Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 02.10.2023 16:05:10
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет химической технологии и биотехнологии

УТВЕРЖДАЮ

И.о. декана

_____ /А.С. Соколов/

«30» мая 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Математическое моделирование биотехнологических процессов и систем

Направление подготовки
19.03.01 Биотехнология

Профиль
Биотехнология

Квалификация
Бакалавр

Формы обучения
Очная

Москва, 2023

Разработчик(и):

Доцент кафедры ТНТ, канд. техн. наук, доцент  /Д.В.Зубов/

Согласовано:
Заведующий кафедрой «ХимБиотех»,
д.б.н., проф.  /Т.И. Громовых/

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 5
3. Структура и содержание дисциплины 5
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 10
5. Материально-техническое обеспечение 11
6. Методические рекомендации 11
7. Фонд оценочных средств 12

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Автоматизированные системы управления биотехнологическими процессами» является
– формирование у студентов знаний и умений в области построения математических моделей химико-технологических и биотехнологических процессов.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Математическое моделирование биотехнологических процессов и систем» следует отнести:

– формирование умений в области численного моделирования технологических процессов и обработки экспериментальных данных.

– получение представления об основных топологиях химико- технологических процессов;

– получение представления об автоматизированном моделировании биотехнологических процессов и систем.

Обучение по дисциплине «Математическое моделирование биотехнологических процессов и систем» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Способен проводить работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований	ИПК-1. Знает методы планирования и организации исследований и разработок, методы анализа и обобщения отечественного и международного опыта в своей области исследований. ИПК-2. Умеет применять нормативную документацию в соответствующей области знаний, оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, применять методы анализа научно-технической информации ИПК-3. Способен анализировать научно-технической информации, проводить эксперименты, обрабатывать и обобщать полученные данные
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	ИУК-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие ИУК-1.2. Осуществляет поиск, критически оценивает, обобщает, систематизирует и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи ИУК-1.3. Рассматривает и предлагает рациональные варианты решения поставленной задачи, используя системный подход, критически оценивает их достоинства и недостатки

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Математическое моделирование биотехнологических процессов и систем» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 основной образовательной программы бакалавриата.

«Математическое моделирование биотехнологических процессов и систем» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

- «Высшая математика»;
- «Физика».

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при изучении следующих дисциплин (практик):

- Б2.2.2 «Производственная практика (преддипломная)»;
- Б.3.1 «Выпускная квалификационная работа».

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы (72 часа).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость
(по формам обучения)

3.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			6
1	**Аудиторные занятия**	**36**	**36**
	В том числе:		
1.1	Лекции	18	18
1.2	Семинарские/практические занятия		
1.3	Лабораторные занятия	18	18
2	**Самостоятельная работа**	**36**	**36**
	В том числе:		
2.1	Проработка лекционного материала	18	18
2.2	Подготовка к семинарам	18	18
3	**Промежуточная аттестация**		
	Зачет	Зачет	Зачет
	Итого	**72**	72

3.2 Тематический план изучения дисциплины
(по формам обучения)

3.2.1. Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	

1.	Введение. Основы математического моделирования		2		0		2
2.	Построение гидродинамических моделей		2		2		4
3.	Построение моделей тепловых процессов		2		2		4
4.	Построение моделей массообменных процессов		2		0		4
5.	Построение моделей химических и биотехнологических процессов		4		4		4
6.	Построение аналитических моделей с использованием программных средств		0		4		8
7.	Параметрическая идентификация		2		2		4
8.	Проверка адекватности моделей		2		0		2
9.	Структурная идентификация		2		2		2
10.	Построение экспериментальных моделей с использованием программных средств		0		2		2
	Итого	**72**	**18**	**18**			**36**

3.3 Содержание дисциплины

Тема 1. Основы математического моделирования

Требования, предъявляемые к математическим моделям. Этапы построения моделей. Аналитические, экспериментальные, экспериментально-аналитические модели, их особенности, преимущества и недостатки. Идентификация модели. Параметрическая идентификация. Проверка адекватности модели. Модели статики и динамики.

Тема 2. Построение гидродинамических моделей

Методика составления балансовых уравнений для объекта с сосредоточенными и распределенными координатами. Построение модели гидродинамической модели, содержащей элементы идеального смешения и идеального вытеснения с байпасом и циркуляцией. Диффузионная и ячеечная модели.

Тема 3. Построение моделей тепловых процессов

Модели теплообменников. Теплообменник идеального смешения с рубашкой идеального смешения. Теплообменник идеального вытеснения с рубашкой идеального вытеснения. Кожухотрубный теплообменник. Кожухотрубный секционированный теплообменник. Теплообменник ИС -ИВ. Модель регенеративного теплообменника.

Тема 4. Построение моделей массообменных процессов

Модель адсорбционно-десорбционного процесса. Модель абсорбционно-десорбционного процесса. Модель ректификационной колонны. Модель сушки в псевдоожиженном слое.

Тема 5. Построение моделей биотехнологических и химических процессов

Модель химического реактора с мешалкой и рубашкой. Модели роста, биосинтеза, отмирания биомассы. Модель процессов в биотехнологических аппаратах в режиме идеального смешения.

Тема 6. Построение аналитических моделей с использованием программных средств

Работа в среде LabVIEW. Построение интерфейса пользователя для использования модели, построение блок-диаграммы программы моделирования. Использование встроенных и создание пользовательских подприборов.

Тема 7. Параметрическая идентификация

Регрессионный анализ, основные допущения. Определение параметров линейного уравнения регрессии методом наименьших квадратов. Определение параметров линейного уравнения регрессии с использованием статистических характеристик. Определение параметров линейного уравнения регрессии в матричной форме. Таблица дисперсионного анализа. Определение наличия регрессионной зависимости с использованием F - отношения. Методы последовательного уточнения структуры регрессионного уравнения: метод включений, метод исключений, метод пошаговой регрессии

Тема 8. Проверка адекватности моделей

Понятие о законах распределения: нормальное, "Хи-квадрат", Стьюдента и Фишера. Понятие о статистических гипотезах и методах их проверки. Р- значение. Оценки случайных величин, требования к ним.

Тема 9. Структурная идентификация

Проверка значимости параметров. Множественный коэффициент корреляции. Понятие о частном коэффициенте корреляции. Определение его значимости.

Тема 10. Построение экспериментальных моделей с использованием программных средств

Работа в среде Matcad. Использование функций работы с матрицами, статистическими распределениями, дифференциальными уравнениями для моделирования.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Семинарские/практические занятия

нет.

3.4.2. Лабораторные занятия

1. Построение гидродинамических моделей
2. Построение моделей тепловых процессов
3. Построение моделей химических и биотехнологических процессов
4. Построение аналитических моделей с использованием программных средств
5. Параметрическая идентификация
6. Структурная идентификация
7. Построение экспериментальных моделей с использованием программных средств

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Курсовые проекты и курсовые работы не предусмотрены.

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ Р 59793-2021 Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания

2. ГОСТ 21.408-2013 Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов

3. ГОСТ 21.208—2013 Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах

4.2 Основная литература

1. Ахметов, Н.С. Математическое моделирование биотехнологических процессов и систем. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – СПб. : Лань, 2014. – 752 с. – URL: http://e.lanbook.com/book/50684.

4.3 Дополнительная литература

1. Кафаров, В. В. Математическое моделирование основных процессов химических производств : учебное пособие для академического бакалавриата / В. В. Кафаров, М. Б. Глебов. — 2-е изд., перераб. И доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 403 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-07524-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: https://biblio-online.ru/bcode/441786

4.4 Электронные образовательные ресурсы

ЭОР не разработан.

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. Программы пакета Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint).

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Нет.

5. Материально-техническое обеспечение

Класс базовых информационных процессов и технологий АВ4403: учебная мебель, доска. Персональные компьютеры, объединенные в корпоративную вычислительную сеть и имеющие выход в сеть «Интернет».

Лекционная аудитория: учебная мебель, мультимедийный проектор, ноутбук. Мультимедийная интерактивная доска ScreenMedia.

Реализация образовательной программы обеспечивается доступом каждого студента к информационным ресурсам – библиотечному фонду и сетевым ресурсам Интернет.

6. Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Основным требованием к преподаванию дисциплины является творческий, проблемно-диалоговый интерактивный подход, позволяющий повысить интерес студентов к содержанию учебного материала.

Основная форма изучения и закрепления знаний по этой дисциплине – практическая. Преподаватель должен последовательно провести ряд практических занятий, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение семинарских занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Основу учебных занятий по дисциплине составляют практические занятия. В процессе обучения студентов используются различные виды учебных занятий (аудиторных и внеаудиторных): семинарские занятия, консультации и т.д. На первом занятии по данной учебной дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения, раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к практическим занятиям по курсу «Информационные технологии в биотехнологии и биоинженерии» необходимо продумать план их проведения, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме практического занятия, определить средства материально-технического обеспечения занятия и порядок их использования.

В ходе практического занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Во время первого занятия обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение, в последующих занятиях необходимо увязать ее тему с предыдущими, не нарушая логики изложения учебного материала. Занятие следует начинать, только чётко обозначив её характер, тему и круг тех вопросов, которые в её ходе будут рассмотрены.

В заключительной части занятия необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех поставленных вопросов. Объявить план очередного семинарского занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к семинару.

При этом во всех частях занятия необходимо вести диалог со студентами и давать студентам возможность дискутировать между собой.

Цель практических занятий обеспечить контроль усвоения учебного материала студентами, расширение и углубление знаний, полученных ими в ходе самостоятельной работы. Повышение эффективности практических занятий достигается посредством создания творческой обстановки, располагающей студентов к высказыванию собственных взглядов и суждений по обсуждаемым вопросам, желанию у студентов поработать у доски при решении задач.

После каждого практического занятия сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу.

В практических необходимо вести диалог со студентами и давать студентам возможность дискутировать между собой.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Успешное изучение курса требует посещения и активной работы на семинарских занятиях, выполнения всех учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой. Обучающемуся необходимо регулярно отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

Каждый студент должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала.

Важно полнее учесть обстоятельства своей работы, уяснить, что является главным на данном этапе, какую последовательность работы выбрать, чтобы выполнить ее лучше и с наименьшими затратами времени и энергии.

Для плодотворной работы немаловажное значение имеет обстановка, организация рабочего места. Нужно добиться, чтобы место работы по возможности было постоянным. Работа на привычном месте делает ее более плодотворной. Продуктивность работы зависит от правильного чередования труда и отдыха. Поэтому каждые час или два следует делать перерыв на 10-15 минут.

При самостоятельной проработке домашних заданий и написания индивидуальных работ студентам рекомендуется пользоваться библиотечным фондом литературы (учебниками и периодическими изданиями), а также методическими указаниями по выполнению самостоятельных работ.

7. Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Сформированность компетенций при изучении дисциплины определяется посредством оценки соответствия ответов и/или выполнения заданий заявленным индикаторам в рамках мероприятий текущего контроля и промежуточной аттестации (зачета).

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Формы промежуточной аттестации: зачет.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачета проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине, при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине выставляется оценка «зачтено», «не зачтено»».

Шкала оценивания	Описание
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при

	аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

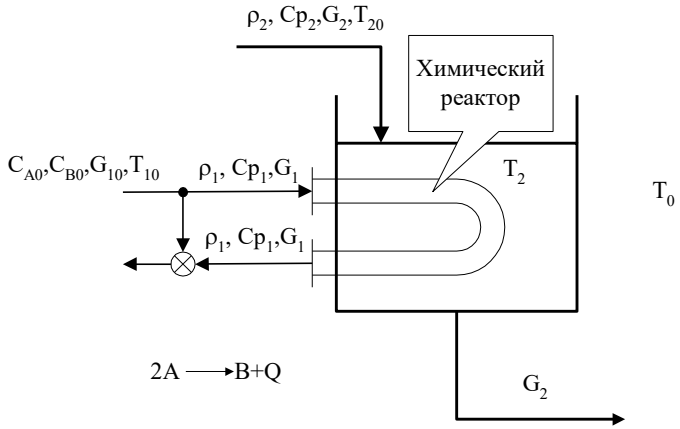
7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль
Для текущего контроля используются контрольные работы.

Образцы контрольных работ для рубежного контроля

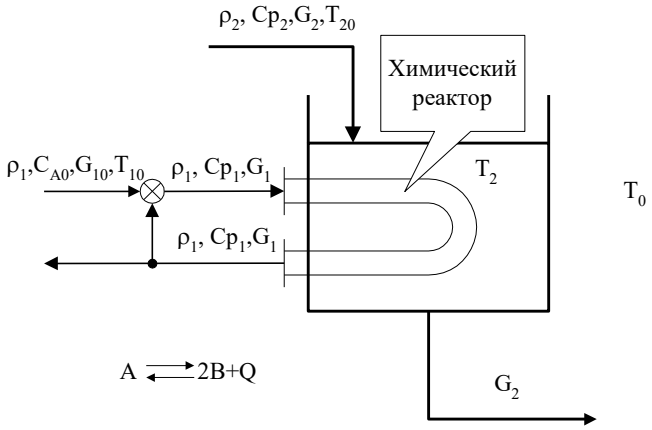
Вариант 1 ……..…..……..

Задание 1. Выделить зоны с однотипным гидродинамическим режимом, ввести недостающие обозначения, записать уравнения материальных и энергетических балансов.



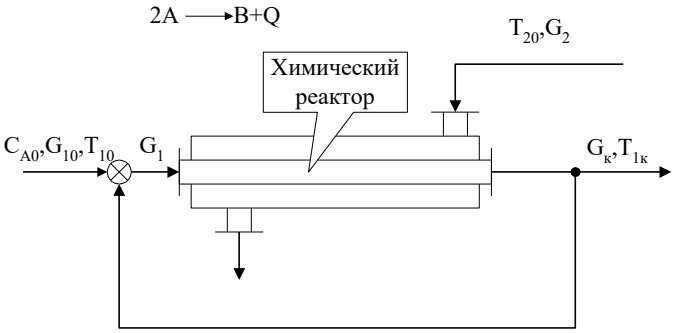
Вариант 2 ……..……..…..…….

Задание 1. Выделить зоны с однотипным гидродинамическим режимом, ввести недостающие обозначения, записать уравнения материальных и энергетических балансов.



Вариант 3 …….

Задание 1. Выделить зоны с однотипным гидродинамическим режимом, ввести недостающие обозначения, записать уравнения материальных и энергетических балансов.



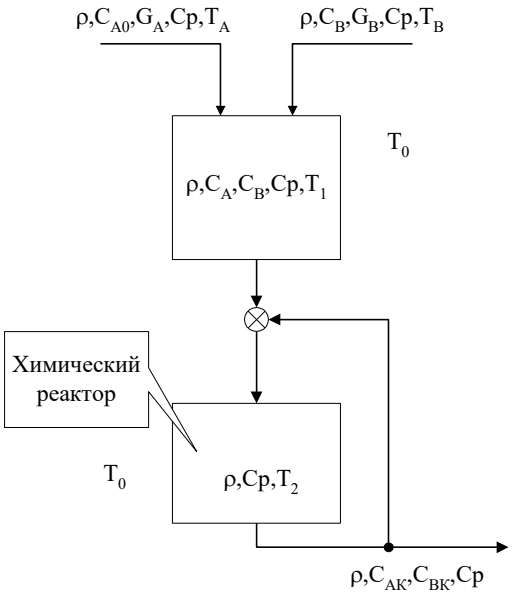
Вариант 4 …….

Задание 1. Выделить зоны с однотипным гидродинамическим режимом, ввести недостающие обозначения, записать уравнения материальных и энергетических балансов.



Вариант 5 …….

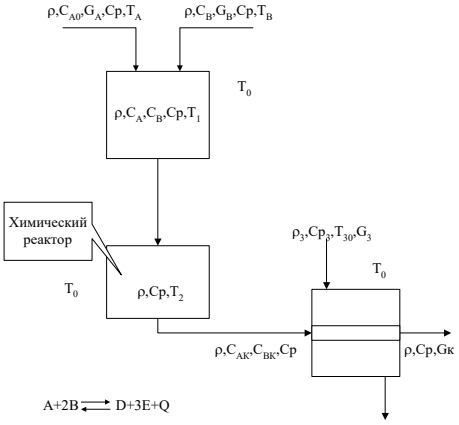
Задание 1. Выделить зоны с однотипным гидродинамическим режимом, ввести недостающие обозначения, записать уравнения материальных и энергетических балансов.



$A+2B \rightleftharpoons D+3E+Q$

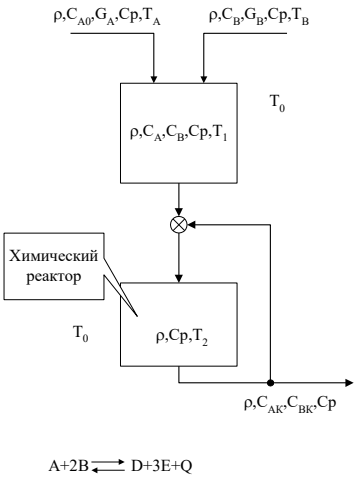
Вариант 6 ……

Задание 1. Выделить зоны с однотипным гидродинамическим режимом, ввести недостающие обозначения, записать уравнения материальных и энергетических балансов.



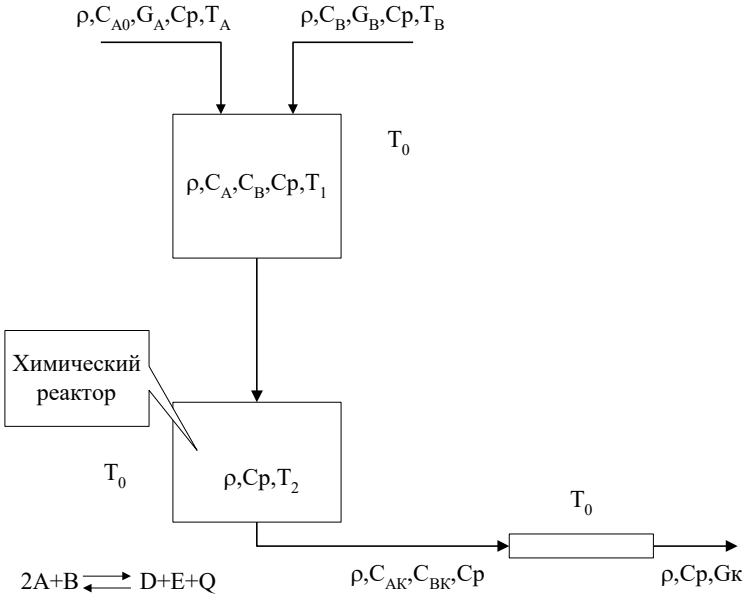
Вариант 7 ……

Задание 1. Выделить зоны с однотипным гидродинамическим режимом, ввести недостающие обозначения, записать уравнения материальных и энергетических балансов.



Вариант 8 …….

Задание 1. Выделить зоны с однотипным гидродинамическим режимом, ввести недостающие обозначения, записать уравнения материальных и энергетических балансов.



Критерии оценки:

оценка «отлично» выставляется студенту, если правильно выделены зоны и звенья, записаны допущения, введены все необходимые обозначения, указаны размерности используемых величин, записаны уравнения материальных балансов по всем компонентам, записаны уравнения энергетических балансов, указаны начальные и граничные условия, уравнения преобразованы до вида, позволяющего провести аналитическое/численное решение, заданы уравнения связи между переменными.

- оценка «хорошо» имеются отдельные пробелы в размерностях или начальных/граничных условиях, все уравнения верно записаны, но не преобразованы до необходимого состояния.
- оценка «удовлетворительно» пропущены некоторые уравнения или имеются отдельные несогласованности в размерностях, объект правильно разбит на зоны и введена большая часть обозначений, имеются пробелы в допущениях.
- оценка «неудовлетворительно» объект неправильно разбит на зоны, допущения или размерности не соответствуют уравнениям модели, существенные пробелы или ошибки в уравнениях модели.

Образцы домашних контрольных работ для рубежного контроля

Вариант 1 ……..…….

Задание 1. Построить по экспериментальным данным модели вида $y = b_0 + b_1 x_1$, сделать вывод об её адекватности

	x1	y
1	0,5	7,22
2	0,5	6,6
3	1	8,46
4	7,5	23,85
5	2	10,32
6	1,5	9,09
7	2	10,69
8	8,5	26,3
9	8	25,56
10	2,5	12,16
11	0,5	6,97
12	7,5	23,87
13	4	15,14
14	2	10,83
15	3	13,21
16	6,5	21,78
17	6	20,36
18	7	22,62
19	3	12,68
20	5	18,3
21	5	18,27
22	5	17,64
23	5	18,37
24	5	17,66

Задание 2. Определить структуру и параметры модели, сделать вывод об её адекватности

X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y
2,64	0,48	4,67	-1,00	4,67	-1,00	20,98
2,13	0,85	1,99	0,91	2,49	0,61	14,98
4,27	-0,90	0,57	0,54	2,82	0,32	12,45
0,03	0,03	2,50	0,60	2,40	0,68	11,87
4,94	-0,97	1,27	0,96	2,80	0,33	17,84
4,02	-0,77	0,67	0,62	3,37	-0,23	12,60
3,57	-0,42	1,64	1,00	3,77	-0,59	16,70
3,41	-0,27	0,45	0,43	5,56	-0,66	9,94
1,03	0,86	0,13	0,13	2,97	0,17	2,98
0,67	0,62	5,53	-0,68	0,13	0,13	21,41
1,66	1,00	4,32	-0,92	4,85	-0,99	17,84
0,52	0,50	0,22	0,22	5,64	-0,60	2,59

2,67	0,45	2,25	0,78	1,30	0,96	16,68
5,36	-0,80	5,99	-0,29	4,49	-0,98	33,82
0,18	0,18	0,75	0,68	2,36	0,70	5,42
4,72	-1,00	1,28	0,96	5,02	-0,95	17,44
3,95	-0,72	3,60	-0,44	4,04	-0,78	20,99
2,51	0,59	4,31	-0,92	2,12	0,85	19,52
2,30	0,75	0,89	0,78	4,36	-0,94	10,50
5,47	-0,73	1,45	0,99	1,90	0,95	19,72

Вариант 2. Построить по экспериментальным данным модели вида $y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2$, сделать вывод об её адекватности

	x1	x2	y
1	10	6	33,96
2	2,5	8	11,46
3	6,5	2	32,04
4	3	6,5	15,11
5	7	3,5	30,81
6	1,5	6,5	11,81
7	4,5	4	23,79
8	3,5	6	17,36
9	1	8,5	6,62
10	7,5	0,5	36,89
11	7,5	1	36,84
12	9,5	10	25,18
13	5,5	7,5	19,90
14	4	8	15,54
15	2,5	3	20,25
16	9,5	9,5	26,03
17	9,5	2,5	38,76
18	7	4,5	29,21
19	9,5	3	38,17
20	3	4,5	19,03
21	3	4,5	18,80
22	3	4,5	19,19
23	3	4,5	19,31
24	3	4,5	18,51

Задание 2. Определить структуру и параметры модели, сделать вывод об её адекватности

X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y
1,89	0,95	4,53	-0,98	5,34	-0,81	18,97
0,71	0,65	4,70	-1,00	0,28	0,28	17,23
2,56	0,55	4,63	-1,00	2,61	0,51	20,67
3,83	-0,64	2,85	0,29	2,61	0,51	19,94
3,57	-0,42	4,77	-1,00	2,18	0,82	23,23

1,76	0,98	0,74	0,67	3,30	-0,16	8,50
3,80	-0,61	3,96	-0,73	1,67	1,00	21,25
3,73	-0,56	4,23	-0,89	0,85	0,75	21,72
2,91	0,23	2,53	0,57	4,27	-0,90	17,68
2,21	0,80	1,91	0,94	3,12	0,02	14,89
4,09	-0,81	2,07	0,88	5,82	-0,45	19,11
5,07	-0,94	3,08	0,06	4,15	-0,85	22,65
3,97	-0,74	1,86	0,96	5,76	-0,50	18,28
0,55	0,52	4,76	-1,00	0,29	0,29	17,16
0,35	0,34	5,31	-0,83	5,75	-0,51	19,46
0,81	0,72	5,64	-0,60	4,64	-1,00	22,39
1,05	0,87	4,45	-0,97	2,39	0,68	17,02
2,34	0,72	3,69	-0,52	2,89	0,25	17,89
0,23	0,23	0,39	0,38	3,87	-0,67	3,16
5,83	-0,44	5,04	-0,95	0,23	0,23	28,99

Вариант 3 ……………………………..…..………………………………………………….

Задание 1. Построить по экспериментальным данным модели вида $y = b_1 x_1 + b_2 x_2$, сделать вывод об её адекватности

	x1	x2	y
1	6,7	9,7	33,02
2	4,9	6,1	22,26
3	9,7	10	41,28
4	2,3	8,3	19,69
5	2,3	0,6	5,84
6	3,4	7,4	20,9
7	3,5	8,1	22,19
8	8,8	6,4	32,53
9	4,1	8,8	25,05
10	2,9	4,8	14,91
11	7,6	9,9	35,75
12	5,7	2,5	17,83
13	6,4	0,2	15,32
14	3,3	1,4	9,73
15	1,7	3,6	9,69
16	9,1	5,1	30,86
17	10	7,6	37,67
18	3,4	5,7	17,71
19	4	9,9	26,87
20	2,6	8	20,01
21	2,6	8	19,95
22	2,6	8	19,9
23	2,6	8	19,9
24	2,6	8	19,93

Задание 2. Задание 2. Определить структуру и параметры модели, сделать вывод об её адекватности

X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y
5,08	-0,93	3,19	-0,05	0,75	0,68	64,83
1,38	0,98	2,20	0,81	2,27	0,77	38,62
0,27	0,27	1,40	0,99	5,26	-0,85	39,41
2,64	0,48	5,16	-0,90	3,47	-0,32	77,12
4,29	-0,91	0,50	0,48	2,60	0,52	47,04
4,57	-0,99	2,19	0,81	0,61	0,57	52,58
2,30	0,75	3,36	-0,22	2,64	0,48	56,18
2,36	0,70	0,90	0,78	0,10	0,10	24,23
1,02	0,85	2,47	0,62	2,53	0,57	39,55
0,95	0,81	5,21	-0,88	0,93	0,80	52,98
4,57	-0,99	0,77	0,70	3,68	-0,51	56,55
4,48	-0,97	2,87	0,27	1,10	0,89	59,82
2,81	0,33	1,04	0,86	5,23	-0,87	54,15
5,50	-0,71	4,55	-0,99	1,57	1,00	82,75

1,57	1,00	1,76	0,98	0,45	0,43	27,33
0,94	0,81	3,85	-0,65	0,76	0,69	41,19
4,71	-1,00	1,54	1,00	3,56	-0,41	63,10
5,06	-0,94	3,95	-0,72	3,72	-0,55	85,62
0,42	0,41	5,68	-0,57	2,61	0,51	61,43
1,52	1,00	4,22	-0,88	0,10	0,10	44,91

Вариант 4 …….

Задание 1. Построить по экспериментальным данным модели вида $y = b_0 + b_1 x_1$, сделать вывод об её адекватности

	x1	y
1	7	22,79
2	4,5	16,09
3	3,5	13,75
4	1,5	8,56
5	6,5	21,13
6	5,5	18,69
7	5	17,62
8	4,5	16,14
9	7	22,59
10	6,5	21,36
11	6	20,05
12	3,5	13,73
13	8	25,02
14	8,5	26,27
15	3	12,58
16	8,5	26,44
17	6,5	21,2
18	4,5	16,11
19	9	27,43
20	5,5	18,81
21	5,5	18,68
22	5,5	18,64
23	5,5	18,81
24	5,5	18,83

Задание 2. Задание 2. Определить структуру и параметры модели, сделать вывод об её адекватности

X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y
3,37	-0,23	1,91	0,94	2,18	0,82	5,17
4,53	-0,98	1,29	0,96	1,75	0,98	6,23
3,45	-0,30	3,24	-0,10	2,78	0,35	7,80
0,22	0,22	5,34	-0,81	5,33	-0,82	5,58
1,86	0,96	2,54	0,57	0,22	0,22	6,30
3,46	-0,31	4,16	-0,85	3,68	-0,51	12,58
3,30	-0,16	0,27	0,27	1,76	0,98	4,18

4,88	-0,99	4,92	-0,98	5,06	-0,94	17,86
5,27	-0,85	4,12	-0,83	0,88	0,77	9,88
1,72	0,99	1,31	0,97	5,95	-0,33	8,94
0,51	0,49	5,96	-0,32	5,46	-0,73	6,55
4,73	-1,00	1,98	0,92	4,16	-0,85	16,89
0,87	0,76	2,11	0,86	1,79	0,98	-1,21
5,35	-0,80	2,76	0,37	2,44	0,65	10,91
4,72	-1,00	2,15	0,84	2,44	0,65	8,62
0,04	0,04	0,48	0,46	1,85	0,96	-5,09
1,16	0,92	3,89	-0,68	4,87	-0,99	10,75
1,27	0,96	2,34	0,72	3,30	-0,16	6,59
3,94	-0,72	0,60	0,56	2,51	0,59	7,15
4,35	-0,94	4,95	-0,97	2,33	0,73	7,20

Вариант 5 …….

Задание 1. Построить по экспериментальным данным модели вида $y = b_0 + b_1 x_1$, сделать вывод об её адекватности

	x1	y
1	3	14,1
2	4	17,55
3	1,5	7,85
4	6	26,15
5	4	18,15
6	5	22,25
7	6	26,45
8	5,5	24,15
9	7	30,15
10	0,5	3,65
11	8	33,9
12	2,5	12
13	8,5	36,2
14	3	13,85
15	0,5	4,45
16	1	6,05
17	3,5	16,45
18	8,5	36,45
19	9	37,9
20	7	30,5
21	7	30,35
22	7	29,75
23	7	29,9
24	7	29,65

Задание 2. Задание 2. Определить структуру и параметры модели, сделать вывод об её адекватности

X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y
4,20	-0,87	3,47	-0,32	0,67	0,62	30,13
2,82	0,32	1,87	0,96	4,91	-0,98	-0,56
5,68	-0,57	0,54	0,51	2,90	0,24	-5,27
5,93	-0,35	4,02	-0,77	2,53	0,57	30,75
3,94	-0,72	3,32	-0,18	0,33	0,32	29,39
2,51	0,59	0,21	0,21	0,65	0,61	-0,64
0,14	0,14	3,70	-0,53	4,85	-0,99	20,24
1,73	0,99	0,36	0,35	1,88	0,95	-3,38
2,80	0,33	3,91	-0,69	2,31	0,74	30,21
4,12	-0,83	3,91	-0,69	0,13	0,13	36,76
0,00	0,00	5,95	-0,33	3,80	-0,61	43,08
3,60	-0,44	1,34	0,97	3,55	-0,40	-1,31
4,23	-0,89	0,84	0,74	4,21	-0,88	-7,15
0,38	0,37	4,58	-0,99	3,13	0,01	34,62

4,69	-1,00	0,74	0,67	0,78	0,70	2,44
2,97	0,17	2,15	0,84	0,83	0,74	14,52
3,24	-0,10	1,80	0,97	0,88	0,77	10,84
3,71	-0,54	5,51	-0,70	2,07	0,88	45,34
0,29	0,29	0,32	0,31	1,72	0,99	-3,15
2,47	0,62	5,41	-0,77	3,69	-0,52	39,77

Вариант 6 ……..…….

Задание 1. Построить по экспериментальным данным модели вида $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2$, сделать вывод об её адекватности

	x1	x2	y
1	7,7	4,9	29,40
2	4,4	5,6	19,94
3	7,3	0,3	36,62
4	1,9	4,6	15,54
5	4,9	7,4	17,98
6	0,9	9,4	4,40
7	5,6	9,6	15,54
8	3,7	8,2	13,54
9	4,3	6,4	18,30
10	5,8	5,8	22,98
11	5,6	8,1	18,72
12	1	2,3	17,68
13	9	7	29,03
14	9,1	4,5	33,66
15	3	3,4	20,32
16	7,9	9	22,41
17	6	5,2	24,83
18	7,2	2,5	32,33
19	9,8	6,5	32,09
20	8,5	1,6	37,34
21	8,5	1,6	37,42
22	8,5	1,6	37,32
23	8,5	1,6	37,44
24	8,5	1,6	37,27

Задание 2. Задание 2. Определить структуру и параметры модели, сделать вывод об её адекватности

X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y
4,07	-0,80	4,37	-0,94	1,34	0,97	-10,40
2,11	0,86	5,19	-0,89	4,62	-1,00	-8,09
5,66	-0,58	5,02	-0,95	5,82	-0,45	-19,70
0,32	0,31	3,65	-0,49	4,86	-0,99	-3,79
5,36	-0,80	2,11	0,86	5,03	-0,95	-21,00
0,03	0,03	3,70	-0,53	4,80	-1,00	-3,50

5,72	-0,53	4,52	-0,98	0,86	0,76	-15,56
5,03	-0,95	3,17	-0,03	2,92	0,22	-16,20
5,35	-0,80	4,53	-0,98	3,68	-0,51	-19,45
4,91	-0,98	4,87	-0,99	5,55	-0,67	-19,02
1,34	0,97	0,19	0,19	0,75	0,68	0,32
4,99	-0,96	4,41	-0,95	3,11	0,03	-16,78
4,34	-0,93	0,60	0,56	1,20	0,93	-11,62
3,83	-0,64	0,52	0,50	1,68	0,99	-9,28
1,95	0,93	2,19	0,81	1,97	0,92	-0,77
5,47	-0,73	0,22	0,22	3,21	-0,07	-18,10
4,35	-0,94	4,43	-0,96	1,02	0,85	-11,94
4,77	-1,00	1,59	1,00	0,13	0,13	-15,85
4,53	-0,98	3,57	-0,42	0,17	0,17	-14,96
4,14	-0,84	1,56	1,00	1,16	0,92	-10,89

Вариант 7 ……..…….

Задание 1. Построить по экспериментальным данным модель вида $y = b_1x_1 + b_2x_2$, сделать вывод об её адекватности

	x_1	x_2	y
1	5	8,5	28,04
2	6	6	26,8
3	3,5	2	13,16
4	8,5	8,5	36,88
5	2,5	1	8,15
6	1	2	6,34
7	5,5	6,5	26
8	1	7	16,09
9	4,5	4,5	19,38
10	2,5	7,5	20,67
11	4,5	8	26,12
12	3	8,5	22,82
13	5,5	6	25,1
14	8,5	8,5	37,18
15	5	8	27,52
16	10	5	34,53
17	2	9	21,32
18	0,5	3	7,49
19	6,5	2	20,04
20	8	8	34,45
21	8	8	34,93
22	8	8	34,53
23	8	8	35,14
24	8	8	35,39

Задание 2. Определить структуру и параметры модели, сделать вывод об её адекватности

X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y
3,80	-0,61	3,31	-0,17	0,03	0,03	9,62
2,55	0,56	1,91	0,94	5,79	-0,47	37,33
4,14	-0,84	1,34	0,97	2,94	0,20	21,46
2,93	0,21	3,56	-0,41	0,30	0,30	11,05
4,42	-0,96	3,47	-0,32	4,97	-0,97	34,36
0,47	0,45	1,51	1,00	3,91	-0,69	26,89
2,18	0,82	5,81	-0,46	1,72	0,99	24,77
5,83	-0,44	1,33	0,97	0,63	0,59	9,87
4,44	-0,96	3,29	-0,15	2,92	0,22	24,07
0,06	0,06	4,57	-0,99	1,12	0,90	16,56
0,51	0,49	5,60	-0,63	1,69	0,99	23,48
5,64	-0,60	4,29	-0,91	2,97	0,17	25,17
0,19	0,19	1,21	0,94	1,68	0,99	14,65
5,23	-0,87	1,72	0,99	4,31	-0,92	29,50
4,36	-0,94	1,68	0,99	0,45	0,43	10,08
2,38	0,69	5,46	-0,73	0,05	0,05	14,59
0,56	0,53	5,11	-0,92	5,37	-0,79	39,60
4,19	-0,87	1,19	0,93	1,24	0,95	12,38
0,16	0,16	2,31	0,74	2,21	0,80	20,06
0,16	0,16	4,96	-0,97	2,16	0,83	22,97

Вариант 8 ……..…….

Задание 1. Построить по экспериментальным данным модели вида $y = b_1x_1 + b_2x_2$, сделать вывод об её адекватности

	x1	x2	y
1	4,5	8	26,13
2	2	10	23,74
3	6,5	6	28,05
4	3,5	5	18,15
5	7	4	25,33
6	10	5,5	35,13
7	5	0,5	14
8	7,5	9	35,09
9	5,5	2,5	18,28
10	4,5	4,5	20,27
11	0,5	9	18,33
12	5	9	28,86
13	1	6,5	14,57
14	8,5	9	38,08
15	8,5	8,5	37,04
16	8	1,5	23,1
17	5	1,5	16,13
18	4,5	3	17,35

19	4,5	7,5	25,29
20	9,5	9	40,47
21	9,5	9	40,73
22	9,5	9	40,32
23	9,5	9	40,84
24	9,5	9	40,82

Задание 2. Определить структуру и параметры модели, сделать вывод об её адекватности

X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y
4,43	-0,96	1,79	0,98	1,55	1,00	5,02
1,50	1,00	2,27	0,77	3,69	-0,52	2,21
1,43	0,99	4,99	-0,96	5,06	-0,94	-4,65
3,79	-0,60	2,10	0,86	0,19	0,19	2,14
4,46	-0,97	3,72	-0,55	2,02	0,90	0,04
4,90	-0,98	5,47	-0,73	4,99	-0,96	-7,97
0,53	0,51	3,19	-0,05	3,60	-0,44	-0,88
1,31	0,97	5,40	-0,77	0,60	0,56	1,89
1,69	0,99	3,89	-0,68	0,17	0,17	0,63
5,58	-0,65	1,21	0,94	0,22	0,22	2,40
0,39	0,38	2,83	0,31	1,34	0,97	5,58
3,00	0,14	1,19	0,93	4,62	-1,00	-0,90
0,30	0,30	5,56	-0,66	5,95	-0,33	-2,69
2,48	0,61	1,99	0,91	4,09	-0,81	0,73
2,76	0,37	0,72	0,66	0,12	0,12	3,22
3,37	-0,23	3,86	-0,66	1,52	1,00	1,57
5,93	-0,35	4,28	-0,91	0,75	0,68	-0,68
3,76	-0,58	1,69	0,99	6,00	-0,28	0,72
3,93	-0,71	1,86	0,96	4,02	-0,77	-1,61
4,72	-1,00	2,67	0,45	1,38	0,98	3,31

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если правильно определена структура модели, правильно построены выражения для расчёта коэффициентов модели, найдены верные значения коэффициентов, правильно рассчитаны значения дисперсий и F-отношения, выбрано правильно значение Fкр сделан верный вывод об адекватности модели.
- оценка «хорошо» имеются отдельные недочёты, не существенно повлиявшие на точность модели или на вывод об адекватности модели.
- оценка «удовлетворительно» если есть недочёты, снизившие точность модели, но не повлиявшие на её структуру.
- оценка «неудовлетворительно» если полученная модель не соответствует экспериментальным данным или сделан неверный вывод об адекватности модели.

7.3.2. Промежуточная аттестация

Вопросы для подготовки к зачёту по дисциплине «Математическое моделирование биотехнологических процессов и систем»

1. Требования, предъявляемые к математическим моделям. Этапы построения моделей. Особенности построения моделей при проведении активного и пассивного эксперимента.
2. Сравнительная характеристика основных методов построения моделей при проведении активного и пассивного эксперимента.
3. Методика составления балансовых уравнений для объекта с сосредоточенными и распределенными координатами.
4. Построение модели гидродинамической модели, содержащей элементы идеального смешения и идеального вытеснения с байпасом и циркуляцией.
5. Диффузионная и ячеечная модели. Примеры их использования.
6. Модель кожухотрубного теплообменника.
7. Модели отмирания биомассы.
8. Модель теплообменника с режимом идеального смешения для одного потока и режимом идеального вытеснения для другого.
9. Модель аэробного ферментёра.
10. Модели роста биомассы.
11. Модели биосинтеза первичных и вторичных метаболитов.
12. Модель ректификационной колонны.
13. Модель сушки в псевдоожиженном слое.
14. Модель химического реактора с мешалкой и рубашкой.
15. Модель трубчатого химического реактора с рубашкой.
16. Модель промышленного аппарата, в разных зонах которого происходят различные процессы.
17. Определение параметров линейного уравнения регрессии методом наименьших квадратов.
18. Определение параметров линейного уравнения регрессии (простой и множественной) с использованием статистических характеристик (с выводом).
19. Понятие о законах распределения "Хи-квадрат", Стьюдента и Фишера. Примеры их использования.
20. Понятие о статистических гипотезах и методах их проверки. Р- значение.
21. Определение параметров линейного уравнения регрессии в матричной форме.
22. Регрессионный анализ, основные допущения. Проверка значимости параметров и адекватности уравнения.
23. Таблица дисперсионного анализа. Определение наличия регрессионной зависимости с использованием F - отношения. Множественный коэффициент корреляции.
24. Понятие о частном коэффициенте корреляции. Определение его значимости. Пример использования.
25. Методы последовательного уточнения структуры регрессионного уравнения: метод включений, метод исключений, метод пошаговой регрессии.
26. Типовые задачи математического моделирования: получение статических характеристик, линеаризация уравнений модели. Имитационное моделирование.