТОВКИ**

### *18.06.01.02 Технология и переработка полимеров и композитов*

1. Зуев В.В. Физика и химия полимеров: Учебное пособие / В.В.Зуев, М.В.Успенская, А.О. Олехнович. - СПбГУ ИТМО, 2010. - 45 с.
2. Пахомов, С.И. Поливинилхлоридные композиции: учеб. пособие / С.И. Пахомов, И.П. Трифонова, В.А. Бурмистров.- Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2010.- 104 с.
3. Йоханнабер, Ф. Литьевые машины (конструкции, расчет, системы управления).- СПб.: Изд. «Профессия», 2010. – 300 с.
4. Пути оптимизации литьевой оснастки: Ее величество литьевая форма / И.Е.Гольдберг.- М.: Научные основы и технологии, 2009. – 280 с.
5. Френклер, Д. Горячеканальные литьевые формы/ Д. Френклер, Х. Завистовски. – М.: Научные основы и технологии, 2009. – 300 с.
6. Клинков, А.С. Рециклинг и утилизация тары и упаковки: учеб. пособие / [А.С. Клинков и др.]. - Тамбов: ТГТУ, 2010. - 112 с.
7. Утилизация и вторичная переработка тары и упаковки из полимерных материалов [Электронный ресурс]: Учебное пособие. / А. С. Клинков [и др.]. - Тамбов: Издательство ТГТУ, 2010. - 100 с. — Загл. с экрана - Режим доступа - <http://window.edu.ru/>
8. Инженерная оптимизация смесительного и валкового оборудования: учебное пособие / А. С. Клинков, [и др.]. - Тамбов: ТГТУ, 2011. - 80 с.
9. Баронин, Г.С. Переработка полимеров и композитов в твердой фазе: Учебное пособие / Г.С. Баронин, А.М. Столин, М.Л. Кербер, В.М.Дмитриев. - Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2009. - 140 с.
10. Реология полимерных систем: избранные главы: учебное пособие / П. С. Беляев [и др.]. - М.: Спектр, 2010. - 248 с.
11. Михайлин, Ю.А. Конструкционные полимерные композиционные материалы / Ю.А. Михайлин. М.: Изд-во: "НОТ", 2010. - 822 с.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА ПО ПРОФИЛЮ ПОДГОТОВКИ

### 18.06.01.03 Процессы и аппараты химических технологий

1. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии.- М.: Альянс, 2008. - 753 с.
2. Комиссаров, Ю.А. Процессы и аппараты химической технологии: учебное пособие/ Ю.А. Комиссаров, А.С. Гордеев, Д.П. Вент. – М.: Химия, 2011. – 1229 с.
3. Коновалов, В.И. Методы решения задач тепломассопереноса. Теплопроводность и диффузия в неподвижной среде / В.И. Коновалов, Н.Ц. Гатапова, А.Н. Пахомов, А.Н. Колиух.- Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 80 с.
4. Рудобашта, С.П. Диффузия в химико-технологических процессах / С. П. Рудобашта, Э.М. Карташов. - М.: КолосС, 2010. - 478 с.
5. Леонтьева, А.И. Оборудование химических производств: - М.: КолосС, 2008. - 479 с.