

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)



А.А. Панфилов

« 05 » 09

2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКТОРЫ»

Направление подготовки 18.03.01 «Химическая технология»

Профиль/программа подготовки «Технология и переработка полимеров»

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения заочная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма про- межуточного контроля (экз./зачет)
7	3 / 108	4		8	96	Зачет
Итого	3 / 108	4		8	96	Зачет

Владимир 2016

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Курс имеет **целью** приобретение знаний теоретических основ химических реакторов и протекающих в них процессов на основе методов математического моделирования.

Задачи дисциплины.

Основные задачи курса "Химические реакторы":

- знакомство с химическим реактором и протекающими в нем процессами, т.е. общий анализ изучаемого объекта, его классификация и выделения частных явлений;
- последовательное изучение частных явлений в соответствии с иерархической структурой процесса в химическом реакторе: химическая реакция, химический процесс, процесс в реакционном слое реактора и в реакторе в целом;
- развитие инженерного мышления и эрудиции при анализе процесса в химическом реакторе.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина относится к базовой части учебного плана подготовки бакалавра. Курс "Химические реакторы" замыкает базовую подготовку студентов по химико-технологическим дисциплинам. Особенностью курса является использование и углубление тех знаний, которые студенты приобретают при изучении предшествующих курсов, включая многие разделы математики, физики, химической термодинамики, химической кинетики, химии неорганических и органических соединений, общей химической технологии, ПАХТ.

Знания, полученные в данном курсе необходимы для дальнейшего обучения по дисциплинам базовой и вариативной части, производственной практики и выполнения бакалаврской работы.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

1) Знать:

- основы теории процесса в химическом реакторе (ОПК-1);
- методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях (ОПК-1);
- методику выбора реактора и расчета процесса в нем (ПК-4);
- основные реакционные процессы реакторы химической и нефтехимической технологии (ПК-4).

2) Уметь:

- произвести выбор типа реактора и произвести расчет технологических параметров для заданного процесса (ПК-4);
- определить параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе (ОПК-1).

3) Владеть:

- методами расчета и анализа в химических реакторах (ОПК-1);
- методами определения технологических показателей процесса (ПК-4).

В процессе ознакомления дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие общепрофессиональные и профессиональные компетенции:

способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности (ОПК-1);

способность принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения (ПК-4).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1	Тема 1. Иерархическая структура математической модели процессов в реакторе.	7		2				8		2/100	
2	Тема 2. Физико-химические закономерности химических превращений	7		2				12		2/100	
3	Тема 3. Гомогенный химический процесс Основные положения и определения.	7						8			
4	Тема 4. Гетерогенный (некаталитический) химический процесс	7						8			
5	Тема 5. Каталитический процесс	7						8			
6	Тема 6. Изотермические процессы в реакторе	7				8		20		2/25	
7	Тема 7. Неизотермические процессы в химических реакторах	7						8			
8	Тема 8. Виды промышленных химических реакторов	7						16			Контрольная работа
Всего				4		8		96		6/50	Зачет

4.1. Теоретический курс

Лекция 1. Определение и назначение химического реактора. Реакторы в химических и нехимических отраслях промышленности. Систематизация процессов в химическом реакторе по масштабу их протекания. Иерархическая структура математической модели процессов в реакторе.

Лекция 2. Физико-химические закономерности химических превращений – стехиометрические, термодинамические, кинетические. Показатели химического превращения – степень превращения, выход продукта, интегральная и дифференциальная селективность, скорости реакции и превращения реагентов. Пути повышения эффективности химических превращений на основе знания их физико-химических свойств.

4.2. Перечень тем лабораторных занятий

Лабораторное занятие 1-2. Инструктаж по ТБ. Выполнение лабораторной работы «Моделирование процесса проведения последовательной необратимой реакции $A \rightarrow B \rightarrow C$ с применением реактора идеального смешения, идеального вытеснения и каскада РИС».

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Для достижения планируемых результатов обучения, в дисциплине «Химические реакторы» используются различные образовательные технологии:

1. *Информационно-развивающие технологии*, направленные на овладение большим запасом знаний, запоминание и свободное оперирование ими.

Используется лекционно-семинарский метод, самостоятельное изучение литературы, применение новых информационных технологий для самостоятельного пополнения знаний, включая использование технических и электронных средств информации.

2. *Деятельностные практико-ориентированные технологии*, направленные на формирование системы профессиональных практических умений при проведении экспериментальных исследований, обеспечивающих возможность качественно выполнять профессиональную деятельность.

3. *Развивающие проблемно-ориентированные технологии*, направленные на формирование и развитие проблемного мышления, мыслительной активности, способности проблемно мыслить, видеть и формулировать проблемы, выбирать способы и средства для их решения.

Используются виды проблемного обучения: освещение основных проблем на лекциях, учебные дискуссии, коллективная мыслительная деятельность в группах при выполнении лабораторных работ,

Личностно-ориентированные технологии обучения, обеспечивающие в ходе учебного процесса учет различных способностей обучаемых, создание необходимых условий для развития их индивидуальных способностей, развитие активности личности в учебном процессе. Личностно-ориентированные технологии обучения реализуются в результате индивидуального общения преподавателя и студента при выполнении домашних индивидуальных заданий, подготовке индивидуальных отчетов по лабораторным работам.

4. Для целенаправленного и эффективного формирования запланированных компетенций у обучающихся, выбраны следующие сочетания форм организации учебного процесса и методов активизации образовательной деятельности:

- при выполнении лабораторных работ: работа в команде, метод выборочных ответов, исследовательский метод, анализ конкретных ситуаций (case-study);

- при чтении лекций: интерактивная лекция, опережающая самостоятельная работа, "мозговой штурм" (выборочно по списку группы определяются студенты, которые отвечают на вопросы преподавателя по предыдущей теме лекционного курса);

В рамках работы над содержанием дисциплины использованы следующие формы работ:

- лабораторные исследования с дальнейшей интерпретацией полученных данных.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

6.1. Пример тестов к текущему контролю.

1. В реакторе все частицы движутся в заданном направлении, полностью вытесняя, подобно поршню, находящиеся впереди частицы потока. Это реактор:

- идеального вытеснения
- идеального смешения
- периодического действия
- автоклав

2. В реакторе поступающие частицы мгновенно смешиваются с находящимися в нем частицами и равномерно распределяются по объему аппарата. Это реактор:

- полного смешения
- идеального вытеснения
- контактный аппарат
- все перечисленное

3. Реагенты загружают в реактор, выдерживают до достижения заданной степени превращения и выгружают. Это реактор:

- периодического действия
- полного смешения
- идеального вытеснения
- струйный реактор

4. Плавно изменяется концентрация реагентов по длине реактора и соответственно изменяется скорость реакции в реакторе:

- полного смешения
- идеального вытеснения
- периодического действия
- гидрогенераторе

5. За счет перемешивания во всех точках реакционного объема выравниваются концентрации в реакторе

- идеального вытеснения
- трубчатом реакторе
- полного смешения
- струйном реакторе

6. Для достижения высоких степеней превращения исходных веществ в реакторе полного смешения можно использовать:

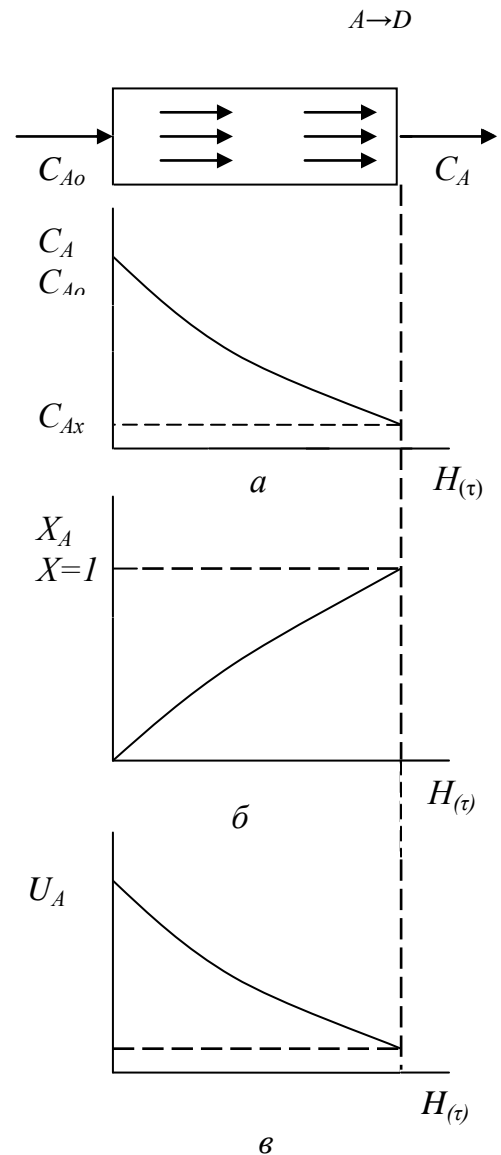
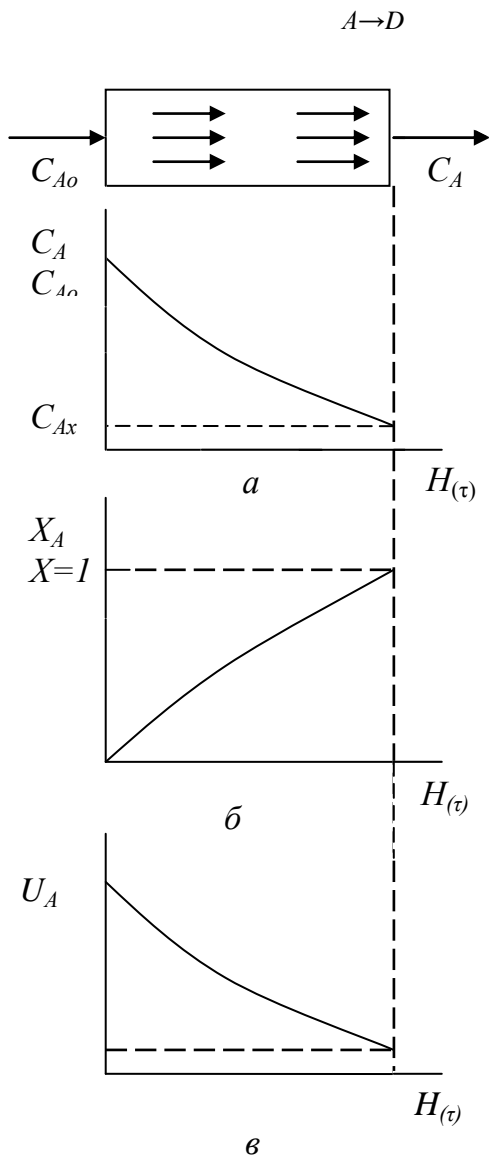
- каскад реакторов полного смешения

- увеличение объема реакционной смеси
- усиление перемешивания
- все перечисленное

7. На схеме представлены изменения концентрации реагентов (а), степени превращения (б) и скорости реакции (в) в реакторе

- идеального вытеснения
- трубчатом реакторе
- полного смешения
- струйном реакторе

8. Укажите параметры технологического процесса в реакторе идеального вытеснения, изменения которых представлены на схеме:



- концентрация реагентов (а), степень превращения (б), скорость реакции (в)
- степень превращения (а), концентрация реагентов (б), скорость реакции (в)
- степень превращения (а), скорость реакции (б), концентрация реагентов (в)
- скорость реакции (а), степень превращения (б), концентрация реагентов (в)

6.2. Обеспечение самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов обеспечивается учебной литературой, представленной в библиотеке ВлГУ, электронным залом ВлГУ, Интернет-ресурсами, доступом к электронным библиотечным фондам.

При решении проблем на лабораторных занятиях и самостоятельно предусмотрены многовариантные условия задач, что дает возможность студенту подойти индивидуально к решению поставленных вопросов.

1. Определение и назначение химического реактора.
2. Реакторы в химических и нехимических отраслях промышленности.
3. Обзор типов химических реакторов, их структурные элементы, основные процессы и явления в них.
4. Физическое и математическое моделирование, их место в инженерно-химических исследованиях. Место и значение натурального и вычислительного эксперимента.
5. Систематизация процессов в химическом реакторе по масштабу их протекания.
6. Иерархическая структура математической модели процессов в реакторе.
7. Физико-химические закономерности химических превращений – стехиометрические, термодинамические, кинетические.
8. Показатели химического превращения – степень превращения, выход продукта, интегральная и дифференциальная селективность, скорости реакции и превращения реагентов.
9. Пути повышения эффективности химических превращений на основе знания их физико-химических свойств.
10. Понятие химического процесса. Классификация химических процессов по различным признакам – химическим, фазовым и стационарности.
11. Гомогенный химический процесс.
12. Влияние химических признаков и условий протекания процессы на его показатели. Способы интенсификации.
13. Понятие оптимальных температур. Оптимальные температуры для обратимых и необратимых экзо- и эндотермических процессов.
14. Структура процесса и его составляющие. Наблюдаемая скорость химического превращения.
15. Режимы протекания процесса, лимитирующая стадия. Гетерогенный процесс "газ (жидкость) - твердое", "газ (жидкость) - жидкость". Обоснование выбора модели, построение и ее анализ.
16. Наблюдаемая скорость превращения и области протекания процесса. Пути интенсификации для различных режимов работы.
17. Гомогенный и гетерогенный катализ.
18. Гетерогенный катализ на твердом катализаторе. Пути интенсификации каталитических процессов.
19. Классификация процессов в реакторах по различным признакам – вид химического процесса, организация потоков реагентов, организация тепловых потоков.
20. Обоснование и построение математических моделей процесса в реакторах.
21. Влияние структуры потока (идеальное смешение и вытеснение), стационарности режима (проточный, периодический), параметров и условий протекания процесса (температура, давление, концентрация, объем реакционной зоны, время), вида химической реакции и ее параметров на профили концентраций и показателей процесса в реакторе (степень пре-

вращения, выход продукта, селективность). Основные расчеты процессы в реакторе.

22. Сравнение эффективности работы реакторов, описываемых различными моделями – идеального смешения и вытеснения.

23. Процессы в реакторах с переносом вещества, отличным от идеального смешения и вытеснения. Модели процессов, области их применения и сопоставление с моделями «идеальных» процессов.

24. Организация тепловых потоков и режимов в химических реакторах. 25. Распределение температуры и концентраций (степени превращения) в реакторе в режимах идеального смешения и распределения, адиабатическом и с теплообменом.

26. Связь температуры и степени превращения в адиабатическом процессе. Сопоставление с изотермическим режимом.

27. Число и устойчивость стационарных режимов в адиабатическом реакторе идеального смешения и изотермическом реакторе идеального вытеснения.

28. Конструкции промышленных реакторов для проведения процессов (гомогенных, гетерогенных, каталитических).

29. Выбор типа реактора, особенности конструкции и режима.

6.3. Темы контрольных работ

1. Химические реакторы в производстве полистирола непрерывной полимеризацией в массе
2. Промышленные реакторы в производстве карбамида.
3. Химические реакторы в производстве метанола при давлении 5 МПа
4. Реакторы в производстве портландцемента по мокрому способу
5. Реакторы в производстве портландцемента по сухому способу
6. Химические реакторы в производстве этилового спирта каталитической гидратацией этилена в паровой фазе
7. Реакторы в производстве ацетилена из карбида кальция
8. Схема дегидрирования бутана в кипящем слое катализатора
9. Промышленные реакторы в переработке прямого коксового газа
10. Химические реакторы в производстве формальдегида
11. Реакторы при получении ацетальдегида гидратацией ацетилена
12. Производство бутадиен-стирольного каучука. Применение реакторов.
13. Получение фосфорной кислоты экстракционным методом. Применение экстракторов
14. Политермические химические реакторы
15. Реакторы с теплообменом
16. Применение реакторов идеального вытеснения в промышленности
17. Каскад реакторов идеального смешения. Примеры промышленного применения.
18. Многослойные каталитические реакторы

6.4. Вопросы к зачету.

1. Определение и назначение химического реактора.
2. Реакторы в химических и нехимических отраслях промышленности.
3. Обзор типов химических реакторов, их структурные элементы, основные процессы и явления в них.
4. Физическое и математическое моделирование, их место в инженерно-химических исследованиях. Место и значение натурального и вычислительного эксперимента.
5. Систематизация процессов в химическом реакторе по масштабу их протекания.
6. Иерархическая структура математической модели процессов в реакторе.

7. Физико-химические закономерности химических превращений – стехиометрические, термодинамические, кинетические.
8. Показатели химического превращения – степень превращения, выход продукта, интегральная и дифференциальная селективность, скорости реакции и превращения реагентов.
9. Пути повышения эффективности химических превращений на основе знания их физико-химических свойств.
10. Понятие химического процесса. Классификация химических процессов по различным признакам – химическим, фазовым и стационарности.
11. Гомогенный химический процесс.
12. Влияние химических признаков и условий протекания процессы на его показатели. Способы интенсификации.
13. Понятие оптимальных температур. Оптимальные температуры для обратимых и необратимых экзо- и эндотермических процессов.
14. Структура процесса и его составляющие. Наблюдаемая скорость химического превращения.
15. Режимы протекания процесса, лимитирующая стадия. Гетерогенный процесс "газ (жидкость) - твердое", "газ (жидкость) - жидкость". Обоснование выбора модели, построение и ее анализ.
16. Наблюдаемая скорость превращения и области протекания процесса. Пути интенсификации для различных режимов работы.
17. Гомогенный и гетерогенный катализ.
18. Гетерогенный катализ на твердом катализаторе. Пути интенсификации каталитических процессов.
19. Классификация процессов в реакторах по различным признакам – вид химического процесса, организация потоков реагентов, организация тепловых потоков.
20. Обоснование и построение математических моделей процесса в реакторах.
21. Влияние структуры потока (идеальное смешение и вытеснение), стационарности режима (проточный, периодический), параметров и условий протекания процесса (температура, давление, концентрация, объем реакционной зоны, время), вида химической реакции и ее параметров на профили концентраций и показателей процесса в реакторе (степень превращения, выход продукта, селективность). Основные расчеты процессы в реакторе.
22. Сравнение эффективности работы реакторов, описываемых различными моделями – идеального смешения и вытеснения.
23. Процессы в реакторах с переносом вещества, отличным от идеального смешения и вытеснения. Модели процессов, области их применения и сопоставление с моделями «идеальных» процессов.
24. Организация тепловых потоков и режимов в химических реакторах.
25. Распределение температуры и концентраций (степени превращения) в реакторе в режимах идеального смешения и распределения, адиабатическом и с теплообменом.
26. Связь температуры и степени превращения в адиабатическом процессе. Сопоставление с изотермическим режимом.
27. Число и устойчивость стационарных режимов в адиабатическом реакторе идеального смешения и изотермическом реакторе идеального вытеснения.
28. Конструкции промышленных реакторов для проведения процессов (гомогенных, гетерогенных, каталитических).
29. Выбор типа реактора, особенности конструкции и режима.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

а) основная литература

1. Общая химическая технология [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Закгейм А.Ю. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Логос, 2012. Студенческая научная библиотека «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785987044971.html>.

2. Христофорова И.А. Общая химическая технология. Химико-технологические расчеты в процессах электролиза, синтеза материалов и химических реакторах: учеб. Пособие / И.А. Христофорова; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2012. - 51 с. 72 экз. Электронная библиотека ВлГУ <http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/2745/1/00273.pdf>

3. Химическая кинетика. Теория и практика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.Е. Заиков - Казань : Издательство КНИТУ, 2013. Студенческая электронная библиотека «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788215181.html>.

б) дополнительная литература

1. Математическое моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс] / Ас. М. Гумеров, Н. Н. Валеев, Аз. М. Гумеров, В. М. Емельянов. - М. : КолосС, 2008. Студенческая электронная библиотека «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785953206310.html>.

2. Лабораторный практикум по общей химической технологии : учебное пособие для вузов по направлениям и специальностям в области химической технологии / В. А. Аверьянов [и др.] ; под ред. В. С. Бескова .— Москва : Бинوم. Лаборатория знаний, 2010 .— 279 с. 10 экз. в библиотеке ВлГУ.

3. Проектанту-технологу [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.А. Косточко, В.П. Курина. - Казань : Издательство КНИТУ, 2012. Студенческая электронная библиотека «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788213309.html>

в) периодические издания:

- журнал «Известия ВУЗов. Химия и химическая технология»;
- журнал «Химическая промышленность сегодня»;
- журнал «Фундаментальные проблемы современного материаловедения»;
- журнал «Бутлеровские сообщения»;
- журнал «Башкирский химический журнал»;
- журнал «Известия ВУЗов. Прикладная химия и биотехнология»;
- журнал «Современные наукоемкие технологии»

г) интернет-ресурсы:

- сайты ведущих научных журналов по химической технологии;
- электронные библиотечные системы «Лань», ЭБС «Znanium», Студенческая электронная библиотека «Консультант студента», ЭБС «IPRbooks» и др. (бесплатный доступ через электронную библиотеку ВлГУ).

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

- 1) интерактивные лекции (наборы презентаций для прочтения лекций);
- 2) набор DVD-фильмов по различным производствам и процессам химической технологии;
- 3) лаборатория для проведения лабораторных занятий (ауд. 430/1).

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 18.03.01 «Химическая технология».

Рабочую программу составил



д.т.н., профессор Христофорова И.А.

Рецензент
(представитель работодателя)



зам. генерального директора по
научно-технологическому развитию
ЗАО «Компания «СТЭС», к.т.н.
Лазарев Е.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ХТ.

Протокол № 1 от 5.09.16 года

Заведующий кафедрой



Панов Ю.Т.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 18.03.01 «Химическая технология».

Протокол № 1 от 5.09.16 года

Председатель комиссии



Панов Ю.Т.

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____