



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

"СОГЛАСОВАНО"

Руководитель ОП
Химическая технология
Название образовательной программы


(подпись) Реутов В.А.
(Ф.И.О.)
13 июля 2018 г.

"УТВЕРЖДАЮ"

Заведующий базовой кафедры химических и ресурсосберегающих технологий
(название кафедры/ академического департамента)


(подпись) Реутов В.А.
(Ф.И.О.)
13 июля 2018 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Моделирование химико-технологических процессов

Направление подготовки 18.04.01 «Химическая технология»

Магистерская программа «Химическая технология функциональных материалов»

Форма подготовки очная

курс 2 семестр 3
лекции 0 час.
практические занятия 0 час.
лабораторные работы 36 час.
в том числе с использованием МАО лек. 0 / лаб. 27 час.
всего часов аудиторной нагрузки 36 час.
в том числе с использованием МАО 27 час.
самостоятельная работа 144 час.
в том числе на подготовку к экзамену 36 час.
контрольные работы (количество) 2
курсовой проект не предусмотрен
зачет не предусмотрен
экзамен 3 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ, утвержденного приказом ректора от 07.07.2015 г. № 12-13-1282

Рабочая программа обсуждена на заседании базовой кафедры химических и ресурсосберегающих технологий, протокол № 10 от «13» июля 2018 г.

Заведующий кафедрой доцент В.А. Реутов
Составитель (ли): профессор, д.т.н. Кривошеев В.П., А.В. Ануфриев

Оборотная сторона титульного листа

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры / академического департамента:

Протокол от " 29 " мая 2019 г. № 07

Заведующий базовой кафедрой химических и ресурсосберегающих технологий

В. А. Реутов
(подпись) (И.О. Фамилия)

Перепроверить где 2019 г. кабарк



II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры (академического департамента):

Протокол от " _____ " _____ 20 _____ г. № _____

Заведующий базовой кафедрой химических и ресурсосберегающих технологий

В. А. Реутов
(подпись) (И.О. Фамилия)

ABSTRACT

Master's degree 18.04.01 Chemical Technology

Master's Program "Chemical technology of functional materials"

Course title: Modeling the chemical-technological processes

Variable part of Block 1 "Elective courses", 5 credits

Instructor: Krivosheev V.P., Anufriev A.V.

At the beginning of the course a student should be able to:

PC-3 – the ability to use modern instruments and techniques, organize experiments and tests, process them and analyze their results.

PC-5 – willingness to solve professional production problems - control of the technological process, development of production standards, technological standards for the consumption of materials, blanks, fuel and electricity, the choice of equipment and technological equipment.

Learning outcomes:

OPC-4 – readiness to use the methods of mathematical modeling of materials and technological processes, to theoretical analysis and experimental verification of theoretical hypotheses.

PC-6 – willingness to improve the technological process - the development of measures for the integrated use of raw materials, the replacement of scarce materials and the search for methods of utilization of industrial waste, to the study of the causes of marriage in production and the development of proposals for its prevention and elimination.

Course description:

Contents covers the following issues: principles of construction of mathematical models of chemical engineering processes, the calculation of the design parameters of chemical engineering and technological modes of their work, both in statics and dynamics, establishing the adequacy of the models, methods for solving equations and analysis of processes.

Main course literature:

1. Gumerov, A. M. Matematicheskoye modelirovaniye khimiko-tekhnologicheskikh protsessov [Elektronnyy resurs]: uchebnoye posobiye, 2-ye izd. Pererab. / A. M. Gumerov - Elektron. Tekstovyye dannyye. - SPb .: Lan', 2014. - 176 s.

EBS «Elanbook.com»:

<http://e.lanbook.com/view/book/41014/>

2. Klinov, A. V. Matematicheskoye modelirovaniye khimiko-tekhnologicheskikh protsessov [Elektronnyy resurs]: uchebnoye posobiye / A.A.

V. Klinov, A. G. Mukhametzyanova - Elektron. Tekstovyye dannyye. - Kazan' .: Kazanskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskii universitet, 2009. - 144 s.

Universitetskaya biblioteka Onlayn:

http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view&book_id=270540

3. Chikurov, N. G. Modelirovaniye sistem i protsessov [Elektronnyy resurs]: uchebnoye posobiye / N. G. Chikurov. - Elektron. Tekstovyye dannyye. - M .: ITS RIOR: NITS Infra-M, 2013. - 398 s.

EBS «Znaniy.com»:

<http://znaniy.com/bookread.php?book=392652>

4. Meshalkin, V. P. Osnovy informatizatsii i matematicheskogo modelirovaniya ekologicheskikh sistem [Elektronnyy resurs]: uchebnoye posobiye / V. P. Meshalkin, O. B. Butusov, A. G. Gnauk. - Elektron. Tekstovyye dannyye. - M .: INFRA-M, 2010. - 357 s.

EBS «Znaniy.com»:

<http://znaniy.com/bookread.php?book=184099>

5. Samoylov N.A. Primery i zadachi po kursu "Matematicheskoye modelirovaniye khimiko-tekhnologicheskikh protsessov" [Elektronnyy resurs]: uchebnoye posobiye. - Elektron. Dan. - SPb. : Lan', 2013. - 169 s.

EBS «Elanbook.com»:

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=37356

6. Lyubchenko, Ye. A. Planirovaniye i organizatsiya eksperimenta: uchebnoye posobiye dlya vuzov ch. 1 / Ye. A. Lyubchenko, O. A. Chudnova; Vladivostok: Izd-vo Tikhookeanskogo ekonomicheskogo universiteta, 2010. - 155 s.

EK NB DVFU:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:358959&theme=FEFU>

7. Yablonskiy, A. A. Sbornik zadaniy dlya kursovykh rabot po teo-rechnoy mekhanike. / A. A. Yablonskiy. - M: Knorus, 2010, 2011. - 386 s.

EK NB DVFU:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:381565&theme=FEFU>

8. Ochkov, V. Mathcad 14 dlya studentov, inzhenerov i konstruktorov / V.I. Ochkov. Sankt-Peterburg: BKHV-Peterburg, 2007. - 360 s.

EK NB DVFU:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:252776&theme=FEFU>

9. Informatika dlya khimikov-tekhnologov: uchebnoye posobiye dlya vuzov po khimiko-tekhnologicheskim napravleniyam. S. Gordeyev, V. F. Korniyushko, V. S. Boridko i dr. ; Moskva: Vysshaya shkola, 2006. - 286 s.

EK NB DVFU:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:242473&theme=FEFU>

Form of final control: credit.

АННОТАЦИЯ

Рабочая программа дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов» разработана для студентов 2 курса по направлению 18.04.01 «Химическая технология» магистерская программа «Химическая технология функциональных материалов» в соответствии с требованиями ОС ВО ДВФУ по данному направлению.

Курс Б1.В.ДВ.03.02 «Моделирование химико-технологических процессов» относится к дисциплинам по выбору вариативной части учебного плана.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 зачетных единицы, 180 часов. Учебным планом предусмотрены лабораторные занятия (36 час.), самостоятельная работа (144 час., в том числе 36 час. на подготовку к экзамену). Дисциплина реализуется в 3 семестре 2 курса.

Курс «Моделирование химико-технологических процессов» продолжает и углубляет профессиональную направленность содержания дисциплин «Методология научных исследований в области химических и ресурсосберегающих технологии», «Избранные главы процессов и аппаратов химической технологии», «Избранные главы химической технологии» магистратуры.

Содержание дисциплины охватывает следующий круг вопросов: принципы построения математических моделей процессов химической технологии, расчет конструктивных параметров химической технологии и технологических режимов их работы, как в статике, так и в динамике, установление адекватности моделей, методы решения уравнений и анализу протекания процессов.

Знания, полученные при изучении дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов», могут быть использованы в научно-исследовательской работе студентов и при подготовке выпускной квалификационной работы.

Цель дисциплины : получить знания для построения математических моделей статического состояния и переходных режимов объектов моделирования.

Задачи дисциплины:

- изучение принципов и методов построения математических моделей.
- изучение аналитических и экспериментальных методов построения моделей.
- использование моделей для анализа протекания энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии.

Для успешного изучения дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

– ПК-3 способностью использовать современные приборы и методики, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты.

– ПК-5 готовностью к решению профессиональных производственных задач – контролю технологического процесса, разработке норм выработки, технологических нормативов на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии, к выбору оборудования и технологической оснастки.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общепрофессиональные и профессиональные компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-4 готовностью к использованию методов математического моделирования материалов и технологических процессов, к теоретическому анализу и экспериментальной проверке теоретических гипотез	Знает	методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
	Умеет	применять методы математического анализа и моделирования, строить регрессионные модели, производить оптимизацию процесса
	Владеет	навыками использования основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, навыками проверки адекватность математических моделей
ПК-6 готовностью к совершенствованию технологического процесса - разработке мероприятий по комплексному использованию сырья, по замене дефицитных материалов и изысканию способов утилизации отходов производства, к исследованию причин брака в производстве и разработке предложений по его предупреждению и устранению	Знает	технологические процессы, пути воздействия на технологические процессы, основные нормы ввода и эксплуатации оборудования
	Умеет	анализировать технологический процесс, выявлять недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию, применяет методы математического анализа и моделирования, строить регрессионные модели
	Владеет	способностью участвовать в мероприятиях по совершенствованию технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения, навыками проектировать отдельные узлы и целый технологические схемы с использованием автоматизированных прикладных систем

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов» применяются следующие методы активного/ интерактивного обучения:

- компьютерное моделирование и практический анализ результатов (на лабораторных занятиях).

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

В рамках данной дисциплины лекционные занятия не предусмотрены.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Лабораторные работы (36 час.)

Лабораторная работа №1. Построение аналитическим методом математической модели динамики объекта с сосредоточенными параметрами на примере объекта управления уровнем (гидравлической емкости) и математической модели системы управления уровнем с типовыми законами управления (4 час.) *Форма интерактивного обучения: компьютерное моделирование и практическое обсуждение результатов (3 час.)*

Лабораторная работа №2. Построение линейной модели статики процесса методом планирования эксперимента (4 час.) *Форма интерактивного обучения: компьютерное моделирование и практическое обсуждение результатов (3 час.)*

Лабораторная работа №3. Применение методов исследования структуры потоков для оценки параметров ячеечной модели (4 час.). *Форма интерактивного обучения: компьютерное моделирование и практическое обсуждение результатов (3 час.)*

Лабораторная работа №4. Моделирование температурного профиля в трубчатом теплообменнике при прямотоке и при противотоке (4 час.). *Форма интерактивного обучения: компьютерное моделирование и практическое обсуждение результатов (3 час.)*

Лабораторная работа № 5. Определение оптимального температурного профиля для реактора идеального вытеснения (4 час.). *Форма интерактивного обучения: компьютерное моделирование и практическое обсуждение результатов (3 час.)*

Лабораторная работа № 6. Моделирование температурных режимов начала кипения, начала конденсации и эквимолярного деления смеси по моделям Вильсона, НРТЛ и без учёта неидеальности (4 час.). *Форма интерактивного обучения: компьютерное моделирование и практическое*

Лабораторная работа № 7. Моделирование состава на ступени массообменного контакта с учётом теплового баланса идеальной смеси

(4 час.). Форма интерактивного обучения: компьютерное моделирование и практическое обсуждение результатов (3 час.)

Лабораторная работа № 8. Моделирование состава смеси в конденсаторе и в кипятильнике (4 час.) Форма интерактивного обучения: компьютерное моделирование и практическое обсуждение результатов (3 час.)

Лабораторная работа № 9. Моделирование статического режима ректификационной колонны (4 час.) Форма интерактивного обучения: компьютерное моделирование и практическое обсуждение результатов (3 час.)

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Моделирование химико-технологических процессов» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Понятия о математическом моделировании химико-технологических процессов	ОПК-4	знает	Защита отчетов по лабораторным работам (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	Вопросы 1-9 экзамена
			умеет	Выполнение 1 лабораторной работы с предоставлением отчетов (ПР-6)	

			владеет	Выполнение 1 лабораторной работы с предоставлением отчетов (ПР-6)	
		ПК-6	знает	Защита отчетов по лабораторным работам (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	
			умеет	Выполнение 2 лабораторной работы с предоставлением отчетов (ПР-6)	
			владеет	Выполнение 2 лабораторной работы с предоставлением отчетов (ПР-6)	
2	Раздел II. Математическое моделирование структуры потоков	ОПК-4	знает	Защита отчетов по лабораторным работам (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	Вопросы 10-15 экзамена
			умеет	Выполнение 3 лабораторной работы с предоставлением отчетов (ПР-6)	
			владеет	Выполнение 3 лабораторной работы с предоставлением отчетов (ПР-6)	
		ПК-6	знает	Защита отчетов по лабораторным работам (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	
			умеет	Выполнение 3 лабораторной работы с предоставлением отчетов (ПР-6)	
			владеет	Выполнение 3 лабораторной работы с предоставлением отчетов (ПР-6)	

3	Раздел III Математическое моделирование тепловых и химических процессов	ОПК-4	знает	Защита отчетов по лабораторным работам (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	Вопросы 16-30 экзамена
			умеет	Выполнение 4-5 лабораторных работ с предоставлением отчетов (ПР-6)	
			владеет	Выполнение 4-5 лабораторных работ с предоставлением отчетов (ПР-6)	
		ПК-6	знает	Защита отчетов по лабораторным работам (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	
			умеет	Выполнение 6-7 лабораторных работ с предоставлением отчетов (ПР-6)	
			владеет	Выполнение 6-7 лабораторных работ с предоставлением отчетов (ПР-6)	
4	Раздел IV Математическое моделирование массообменных процессов	ОПК-4	знает	Защита отчетов по лабораторным работам (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	Вопросы 31-38 экзамена
			умеет	Выполнение 8 лабораторной работы с предоставлением отчетов (ПР-6)	
			владеет	Выполнение 8 лабораторной работы с предоставлением отчетов (ПР-6)	
		ПК-6	знает	Защита отчетов по лабораторным работам (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	

			умеет	Выполнение лабораторной работы с предоставлением отчетов (ПР-6)	9 с
			владеет	Выполнение лабораторной работы с предоставлением отчетов (ПР-6)	9 с

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(электронные и печатные издания)

1. Гумеров, А. М. Математическое моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие, 2-е изд. перераб. / А. М. Гумеров – Электрон. текстовые данные. – СПб.: Лань, 2014. – 176 с.

ЭБС «Elanbook.com»:

<http://e.lanbook.com/view/book/41014/>

2. Клинов, А. В. Математическое моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. В. Клинов, А. Г. Мухаметзянова – Электрон. текстовые данные. – Казань.: Казанский государственный технологический университет, 2009. – 144 с.

Университетская библиотека Online:

http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view&book_id=270540

3. Чикуров, Н. Г. Моделирование систем и процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н. Г. Чикуров. – Электрон. текстовые данные. – М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. – 398 с.

ЭБС «Znanium.com»:

<http://znanium.com/bookread.php?book=392652>

4. Мешалкин, В. П. Основы информатизации и математического моделирования экологических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. П.

Мешалкин, О. Б. Бутусов, А. Г. Гнаук. – Электрон. текстовые данные. – М.: ИНФРА-М, 2010. – 357 с.

ЭБС «Znanium.com»:

<http://znanium.com/bookread.php?book=184099>

5. Самойлов, Н.А. Примеры и задачи по курсу "Математическое моделирование химико-технологических процессов" [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2013. — 169 с.

ЭБС «Elanbook.com»:

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=37356

6. Любченко, Е. А. Планирование и организация эксперимента : учебное пособие для вузов ч. 1 / Е. А. Любченко, О. А. Чуднова ; Владивосток : Изд-во Тихоокеанского экономического университета , 2010. - 155 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:358959&theme=FEFU>

7. Очков, В. Mathcad 14 для студентов, инженеров и конструкторов / В. Очков. Санкт-Петербург : БХВ-Петербург , 2007. - 360 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:252776&theme=FEFU>

8. Информатика для химиков-технологов : учебное пособие для вузов по химико-технологическим направлениям / Л. С. Гордеев, В. Ф. Корнюшко, В. С. Боридко и др. ; Москва : Высшая школа , 2006. - 286 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:242473&theme=FEFU>

Дополнительная литература

(печатные и электронные издания)

1. Кривошеев, В. П. Математическое моделирование химико-технологических процессов: учебное пособие, в 2-х частях / В. П. Кривошеев. – Владивосток: Дальневосточный государственный университет, 2005. – 207 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:235292&theme=FEFU>

2. Закгейм, А. Ю. Общая химическая технология: введение в моделирование химико-технологических процессов. 3-е изд., перераб. и доп. [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. Ю. Закгейм. - – Электрон. текстовые данные. – М.: Логос, 2012. – 304 с.

ЭБС «Znanium.com»:

<http://znanium.com/bookread.php?book=468690>

3. Ашихмин, В. Н. Введение в математическое моделирование [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. Н. Ашихмин, М. Б. Гитман, И. Э. Келлер – Электрон. текстовые данные. – М.: Логос, 2004. – 439 с.

ЭБС «IPRbooks»:

<http://www.iprbookshop.ru/9063>

4. Аверченков, В. И. Основы математического моделирования технических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. И. Аверченков, В. П. Федоров, М. Л. Хейфец — Электрон. текстовые данные. – Брянск: Брянский государственный технический университет, 2012. – 271 с.

ЭБС «IPRbooks»:

<http://www.iprbookshop.ru/7003>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Специальные курсы. Математическое моделирование – третий путь познания [Электронный ресурс] / Разработчик : Кафедра математики Физического Факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. – Режим доступа : http://matematika.phys.msu.ru/stud_spec/270, свободный. – Загл. с экрана.

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

Не предусмотрено

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

В рамках данной дисциплины предусмотрено 144 часа самостоятельной работы, которая необходима при проработке материала лекции; подготовке к лабораторным работам, экзамену.

В самостоятельную работу по дисциплине «Моделирование химико-технологических процессов» включены следующие виды деятельности:

- поиск информации по темам для самостоятельного изучения;
- разбор теоретических аспектов практических работ, написание отчётов по лабораторным и практическим работам, подготовка к защите отчетов;
- работа со стандартами ГОСТ;
- подготовка к промежуточному и итоговому контролю.

Студенту следует тщательно планировать и организовывать время, необходимое для изучения дисциплины. Недопустимо откладывать ознакомление с теоретической частью, подготовку отчетов к лабораторным работам и выполнение домашних заданий, поскольку это неминуемо приведет к снижению качества освоения материала, оформления отчетов и домашних заданий. Все виды работ по дисциплине рекомендуется выполнять по календарному плану, приведенному в приложении 1.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине «Моделирование химико-технологических процессов» на лекциях используется мультимедийное оборудование: ноутбук, проектор, экран.

Лабораторный практикум по данной дисциплине проводится в компьютерной лаборатории.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

по дисциплине «Моделирование химико-технологических процессов»

Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология

**Магистерская программа «Химическая технология функциональных
материалов»**

Форма подготовки очная

**Владивосток
2018**

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1 неделя	Самостоятельное изучение материала, самостоятельная подготовка к контрольной работе по модулю. Тема: Основы построения математических моделей	4 ч.	Проверка конспектов, оценка
2	2 неделя	Отчет по лабораторной работе № 1	4 ч.	Оценка
3	2 неделя	Самостоятельное изучение материала, самостоятельная подготовка к контрольной работе по модулю. Тема: Аналитический метод построения математической модели	4 ч.	Проверка конспектов, оценка
4	3 неделя	Отчет по лабораторной работе № 2	4 ч.	Оценка
5	3 неделя	Самостоятельное изучение материала, самостоятельная подготовка к контрольной работе по модулю. Тема: Экспериментальный метод построения математической модели	4 ч.	Проверка конспектов, оценка
6	4 неделя	Самостоятельное изучение материала, самостоятельная подготовка к контрольной работе по модулю. Тема: Экспериментальный метод построения математической модели	4 ч.	Проверка конспектов, оценка
7	5 неделя	Отчет по лабораторной работе № 3	4 ч.	Оценка
8	5 неделя	Самостоятельное изучение материала, самостоятельная подготовка к контрольной работе по модулю. Тема: Типовые математические модели структуры потоков в аппаратах	8 ч.	Проверка конспектов, оценка
9	6 неделя	Самостоятельное изучение материала, самостоятельная подготовка к контрольной работе по модулю. Тема: Типовые математические модели структуры потоков в аппаратах	6 ч.	Проверка конспектов, оценка
10	7 неделя	Отчет по лабораторной работе № 4	4 ч.	Оценка
11	7 неделя	Самостоятельное изучение материала, самостоятельная подготовка к контрольной работе по модулю. Тема: Математические модели химических реакторов без учёта теплового эффекта реакции	6 ч.	Проверка конспектов, оценка
12	8 неделя	Отчет по лабораторной работе № 5	4 ч.	Оценка
13	8 неделя	Самостоятельное изучение материала, самостоятельная подготовка к контрольной работе по модулю. Тема: Математическое описание типо-	4 ч.	Проверка конспектов, оценка

		вых химических реакторов с учётом теплового эффекта реакций		
14	9 неделя	Самостоятельное изучение материала, самостоятельная подготовка к контрольной работе по модулю. Тема: Математические модели тарельчатых ректификационных колонн	6 ч.	Проверка конспектов, оценка
15	10 неделя	Отчет по лабораторной работе № 6	4 ч.	Оценка
16	10 неделя	Самостоятельное изучение материала, самостоятельная подготовка к контрольной работе по модулю. Тема: Математические модели тарельчатых ректификационных колонн	6 ч.	Проверка конспектов, оценка
17	11 неделя	Отчет по лабораторной работе № 7	4 ч.	Оценка
18	11 неделя	Самостоятельное изучение материала, самостоятельная подготовка к контрольной работе по модулю. Тема: Математические модели тарельчатых ректификационных колонн	4 ч.	Проверка конспектов, оценка
19	12 неделя	Самостоятельное изучение материала, подготовка экзамену и к контрольной работе по модулю. Тема: Модели и алгоритмы расчёта процесса абсорбции	8 ч.	Проверка конспектов, оценка
20	13 неделя	Отчет по лабораторной работе № 8	4 ч.	Оценка
21	13 неделя	Самостоятельное изучение материала, самостоятельная подготовка к контрольной работе по модулю. Тема: Моделирование процесса экстракции в системе жидкость-жидкость	8 ч.	Проверка конспектов, оценка
22	14 неделя	Отчет по лабораторной работе № 9	4 ч.	Оценка
23	14 неделя	Подготовка к экзамену. Повторение тем : Основы построения математических моделей. Аналитический метод построения математической модели. Экспериментальный метод построения математической модели. Типовые математические модели структуры потоков в аппаратах.	12 ч.	Оценка
24	16 неделя	Подготовка к экзамену. Повторение тем : Типовые математические модели структуры потоков в аппаратах. Математические модели химических реакторов без учёта теплового эффекта реакции. Математическое описание типовых химических реакторов с учётом теплового эффекта реакций.	8 ч.	Оценка
25	17 неделя	Подготовка к экзамену. Повторение тем : Математические модели тарельчатых ректификационных колонн.	8 ч.	Оценка

26	18 неделя	Подготовка к экзамену. Повторение тем : Модели и алгоритмы расчёта процесса абсорбции. Моделирование процесса экстракции в системе жидкость-жидкость.	8 ч.	Оценка
----	-----------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------	--------

Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению

Самостоятельная работа необходима при проработке материала лекции; подготовке к лабораторным работам, экзамену.

В самостоятельную работу по дисциплине «Моделирование химико-технологических процессов» включены следующие виды деятельности:

- поиск информации по темам для самостоятельного изучения;
- подготовка к промежуточному и итоговому контролю.

Для закрепления навыков и знаний студента, полученных на практических занятиях, студента в течение курса выдается 9 лабораторных заданий. Лабораторные работы закрепляют навыки текущей темы практических занятий. Для выполнения итогового домашнего задания необходимо использовать все полученные знания и умения, а также знания, полученные в курсе «Моделирование химико-технологических процессов».

Студенту следует тщательно планировать и организовывать время, необходимое для изучения дисциплины. Недопустимо откладывать ознакомление с теоретической частью, подготовку отчетов к лабораторным работам и выполнение домашних заданий, поскольку это неминуемо приведет к снижению качества освоения материала, оформления отчетов и домашних заданий. Все виды работ по дисциплине рекомендуется выполнять по календарному плану, приведенному в Плане-графике выполнения самостоятельной работы по дисциплине.

Опорный план для самостоятельного изучения

Время самостоятельной работы студента по изучению дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов» согласно план-графику распределяется следующим образом: изучение материала к лабораторным работам и написание отчета – 36 ч., самостоятельное изучение материала с последующим контролем полученных знаний преподавателем – 72 ч., подготовка к экзамену – 36 ч.

Раздел I. Понятия о математическом моделировании химико-технологических процессов (16 час.)

Тема 1. Основы построения математических моделей (4 час.)

Цель – рассмотреть принципы построения математических моделей статистики и динамики химико-технологических процессов

Основные понятия и определения, принятые в математическом моделировании. Классификация видов моделирования. Классификация химико-технологических процессов: по физико-химической сущности; по природе изменения переменных, характеризующих процесс. Виды переменных, характеризующих химико-технологический процесс. Понятие о химико-технологической системе. Большая химико-технологическая система. Этапы разработки математической модели. Методы построения математических моделей. Основная математическая схема моделирования. Математическое моделирование с использованием переменных состояния объекта моделирования. Виды математических моделей химико-технологических процессов.

Список литературы

1. Гумеров, А. М. Математическое моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие, 2-е изд. перераб. / А. М. Гумеров – Электрон. текстовые данные. – СПб.: Лань, 2014. – 176 с. – Режим доступа : <http://e.lanbook.com/view/book/41014/> – ЭБС Издательства "Лань", по паролю
2. Мешалкин, В. П. Основы информатизации и математического моделирования экологических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. П. Мешалкин, О. Б. Бутусов, А. Г. Гнаук. – Электрон. текстовые данные. – М.: ИНФРА-М, 2010. – 357 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=184099>. – ЭБС «ZNANIUM.COM», по паролю
3. Кривошеев, В. П. Математическое моделирование химико-технологических процессов: учебное пособие, в 2-х частях / В. П. Кривошеев. – Владивосток: Дальневосточный государственный университет, 2005. – 208 с.

Тема 2. Аналитический метод построения математической модели (4 час.)

Цель – рассмотреть основные этапы создания математической модели аналитическим методом

Основы построения математической модели аналитическим методом. Блочный принцип построения аналитической модели. Уравнения баланса

вещества и энергии. Уравнения элементарных процессов. Формы математического описания. Установление адекватности аналитической модели. Изоморфность математических моделей. Особенности математических моделей химико-технологических процессов.

Список литературы

1. Гумеров, А. М. Математическое моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие, 2-е изд. перераб. / А. М. Гумеров – Электрон. текстовые данные. – СПб.: Лань, 2014. – 176 с. – Режим доступа : <http://e.lanbook.com/view/book/41014/> – ЭБС Издательства "Лань", по паролю
2. Самойлов, Н.А. Примеры и задачи по курсу "Математическое моделирование химико-технологических процессов" [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2013. — 169 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=37356 — Загл. с экрана.
3. Кривошеев, В. П. Математическое моделирование химико-технологических процессов: учебное пособие, в 2-х частях / В. П. Кривошеев. – Владивосток: Дальневосточный государственный университет, 2005. – 208 с.

Тема 3. Экспериментальный метод построения математической модели (8 час.)

Цель – рассмотреть основные этапы создания математической модели методами активного и пассивного экспериментов

Исследование статического состояния объекта моделирования с использованием метода активного эксперимента. Описание статической характеристики объекта с одной входной и одной выходной переменными. Описание статической характеристики с несколькими входными и одной выходной переменными методом планирования эксперимента. Исследование статического состояния объекта моделирования с использованием метода пассивного эксперимента. Определение стохастической связи между переменными объекта моделирования. Выбор вида уравнения регрессии. Вычисление коэффициентов уравнения регрессии и оценка их значимости, проверка адекватности уравнения регрессии. Экспериментальный метод построения математической модели динамики объекта моделирования.

Список литературы

1. Гумеров, А. М. Математическое моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие, 2-е

изд. перераб. / А. М. Гумеров – Электрон. текстовые данные. – СПб.: Лань, 2014. – 176 с. – Режим доступа : <http://e.lanbook.com/view/book/41014/> – ЭБС Издательства "Лань", по паролю

2. Самойлов, Н.А. Примеры и задачи по курсу "Математическое моделирование химико-технологических процессов" [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2013. — 169 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=37356 — Загл. с экрана.
3. Кривошеев, В. П. Математическое моделирование химико-технологических процессов: учебное пособие, в 2-х частях / В. П. Кривошеев. – Владивосток: Дальневосточный государственный университет, 2005. – 208 с.

Раздел II. Математическое моделирование структуры потоков (8 час.)

Тема 1. Типовые математические модели структуры потоков в аппаратах (8 час.)

Цель – рассмотреть типовые гидродинамические модели потоков в химико-технологических аппаратах

Модели идеального смешения и идеального вытеснения, диффузионные модели, ячеечная модель, комбинированные модели. Исходная информация для получения моделей гидродинамики объекта.

Список литературы

1. Гумеров, А. М. Математическое моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие, 2-е изд. перераб. / А. М. Гумеров – Электрон. текстовые данные. – СПб.: Лань, 2014. – 176 с. – Режим доступа : <http://e.lanbook.com/view/book/41014/> – ЭБС Издательства "Лань", по паролю
2. Чикуров, Н. Г. Моделирование систем и процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н. Г. Чикуров. – Электрон. текстовые данные. – М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. – 398 с. – Режим доступа : <http://znanium.com/bookread.php?book=392652>. – ЭБС " ЭБС ZNANIUM.COM", по паролю
3. Кривошеев, В. П. Математическое моделирование химико-технологических процессов: учебное пособие, в 2-х частях / В. П. Кривошеев. – Владивосток: Дальневосточный государственный университет, 2005. – 208 с.

Раздел III. Математическое моделирование тепловых и химических процессов (16 час.)

Тема 1. Типовые математические модели структуры потоков в аппаратах (6 час.)

Цель – рассмотреть математические модели тепловых процессах при различных формах передачи тепла

Математическая модель теплообменника с сосредоточенными переменными. Математическая модель теплообменника с распределёнными переменными. Математическая модель погружного теплообменника типа «смешение - вытеснение».

Список литературы

1. Клинов, А. В. Математическое моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. В. Клинов, А. Г. Мухаметзянова – Электрон. текстовые данные. – Казань.: Казанский государственный технологический университет, 2009. – 144 с. – Режим доступа : http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view &book_id=270540 – ЭБС "Университетская библиотека онлайн", по паролю
2. Чикуров, Н. Г. Моделирование систем и процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н. Г. Чикуров. – Электрон. текстовые данные. – М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. – 398 с. – Режим доступа : <http://znanium.com/bookread.php?book=392652>. – ЭБС " ЭБС ZNANIUM.COM", по паролю
3. Кривошеев, В. П. Математическое моделирование химико-технологических процессов: учебное пособие, в 2-х частях / В. П. Кривошеев. – Владивосток: Дальневосточный государственный университет, 2005. – 208 с.

Тема 2. Математические модели химических реакторов без учёта теплового эффекта реакции (6 час.)

Цель – рассмотреть форму математической модели химических ректоров в различных гидродинамических режимах без учета теплового эффекта реакции

Математическая модель химического реактора идеального вытеснения. Математическая модель проточного реактора с мешалкой. Математическая модель проточного реактора, основанная на диффузионной модели.

Список литературы

1. Гумеров, А. М. Математическое моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие, 2-е изд. перераб. / А. М. Гумеров – Электрон. текстовые данные. – СПб.:

- Лань, 2014. – 176 с. – Режим доступа : <http://e.lanbook.com/view/book/41014/> – ЭБС Издательства "Лань", по паролю
2. Клинов, А. В. Математическое моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. В. Клинов, А. Г. Мухаметзянова – Электрон. текстовые данные. – Казань.: Казанский государственный технологический университет, 2009. – 144 с. – Режим доступа : http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view &book_id=270540 – ЭБС "Университетская библиотека онлайн", по паролю
 3. Кривошеев, В. П. Математическое моделирование химико-технологических процессов: учебное пособие, в 2-х частях / В. П. Кривошеев. – Владивосток: Дальневосточный государственный университет, 2005. – 208 с.

Тема 3. Математическое описание типовых химических реакторов с учётом теплового эффекта реакций (4 час.)

Цель – рассмотреть форму математической модели химических реакторов в различных гидродинамических режимах с учетом теплового эффекта реакции

Материальный и энергетический баланс. Тепловой эффект реакции. Химическое равновесие. Скорость химической реакции. Степень превращения. Селективность и путь реакции. Математическое описание гомогенного реактора. Математическое описание процесса на зерне катализатора. Математическое описание реактора с неподвижным слоем катализатора. Математическое описание реактора с псевдооживленным слоем катализатора. Математическое описание реакторов с мешалкой: периодического действия, непрерывного действия.

Список литературы

1. Гумеров, А. М. Математическое моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие, 2-е изд. перераб. / А. М. Гумеров – Электрон. текстовые данные. – СПб.: Лань, 2014. – 176 с. – Режим доступа : <http://e.lanbook.com/view/book/41014/> – ЭБС Издательства "Лань", по паролю
2. Мешалкин, В. П. Основы информатизации и математического моделирования экологических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. П. Мешалкин, О. Б. Бутусов, А. Г. Гнаука. – Электрон. текстовые данные. – М.: ИНФРА-М, 2010. – 357 с. – Режим доступа:

<http://znanium.com/bookread.php?book=184099>. – ЭБС «ZNANIUM.COM», по паролю

3. Кривошеев, В. П. Математическое моделирование химико-технологических процессов: учебное пособие, в 2-х частях / В. П. Кривошеев. – Владивосток: Дальневосточный государственный университет, 2005. – 208 с.

Раздел IV. Математическое моделирование массообменных процессов (32 час.)

Тема 1. Математические модели тарельчатых ректификационных колонн (16 час.)

Цель – рассмотреть математические модели ректификационных колонн в различных гидродинамических режимах потоков

Парожидкостное равновесие. Кинетика процесса массообмена. Статические модели бинарной ректификации. Математическая модель системы конденсатор-флегмовая ёмкость. Математическая модель кипятильника колонны. Некоторые свойства колонн, разделяющих бинарные смеси. Математическое описание статических режимов ректификационных колонн для разделения бинарных и многокомпонентных смесей. Математическое описание динамических режимов ректификационных колонн, разделяющих бинарные и многокомпонентные смеси.

Список литературы

1. Гумеров, А. М. Математическое моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие, 2-е изд. перераб. / А. М. Гумеров – Электрон. текстовые данные. – СПб.: Лань, 2014. – 176 с. – Режим доступа : <http://e.lanbook.com/view/book/41014/> – ЭБС Издательства "Лань", по паролю
2. Чикуров, Н. Г. Моделирование систем и процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н. Г. Чикуров. – Электрон. текстовые данные. – М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. – 398 с. – Режим доступа : <http://znanium.com/bookread.php?book=392652>. – ЭБС " ЭБС ZNANIUM.COM", по паролю
3. Кривошеев, В. П. Математическое моделирование химико-технологических процессов: учебное пособие, в 2-х частях / В. П. Кривошеев. – Владивосток: Дальневосточный государственный университет, 2005. – 208 с.

Тема 2. Модели и алгоритмы расчёта процесса абсорбции (8 час.)

Цель – рассмотреть основные математические закономерности процесса абсорбции

Равновесие в системе газ - жидкость. Кинетика процесса абсорбции. Структура потоков фаз в аппарате. Алгоритм расчёта статических режимов.

Список литературы

1. Гумеров, А. М. Математическое моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие, 2-е изд. перераб. / А. М. Гумеров – Электрон. текстовые данные. – СПб.: Лань, 2014. – 176 с. – Режим доступа : <http://e.lanbook.com/view/book/41014/> – ЭБС Издательства "Лань", по паролю
2. Чикуров, Н. Г. Моделирование систем и процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н. Г. Чикуров. – Электрон. текстовые данные. – М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. – 398 с. – Режим доступа : <http://znanium.com/bookread.php?book=392652>. – ЭБС " ЭБС ZNANIUM.COM", по паролю
3. Кривошеев, В. П. Математическое моделирование химико-технологических процессов: учебное пособие, в 2-х частях / В. П. Кривошеев. – Владивосток: Дальневосточный государственный университет, 2005. – 208 с.

Тема 3. Моделирование процесса экстракции в системе жидкость-жидкость (8 час.)

Цель – рассмотреть основные математические закономерности процесса жидкостной экстракции

Равновесие между жидкими фазами. Описание кинетики и массопередачи в экстракторах с внешним подводом энергии. Модели структуры потоков в колонных экстракторах.

Список литературы

1. Гумеров, А. М. Математическое моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие, 2-е изд. перераб. / А. М. Гумеров – Электрон. текстовые данные. – СПб.: Лань, 2014. – 176 с. – Режим доступа : <http://e.lanbook.com/view/book/41014/> – ЭБС Издательства "Лань", по паролю
2. Мешалкин, В. П. Основы информатизации и математического моделирования экологических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. П. Мешалкин, О. Б. Бутусов, А. Г. Гнаук. – Электрон. текстовые дан-

ные. – М.: ИНФРА-М, 2010. – 357 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=184099>. – ЭБС «ZNANIUM.COM», по паролю

3. Кривошеев, В. П. Математическое моделирование химико-технологических процессов: учебное пособие, в 2-х частях / В. П. Кривошеев. – Владивосток: Дальневосточный государственный университет, 2005. – 208 с.

Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы по подготовке отчетов лабораторных работ

Отчет по выполненной лабораторной работе должен содержать следующие части: цель работы, ход работы; таблицу с данными; формулы и расчет (при необходимости); вывод, содержащий результаты эксперимента и сравнительную характеристику полученных данных. При подготовке теоретической части необходимо изучение теоретического материала лекций по теме лабораторной работы.

Оформление отчета по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе относится к категории *«письменная работа»*, оформляется *по правилам оформления письменных работ студентами ДВФУ*.

Необходимо обратить внимание на следующие аспекты в оформлении отчетов работ:

- набор текста;
- структурирование работы;
- оформление заголовков всех видов (рубрик-подрубрик-пунктов-подпунктов, рисунков, таблиц, приложений);
- оформление перечислений (списков с нумерацией или маркировкой);
- оформление таблиц;
- оформление иллюстраций (графики, рисунки, фотографии, схемы, «скриншоты»);
- набор и оформление математических выражений (формул);
- оформление списков литературы (библиографических описаний) и ссылок на источники, цитирования.

Набор текста

Набор текста осуществляется на компьютере, в соответствии со следующими требованиями:

- печать – на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (размер 210 на 297 мм.);
- интервал межстрочный – полуторный;
- шрифт – Times New Roman;
- размер шрифта - 14 пт., в том числе в заголовках (в таблицах допускается 10-12 пт.);
- выравнивание текста – «по ширине»;
- поля страницы - левое – 25-30 мм., правое – 10 мм., верхнее и нижнее – 20 мм.;
- нумерация страниц – в правом нижнем углу страницы (для страниц с книжной ориентацией), сквозная, от титульного листа до последней страницы, арабскими цифрами (первой страницей считается титульный лист, на котором номер не ставится, на следующей странице проставляется цифра «2» и т. д.).
- режим автоматического переноса слов, за исключением титульного листа и заголовков всех уровней (перенос слов для отдельного абзаца блокируется средствами MSWord с помощью команды «Формат» – абзац при выборе опции «запретить автоматический перенос слов»).

Если рисунок или таблица размещены на листе формата больше А4, их следует учитывать, как одну страницу. Номер страницы в этих случаях допускается не проставлять.

Список литературы и все *приложения* включаются в общую в сквозную нумерацию страниц работы.

Рекомендации по оформлению графического материала, полученного с экранов в виде «скриншотов»

Графические копии экрана («скриншоты»), отражающие графики, диаграммы моделей, схемы, экранные формы и т. п. должны отвечать требованиям визуальной наглядности представления иллюстративного материала, как по размерам графических объектов, так и разрешающей способности отображения текстов, цветовому оформлению и другим важным пользовательским параметрам.

Рекомендуется в среде программного приложения настроить «экран» на параметры масштабирования и размещения снимаемых для иллюстрации объектов. При этом необходимо убрать «лишние» окна, команды, выделения объектов и т. п.

В перенесенных в отчет «скриншотах» рекомендуется «срезать» ненужные области, путем редактирования «изображений», а при необходимости отмасштабировать их для заполнения страницы отчета «по ширине».

«Скриншоты» в отчете оформляются как рисунки, с заголовками, помещаемыми ниже области рисунков, а в тексте должны быть ссылки на указанные рисунки.

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы по подготовке отчетов к лабораторным работам

Зачтено : работа выполнена, правильно оформлен отчет по лабораторной работе, законченные правильно выполненные расчеты, правильные ответы на теоретические вопросы по теме работы.

Не зачтено : работа выполнена, в отчете ошибки по оформлению, выполненные расчеты содержат ошибки, ответы на теоретические вопросы по теме работы отсутствуют или не полные.

Требования к самостоятельной работе по подготовке к устному опросу по лабораторных работе

При подготовке к устному опросу по лабораторной работе студент должен самостоятельно найти ответы на ряд вопросов.

Вопросы для подготовки к устному опросу по лабораторной работе

Лабораторная работа №1. Построение аналитическим методом математической модели динамики объекта с сосредоточенными параметрами на примере объекта управления уровнем (гидравлической емкости) и математической модели системы управления уровнем с типовыми законами управления

1. Физический смысл уравнения статики объекта.
2. Физический смысл уравнения динамики объекта.
3. Определение передаточной функции.
4. Способ моделирования переходного процесса

Лабораторная работа №2. Построение линейной модели статики процесса методом планирования эксперимента.

1. Понятие фактора эксперимента.
2. Полный факторный эксперимент и дробные реплики.
3. Формулы для вычисления коэффициентов линейного уравнения регрессии.
4. Формулы перехода от факторов к физическим переменным.

Лабораторная работа №3. Применение методов исследования структуры потоков для оценки параметров ячеечной модели.

1. Исходная информация для определения модели гидродинамики потока.
2. Сущность ячеечной модели и вычисление распределения концентрации трассера.
3. Сущность перехода от экспериментальной кривой распределения концентрации к расчетной кривой.

Лабораторная работа №4. Моделирование температурного профиля в трубчатом теплообменнике при прямотоке и при противотоке.

1. Описание теплопередачи от одной среды к другой.
2. Почему статический режим трубчатого теплообменника описывается дифференциальным уравнением?
3. Какой вид принимает математическая модель трубчатого теплообменника при описании его динамики?

Лабораторная работа № 5. Определение оптимального температурного профиля для реактора идеального вытеснения.

1. Сущность скорости химической реакции.
2. Определение константы скорости химической реакции.
3. Физический смысл предэкспоненциального множителя в уравнении Арениуса.
4. Физический смысл энергии активации в уравнении Арениуса.
5. Процедура использования модели идеального смешения при определении температурного профиля реактора идеального вытеснения

Лабораторная работа № 6. Моделирование температурных режимов начала кипения, начала конденсации и эквимолярного деления смеси по моделям Вильсона, НРТЛ и без учёта неидеальности.

1. По какой информации можно определить идеальность (неидеальность) смеси?
2. Выражение константы фазового равновесия для идеальных смесей.
3. Сущность коэффициента активности
4. Существующие модели для вычисления коэффициента активности.

Применимость моделей.

Лабораторная работа № 7. Моделирование состава на ступени массообменного контакта с учётом теплового баланса идеальной смеси.

1. Физический смысл материального баланса для ступени разделения.
2. Физический смысл теплового баланса для ступени разделения.
3. Сущность КПД по Мерффри и их разновидности.
4. Место КПД по Мерффри при определении состава фаз.

Лабораторная работа № 8. Моделирование состава смеси в конденсаторе и в кипятильнике.

1. В чем отличие полного конденсатора от парциального?
2. Есть ли отличия в форме уравнений балансов для ступеней разделения (тарелки) и для конденсатора?
3. Есть ли отличия в форме уравнений балансов для ступеней разделения (тарелки) и для кипятильника?

Лабораторная работа № 9. Моделирование статического режима ректификационной колонны.

1. Способы расчета статического режима ректификационной колонны
2. В чем отличие уравнений материального и теплового баланса для ступени разделения верхней и нижней секции колонны.
3. Требования на завершение расчета статического режима.

Критерии оценки устного опроса при сдаче отчетов лабораторных работ

Зачтено: работа выполнена, правильно и грамотно оформлен отчет по лабораторной работе, законченные правильно выполненные расчеты, правильные ответы на теоретические вопросы по теме работы, владение терминологией.

Не зачтено: работа выполнена, в отчете ошибки по оформлению, выполненные расчеты содержат ошибки, ответы на теоретические вопросы по теме работы отсутствуют или не полные.

Оценка	Описание схемы оценивания
9-10	Демонстрирует полное понимание проблемы. Все требования, предъявляемые к заданию выполнены.
7-8	Демонстрирует значительное понимание проблемы. Все требования, предъявляемые к заданию выполнены.
4-6	Демонстрирует частичное понимание проблемы. Большинство требований, предъявляемых к заданию выполнены.
0-3	Демонстрирует непонимание проблемы. Нет ответа. Не было попытки решить задачу.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине «Моделирование химико-технологических процессов»
Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология
Магистерская программа «Химическая технология функциональных
материалов»
Форма подготовки очная

Владивосток
2018

Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-4 готовностью к использованию методов математического моделирования материалов и технологических процессов, к теоретическому анализу и экспериментальной проверке теоретических гипотез	Знает	методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
	Умеет	применять методы математического анализа и моделирования, строить регрессионные модели, производить оптимизацию процесса
	Владеет	навыками использования основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, навыками проверки адекватность математических моделей
ПК-6 готовностью к совершенствованию технологического процесса - разработке мероприятий по комплексному использованию сырья, по замене дефицитных материалов и изысканию способов утилизации отходов производства, к исследованию причин брака в производстве и разработке предложений по его предупреждению и устранению	Знает	технологические процессы, пути воздействия на технологические процессы, основные нормы ввода и эксплуатации оборудования
	Умеет	анализировать технологический процесс, выявлять недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию, применяет методы математического анализа и моделирования, строить регрессионные модели
	Владеет	способностью участвовать в мероприятиях по совершенствованию технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения, навыками проектировать отдельные узлы и целый технологические схемы с использованием автоматизированных прикладных систем

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Раздел I. Понятия о математическом моделировании химико-технологических процессов	ОПК-4	знает	Защита отчетов по лабораторным работам (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	Вопросы 1-9 экзамена
			умеет	Выполнение 1 лабораторной работы с предоставлением отчетов (ПР-6)	
			владеет	Выполнение 1	

				лабораторной работы с предоставлением отчетов (ПР-6)	
		ПК-6	знает	Защита отчетов по лабораторным работам (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	
	умеет		Выполнение 2 лабораторной работы с предоставлением отчетов (ПР-6)		
	владеет		Выполнение 2 лабораторной работы с предоставлением отчетов (ПР-6)		
2	Раздел II. Математическое моделирование структуры потоков	ОПК-4	знает	Защита отчетов по лабораторным работам (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	Вопросы 10-15 экзамена
			умеет	Выполнение 3 лабораторной работы с предоставлением отчетов (ПР-6)	
			владеет	Выполнение 3 лабораторной работы с предоставлением отчетов (ПР-6)	
		ПК-6	знает	Защита отчетов по лабораторным работам (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	
			умеет	Выполнение 3 лабораторной работы с предоставлением отчетов (ПР-6)	
			владеет	Выполнение 3 лабораторной работы с предоставлением отчетов (ПР-6)	
3	Раздел III	ОПК-4	знает	Защита отчетов по	Вопросы 16-30

	Математическое моделирование тепловых и химических процессов			лабораторным работам (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	экзамена
			умеет	Выполнение 4-5 лабораторных работ с предоставлением отчетов (ПР-6)	
			владеет	Выполнение 4-5 лабораторных работ с предоставлением отчетов (ПР-6)	
		ПК-6	знает	Защита отчетов по лабораторным работам (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	
			умеет	Выполнение 6-7 лабораторных работ с предоставлением отчетов (ПР-6)	
			владеет	Выполнение 6-7 лабораторных работ с предоставлением отчетов (ПР-6)	
4	Раздел IV Математическое моделирование массообменных процессов	ОПК-4	знает	Защита отчетов по лабораторным работам (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	Вопросы 31-38 экзамена
			умеет	Выполнение 8 лабораторной работы с предоставлением отчетов (ПР-6)	
			владеет	Выполнение 8 лабораторной работы с предоставлением отчетов (ПР-6)	
		ПК-6	знает	Защита отчетов по лабораторным работам (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	
			умеет	Выполнение 9 лабораторной	

				работы с предоставлением отчетов (ПР-6)	
			владеет	Выполнение 9 лабораторной работы с предоставлением отчетов (ПР-6)	

Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели	баллы
ОПК-4 готовностью к использованию методов математического моделирования материалов и технологических процессов, к теоретическому анализу и экспериментальной проверке теоретических гипотез	знает (пороговый уровень)	основные знает методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	знает основные особенности методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	способность привести классификацию основных методов математического анализа и моделирования, описать этапы теоретического и экспериментального исследования	61-75
	умеет (продвинутый)	умеет применять методы математического анализа и моделирования, строить регрессионные модели, производить оптимизацию процесса	умеет использовать методы математического анализа и моделирования	способность применить метод регрессионного анализа для решения поставленной задачи, выбрать и применить способ оптимизации технологического процесса	76-85
	владеет (высокий)	владеет навыками использования основных законов естественных дисциплин в профессиональной деятельности, навыками проверки адекватности математических моделей	владеет навыками математической обработки результатов физических и химических экспериментов с целью получения регрессионного уравнения	способен произвести расчет коэффициентов уравнения регрессии первого и второго порядка, исключить незначимые коэффициенты, проверить полученное уравнение регрессии на адекватность относительно физической модели	86-100
ПК-6 готовность к совершенствованию технологического процесса - разработке мероприятий по	знает (пороговый уровень)	технологические процессы, пути воздействия на технологические процессы, основные нормы ввода и экс-	знает основные технологические процессы, типовые возмущающие и управляющие воздействия на процесс	способен привести классификацию технологических процессов, классификацию (вертикальную и горизонтальную) объекта управления, понятие	61-75

<p>комплексному использованию сырья, по замене дефицитных материалов и изысканию способов утилизации отходов производства, к исследованию причин брака в производстве и разработке предложений по его предупреждению и устранению</p>		<p>платации оборудования</p>		<p>локальной системы автоматического управления, классификацию локальных САУ, понятие автоматизированной системы управления, классификацию АСУ</p>	
	<p>умеет (продвинутый)</p>	<p>анализировать технологический процесс, выявлять недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию, применяет методы математического анализа и моделирования, строить регрессионные модели</p>	<p>умеет рассматривать технологический процесс как систему элементов, выявлять недостатки и предлагать варианты его совершенствования</p>	<p>способен применять методы декомпозиции к технологическому процессу для разбиения его на отдельные элементы, устанавливать взаимосвязь элементов, находить «узкие места» технологической схемы, производить изменение технологической схемы эвристическими и эволюционными методами</p>	<p>76-85</p>
	<p>владеет (высокий)</p>	<p>способностью участвовать в мероприятиях по совершенствованию технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения, навыками проектировать отдельные узлы и целые технологические схемы с использованием</p>	<p>владеет навыками работы в коллективе для изменения технологического процесса с целью повышения энерго- и ресурсосбережения, минимизации воздействия на окружающую среду</p>	<p>способен проектировать химико-технологическую систему в составе группы, а именно: -синтез химико-технологической системы, -анализ структуры химико-технологической системы, -расчет химико-технологической системы, -оптимизация химико-технологической системы</p>	<p>86-100</p>

Образец заданий для проверки сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Вопросы	
<p>ОПК-4 готовностью к использованию методов математического моделирования материалов и технологических</p>	<p>Метод планирования эксперимента относится к методу построения математических моделей статистики:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) пассивного эксперимента; 2) активного эксперимента; 3) аналитическому; 4) экспериментально-аналитическому. 	<p>2</p>

процессов, к теоретическому анализу и экспериментальной проверке теоретических гипотез	<p>Метод планирования эксперимента предназначен для:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) проверки адекватности модели статики объекта; 2) проверки адекватности модели динамики объекта; 3) определения коэффициентов уравнения регрессии и проверки его адекватности; 4) определения коэффициентов уравнения регрессии. 	3
	<p>Коэффициент корреляции характеризует наличие между двумя переменными связи:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) любой; 2) нелинейной; 3) линейной; 4) параболической. 	3
	<p>Статическое состояние объекта моделирования характеризуется:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) стабильностью воздействий; 2) нулевыми значениями скоростей изменения переменных, характеризующих объект моделирования; 3) постоянством конструктивных параметров объекта моделирования; 4) равенством в любой точке объекта моделирования значений переменных, характеризующих состояние объект моделирования. 	2
	<p>Критерий адекватности математической модели оценивает близость:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) входных и выходных переменных на исследуемом объекте и на математической модели; 2) выходных переменных на исследуемом объекте и на математической модели при одних и тех же значениях входных переменных; 3) параметров объекта и математической модели; 4) выходных переменных на исследуемом объекте и на математической модели при одних и тех же значениях входных переменных и параметров объекта и математической модели. 	4
ПК-6 готовностью к совершенствованию технологического процесса - разработке мероприятий по комплексному использованию сырья, по замене дефицитных материалов и изысканию способов утили-	<p>Запас устойчивости по модулю показывает, на какую величину нужно увеличить:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) коэффициент усиления замкнутой системы, чтобы она вышла на границу устойчивости; 2) коэффициент усиления разомкнутой системы, чтобы замкнутая система вышла на границу устойчивости; 3) амплитуду АФХ разомкнутой системы на частоте $\omega_{\text{п}}$, чтобы она вышла на границу устойчивости; 4) амплитуду АФХ замкнутой системы на частоте $\omega_{\text{п}}$, чтобы она вышла на границу устойчивости. 	3

зации отходов производства, к исследованию причин брака в производстве и разработке предложений по его предупреждению и устранению	<p>Степенью затухания связана со степенью колебательности соотношением:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) $\psi = e^{-2\pi \cdot m}$; 2) $\psi = e^{2\pi \cdot m}$; 3) $\psi = 1 - e^{-2\pi \cdot m}$; 4) $\psi = 1 - e^{2\pi \cdot m}$. 	3
	<p>Прохождение расширенной АФХ разомкнутой системы для $S = -m_1 \omega + j \omega$ через точку $(-1, j0)$ свидетельствует о том, что система:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) устойчива; 2) имеет степень колебательности $m = m_1$; 3) имеет степень колебательности не ниже m_1 ; 4) имеет степень колебательности не выше m_1 . 	2
	<p>Интегральная оценка называется обобщенной:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) $I = \int_0^{\infty} y(t) \cdot t^m dt$; 2) $I = \int_0^{\infty} y(t) dt$; 3) $I = \int_0^{\infty} [y^2(t) + \tau^2 \cdot \dot{x}(t)] dt$; 4) $I = \int_0^{\infty} y^2(t) dt$. 	3
	<p>Максимальное быстродействие в системе регулирования достигается при использовании:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) П-регулятора; 2) И-регулятора; 3) ПИ-регулятора; 4) ПД-регулятора. 	4

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

Промежуточная аттестация студентов. Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Моделирование химико-технологических процессов» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной. Формой проведения промежуточной аттестации является экзамен.

Оценка сформированных компетенций осуществляется при выполнении лабораторных работ, при сдаче теоретической части дисциплины (промежуточные тесты, устные опросы). К экзамену допускаются студенты,

выполнившие все лабораторные работы, сдавшие все отчеты и теоретический материал по теме лабораторных работ.

Оценочные средства для промежуточной аттестации

1 Вопросы к экзамену

1. Методы составления математических моделей х.т.п. Сущность этих методов. Область применения.

2. Виды мат. моделей по состоянию объекта моделирования. Мат. форма этих моделей

3. Требования, предъявляемые к точности мат. моделей. Оценка точности мат. моделей в мат. форме.

4. Основные переменные, характеризующие объекты мат. моделирования. Формы мат. связи между ними.

5. Сущность мат. моделей типа «вход-выход» и в переменных состояниях.

6. Состав мат. модели для моделирования объектов с сосредоточенными параметрами и с распределенными параметрами. Пример.

7. Сущность блочного принципа построения мат. модели х.т.п. Содержание блоков.

8. Основные этапы построения мат. модели х.т.п.

9. Сущность изоморфности мат. моделей. Примеры

10. Особенности мат. моделей х.т.п.

11. Последовательность построения математической модели статики объекта с одной входной и одной выходной переменной методом активного эксперимента. Выбор вида функции, связывающей выходящую и входящую переменные и способы определения ее коэффициентов (параметров).

12. Сущность метода сглаживания статической характеристики скользящим средним. Область его применения.

13. Сущность метода планирования эксперимента. Область его применения. Кодирование переменных. Состав полного факторного эксперимента. Свойства матрицы планирования.

14. Сущность дробных реплик. Их назначение. Формирование дробных реплик.

15. Определение коэффициентов линейной модели для объекта с одной выходной и несколькими входными переменными.

16. Оценка значимости коэффициентов и оценка адекватности линейной модели.
17. Содержание экспериментального метода построения математической модели динамики объекта.
18. Выбор вида математической модели статики объекта (уравнение регрессии) при использовании пассивного эксперимента.
19. Определение коэффициентов уравнение регрессии при использовании пассивного эксперимента.
20. Проверка значимости коэффициентов уравнении регрессии. Проверка адекватности уравнения регрессии.
21. Сущность влияния структуры потоков в технологическом аппарате на результат его функционирования. Типовые математические модели структуры потоков. Их особенности.
22. Условие применения модели идеального смешения (перемешивания). Вывод модели. Ее применение для химического реактора и для теплообменника.
23. Условие применения модели идеального вытеснения. Вывод модели. Ее применение для химического реактора и для теплообменника.
24. Условие применения ячеечной модели. Вывод модели. Ее применение для химического реактора.
25. Условие применения диффузионной модели. Вывод модели. Ее применение для химического реактора и для теплообменника.
26. Сущность комбинированных моделей структуры потоков. Условие их применения.
27. Последовательность обработки импульсного возмущения с целью определения параметров гидродинамической модели.
28. Математическая модель теплообменника с сосредоточенными параметрами. Уравнение статики. Уравнение динамики. Передаточная функция теплообменника с сосредоточенными параметрами.
29. Математическая модель теплообменника с распределёнными параметрами. Уравнение статики. Уравнение динамики. Передаточная функция теплообменника с распределёнными параметрами
30. Алгоритм расчета теплообменника по схеме смешение – вытеснение.
31. Основные составляющие равновесия для системы: пар-жидкость, газ – жидкость, жидкость– жидкость.
32. Форма описания парожидкостного равновесия для процесса ректификации, равновесие газ – жидкость для процесса абсорбции, жидкость – жидкость для процесса экстракции.

33. Учет неидеальности при расчете парожидкостного равновесия для процесса ректификации.

34. Математическая модель статики простой ректификационной колонны, включая куб и дефлегматор.

35. Поверочный расчет простой ректификационной колонны.

36. Математическая модель динамики простой ректификационной колонны. Методы расчета динамики простой ректификационной колонны.

37. Математическая модель статики абсорбера. Алгоритм поверочного расчета абсорбера.

38. Математическая модель экстрактора. Алгоритм поверочного расчета экстрактора.

Критерии оценки к экзамену

Отметка "Отлично"

1. Дан полный и правильный ответ на основе самостоятельно изученного материала и проведенных ранее лабораторных и практических работ.

2. Материал понят и изучен.

3. Материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком.

4. Ответ самостоятельный.

Отметка "Хорошо"

1, 2, 3 – аналогично отметке "Отлично".

5. Допущены 2-3 несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя, наблюдалась "шероховатость" в изложении материала.

Отметка "Удовлетворительно"

1. Учебный материал, в основном, изложен полно, но при этом допущены 1-2 существенные ошибки.

2. Ответ неполный, хотя и соответствует требуемой глубине, построен несвязно.

Отметка "Неудовлетворительно"

1. Незнание или непонимание большей или наиболее существенной части учебного материала.

2. Допущены существенные ошибки, которые не исправляются после уточняющих вопросов, материал изложен несвязно.

2 Пример экзаменационного билета

Билет №1

Задание 1

Требования, предъявляемые к точности математических моделей. Оценка точности математических моделей в математической форме.

Задание 2

Сущность метода сглаживания статической характеристики скользящим средним. Область его применения.

Задание 3

Форма описания парожидкостного равновесия для процесса ректификации, равновесие газ – жидкость для процесса абсорбции, жидкость – жидкость для процесса экстракции.

Оценочные средства для текущей аттестации

Текущая аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине проводится в форме контрольных мероприятий по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется преподавателем.

1. Устный опрос по темам лабораторных работ

Устный опрос (собеседование) проводится по теории, вынесенной на самостоятельное изучение в соответствии с темой лабораторной работы.

Критерии оценки устного опроса при сдаче отчетов лабораторных работ

Зачтено: работа выполнена, правильно и грамотно оформлен отчет по лабораторной работе, законченные правильно выполненные расчеты, правильные ответы на теоретические вопросы по теме работы, владение терминологией.

Не зачтено: работа выполнена, в отчете ошибки по оформлению, выполненные расчеты содержат ошибки, ответы на теоретические вопросы по теме работы отсутствуют или не полные.

Оценка	Описание схемы оценивания
9-10	Демонстрирует полное понимание проблемы. Все требования, предъявляемые к заданию выполнены.
7-8	Демонстрирует значительное понимание проблемы. Все требования, предъявляемые к заданию выполнены.
4-6	Демонстрирует частичное понимание проблемы. Большинство требований, предъявляемых к заданию выполнены.
0-3	Демонстрирует непонимание проблемы. Нет ответа. Не было попытки решить задачу.

2. Типовые тестовые задания

Пример тестового задания

1. Модель есть объект - заменитель объекта оригинала, который
 - 1)отражает его основные свойства.
 - 2)полностью отражает его свойства.
 - 3)имеет те же входные и выходные переменные, что и объект оригинал.
 - 4)воспроизводит такой же вид зависимостей между переменными, что и объект оригинал.

2. Входные переменные есть переменные, которые являются
 - 1)внешними воздействиями.
 - 2)управляющими воздействиями.
 - 3)возмущающими воздействиями.
 - 4)преобразованными воздействиями внешней среды.

3. Объект управления есть объект
 - 1)в котором протекает управляемый процесс.
 - 2)который воспринимает воздействия возмущений и управлений.
 - 3)который формирует переменные состояния.
 - 4)который формирует выходные переменные.

Критерии оценки тестирования

Оценивание проводится по двадцатибалльной шкале.

Отметка "Отлично"

По результатам работы набрано 20-18 баллов.

Отметка "Хорошо"

По результатам работы набрано 17-15 баллов.

Отметка "Удовлетворительно"

По результатам работы набрано 15-11 баллов.

Отметка "Неудовлетворительно"

По результатам работы набрано менее 11 баллов.