Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 16.10.2023 14:35:56
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
декан факультета
химической технологии и биотехнологии
_____ / Белуков С.В. /
« 01 » сентября 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Математическое моделирование биотехнологических процессов и систем»

Направление подготовки
19.03.01 «Биотехнология»
Профиль подготовки:
«Биотехнология»

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Заочная
2021 год начала обучения

Москва 2021 год

1. Цели освоения дисциплины

К **целью** освоения дисциплины «Математическое моделирование биотехнологических процессов и систем» 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 у студентов знаний основ моделирования химико-технологических и биотехнологических процессов;

– 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.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Математическое моделирование биотехнологических процессов и систем» относится к числу вариативных учебных дисциплин. Освоение этой дисциплины дает знания, позволяющие осуществлять моделирование химико-технологических и биотехнологических процессов и систем, проводить, критический анализ существующих технологических схем, анализировать эффективность их работы и использования.

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

В базовой части Блока 1 «Дисциплины (модули)»:

«Физика»;

«Высшая математика»;

«Информатика»;

«Общая и неорганическая химия».

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-2	Способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	**знать:** – основные типовые модели химико-технологических процессов, используемые допущения и области применимости; – основные структуры химико-технологических систем; – особенности моделирования, масштабирования и оптимизации биотехнологических схем и процессов; – закономерности кинетики роста микроорганизмов и образования продуктов метаболизма; модели роста и образования продуктов. **уметь:** – осуществлять декомпозицию, анализ и синтез

		химико-технологических систем; – проводить моделирование химико-технологических систем. **владеть:** – навыками работы со стандартными программными средствами автоматизации моделирования; – методами моделирования и масштабирования биотехнологического процесса.
ПК-10	владение планированием эксперимента, обработки и представления полученных результатов	**знать**: – основные принципы планирования научного эксперимента; – основные структуры экспериментальных моделей; – основные законы распределения случайных величин; – математические основы метода наименьших квадратов, границы его применимости, понятие об альтернативах МНК; – математические основы регрессионного и дисперсионного анализа данных. **уметь**: – осуществлять выделение значимых и незначимых параметров, проводить структурную и параметрическую идентификацию моделей; – выдвигать и проверять статистические гипотезы; – проводить проверку значимости найденных параметров и адекватности полученных моделей. **владеть**: – методикой составления планов полного и дробного факторного эксперимента; – навыками применения программных пакетов для обработки и представления экспериментальных данных.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы **(72 академических часа,** из них 98 часов – самостоятельная работа студентов) в шестом семестре. Структура и содержание дисциплины «Математическое моделирование биотехнологических процессов и систем» по срокам и видам работы отражены в Приложении 1.

6 семестр:

Лекции – 1 час в неделю. Всего: 6 часов.

лабораторные работы – 4 часа.

Форма контроля – зачёт.

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.

4. Образовательные технологии

Методика преподавания дисциплины «Математическое моделирование биотехнологических процессов и систем» и реализация компетентностного подхода в изложении

и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

– подготовка к практическим работам в аудиториях вуза;

– проведение контрольных работ.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «Математическое моделирование биотехнологических процессов и систем» и в целом по дисциплине составляет 33% аудиторных занятий. Занятия лекционного типа составляют 50% от объема аудиторных занятий.

5. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Текущий контроль успеваемости проводятся по следующим критериям:

– активное участие в обсуждении заданий для практической работы, работа у доски;

– защита результатов выполнения заданий домашних контрольных работ.

Образцы домашних контрольных работ, контрольных работ для текущего контроля, вопросов для подготовки к зачёту, заданий на курсовую работу, приведены в Приложении 2.

6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Код компетенции	**В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать**
ОПК-2	Способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
ПК-10	владение планированием эксперимента, обработки и представления полученных результатов

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

ОПК-2 Способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

Показатель	**Критерии оценивания**	
	Незачтено	**зачтено**
знать: – основные типовые модели химико-технологических процессов, используемые допущения и области применимости; – основные структуры химико-технологических систем; – особенности моделирования, масштабирования и оптимизации биотехнологических схем и процессов; – закономерности кинетики роста микроорганизмов и образования продуктов метаболизма; модели роста и образования	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: допущения и область применения моделей идеального смешения и идеального вытеснения, допускает существенные ошибки в записи балансовых уравнений.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: модели идеального смешения, идеального вытеснения, диффузионная и ячеечная, выбирает области их применения, корректно записывает начальные и краевые условия.

продуктов.		
уметь: – осуществлять декомпозицию, анализ и синтез химико-технологических систем; – проводить моделирование химико-технологических систем.	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет разбивать технологический процесс на зоны с типовыми гидродинамическими режимами, не умеет записывать краевые и начальные условия.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: умеет разбивать технологический процесс на зоны с типовыми гидродинамическими режимами, не умеет записывать краевые и начальные условия.
владеть: – навыками работы со стандартными программными средствами автоматизации моделирования; – методами моделирования и масштабирования биотехнологического процесса.	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками работы с программными пакетами моделирования технологических процессов.	Обучающийся в полном объеме владеет навыками работы с программными пакетами моделирования, выбирает обоснованные величины диапазонов изменения технологических величин, шагов моделирования.

ПК-10 владение планированием эксперимента, обработки и представления полученных результатов

Показатель	**Критерии оценивания**	
	Незачтено	**зачтено**
знать: – основные принципы планирования научного эксперимента; – основные структуры экспериментальных моделей; – основные законы распределения случайных величин; – математические основы метода наименьших квадратов, границы его применимости, понятие об альтернативах МНК; – математические основы регрессионного и дисперсионного анализа данных.	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: принципы планирования эксперимента, основные структуры экспериментальных моделей, основные законы распределения случайных величин математические основы метода наименьших квадратов, границы его применимости, математические основы регрессионного и дисперсионного анализа данных	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: принципы планирования эксперимента, основные структуры экспериментальных моделей, основные законы распределения случайных величин математические основы метода наименьших квадратов, границы его применимости, математические основы регрессионного и дисперсионного анализа данных
уметь: – осуществлять выделение значимых и незначимых параметров, проводить структурную и	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет проводить выделение значимых и незначимых параметров, проводить структурную и параметрическую	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: – выделение значимых и незначимых параметров, проводить

параметрическую идентификацию моделей; – выдвигать и проверять статистические гипотезы; – проводить проверку значимости найденных параметров и адекватности полученных моделей.	идентификацию моделей; выдвигать и проверять статистические гипотезы; проводить проверку значимости найденных параметров и адекватности полученных моделей.	структурную и параметрическую идентификацию моделей; выдвигать и проверять статистические гипотезы; – проводить проверку значимости найденных параметров и адекватности полученных моделей.
владеть: – методикой составления планов полного и дробного факторного эксперимента; – навыками применения программных пакетов для обработки и представления экспериментальных данных.	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками работы с программными пакетами обработки и представления экспериментальных данных, методикой составления планов полного и дробного факторного эксперимента.	Обучающийся в полном объеме владеет навыками работы с программными пакетами обработки и представления экспериментальных данных, методикой составления планов полного и дробного факторного эксперимента.

а. Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:
Форма промежуточной аттестации: зачёт.

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

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Математическое моделирование биотехнологических процессов и систем» (прошли промежуточный контроль, выполнили и защитили курсовую работу, выполнили домашние контрольные работы).

Шкала оценивания	**Описание**
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, 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.
Незачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, 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.

Фонды оценочных средств представлены в Приложении 2 к рабочей программе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение

Раздел 1. 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.

Раздел 1. 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

2. Малышев, Н.Г. Управление автоматизированным проектированием / Н.Г. Малышев. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. — Книга 1 : Концепции, модели, методы управления — 2017. — 176 с. — ISBN 978-5-9221-1779-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: https://e.lanbook.com/book/104978

Программное обеспечение и интернет-ресурсы:

– http://v.michm.ru/index.php/Моделирование_химико-технологических_процессов - учебный материал для студентов по моделированию химико-технологических процессов

Раздел 2. Основная литература:

1. Григорьев, Ю.Д. Методы оптимального планирования эксперимента: линейные модели : учебное пособие / Ю.Д. Григорьев. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-1937-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: https://e.lanbook.com/book/65949.

Раздел 2. Дополнительная литература:

1. Сидняев, Н.И. Статистический анализ и теория планирования эксперимента : методические указания / Н.И. Сидняев. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. — 200 с. — ISBN 978-5-7038-4707-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: https://e.lanbook.com/book/103275.

2. Вербицкий, В.И. Оптимизация процессов с помощью эксперимента : учебно-методическое пособие / В.И. Вербицкий, А.Ю. Коротченко. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. — 20 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: https://e.lanbook.com/book/52172.

Программное обеспечение и интернет-ресурсы:

– http://v.michm.ru/index.php/Моделирование_химико-технологических_процессов - учебный материал для студентов по моделированию химико-технологических процессов

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения практических работ на современном уровне в аудитории Ав4403 предусмотрено использование следующего оборудования:

1. Персональные компьютеры с установленным ПО (LabVIEW).

9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Успешное изучение курса требует посещения лекций, активной работы на семинарских[занятиях, выполнения всех учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой. Во время лекции студент должен вести краткий конспект. Дома самостоятельно работая с конспектом, студенту необходимо пометить материалы, которые вызывают затруднения для понимания. При этом обучающийся должен найти ответы на вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если ему самому не удается разобраться в материале, необходимо сформулировать вопросы и обратиться за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции. 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.

10. Методические рекомендации для преподавателя

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 – лекционная и практическая. Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, 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 лекции. В процессе обучения студентов используются различные виды учебных занятий (аудиторных и внеаудиторных): лекции, 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 лекционным занятиям по курсу «Математическое моделирование биотехнологических процессов и систем» необходимо продумать план их проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия, определить средства материально-технического обеспечения лекционного занятия и порядок их использования в ходе чтения лекции. Уточнить план проведения практического занятия по теме лекции.

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

Во вступительной части лекции обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение. Если читается не первая лекция, то необходимо увязать ее тему с предыдущей, не нарушая логики изложения учебного материала. Лекцию следует начинать, только чётко обозначив её характер, тему и круг тех вопросов, которые в её ходе будут рассмотрены.

В основной части лекции следует раскрывать содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и

научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя категорийный аппарат.

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

При этом во всех частях лекции 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 на лекциях и 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 лекционного и 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 лекционных или практических необходимо вести диалог со студентами и давать студентам возможность дискутировать между собой.

Преподаватель, принимающий зачёт, лично несет ответственность за правильность выставления оценки.

Приложение №1

Структура и содержание дисциплины **«Математическое моделирование биотехнологических процессов и систем»** по специальности **19.03.01 Биотехнология**

Специализация «**Биотехнология»**

(бакалавр)

очная форма обучения

Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации	
			Л	П/С	Лаб.	СРС	КСР	КР	КП	РГР	Реф.	К/Р	Э	З
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	6													
1. Введение. Основы математического моделирования	6	1	2			8								
2. Построение гидродинамических моделей	6	2-3				10		+				+		
3. Построение моделей тепловых процессов	6	4-5			2	10		+				+		
4. Построение моделей массообменных процессов	6	6-7				10						+		
5. Построение моделей химических и биотехнологических процессов	6	8-9	2		2	10		+				+		
6. Построение аналитических моделей с использованием программных средств	6	10-13	0			10		+						
7. Параметрическая идентификация	6	14-15	2			10						+		
8. Проверка адекватности моделей	6	16	2			10						+		

9. Структурная идентификация	6	17	2			10						+		
10. Построение экспериментальных моделей с использованием программных средств	6	18	0			10						+		
Форма аттестации	6													З
Всего часов по дисциплине в шестом семестре			**6**		**4**	**98**								**З**
Итого по курсу	**108**		**6**		**4**	**98**								

Приложение 2

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Специальность: 19.03.01 Биотехнология
ОП (специализация): «Биотехнология»
Форма обучения: заочная
Вид профессиональной деятельности:
научно-исследовательская
.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ «Математическое моделирование биотехнологических процессов и систем»

Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств
2. Описание оценочных средств:
2.1. Образцы заданий контрольной работы для рубежного контроля по курсу
2.2. Образцы заданий домашней контрольной работы для рубежного контроля по курсу
2.3. Вопросы для подготовки к зачёту

Составитель:

Зубов Дмитрий Владимирович

Москва, 2021

Таблица 1

ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

Общая и химическая технология					
ФГОС ВО **19.03.01 «Биотехнология»**					
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие **общепрофессиональные и профессиональные компетенции**:					
КОМПЕТЕНЦИИ		**Перечень компонентов**	**Технология формирования компетенций**	**Форма оценочного средства****	**Степени уровней освоения компетенций**
ИНДЕКС	**ФОРМУЛИРОВКА**				
ОПК-2	Способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	**знать:** – основные типовые модели химико-технологических процессов, используемые допущения и области применимости; – основные структуры химико-технологических систем; – особенности моделирования, масштабирования и оптимизации биотехнологических схем и процессов; – закономерности кинетики роста микроорганизмов и образования продуктов метаболизма; модели роста и образования продуктов. **уметь:** – осуществлять декомпозицию, анализ и синтез химико-технологических систем; – проводить моделирование химико-технологических систем. **владеть:** – навыками работы со стандартными программными средствами автоматизации моделирования; – методами моделирования и масштабирования биотехнологического процесса.	лекция, самостоятельная работа, семинарские занятия	К/Р, ДК/Р,	**Базовый уровень** - воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля **Повышенный уровень** - практическое применение полученных знаний в процессе подготовки к семинарским занятиям

ПК-10	владение планированием эксперимента, обработки и представления полученных результатов	**знать**: – основные принципы планирования научного эксперимента; – основные структуры экспериментальных моделей; – основные законы распределения случайных величин; – математические основы метода наименьших квадратов, границы его применимости, понятие об альтернативах МНК; – математические основы регрессионного и дисперсионного анализа данных. **уметь**: – осуществлять выделение значимых и незначимых параметров, проводить структурную и параметрическую идентификацию моделей; – выдвигать и проверять статистические гипотезы; – проводить проверку значимости найденных параметров и адекватности полученных моделей. **владеть**: – методикой составления планов полного и дробного факторного эксперимента; – навыками применения программных пакетов для обработки и представления экспериментальных данных.	лекция, самостоятельная работа, семинарские занятия	К/Р, ДК/Р,	**Базовый уровень** - воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля **Повышенный уровень** - практическое применение полученных знаний в процессе подготовки к семинарским занятиям

**- Сокращения форм оценочных средств см. в Таблице 2.

Таблица 2

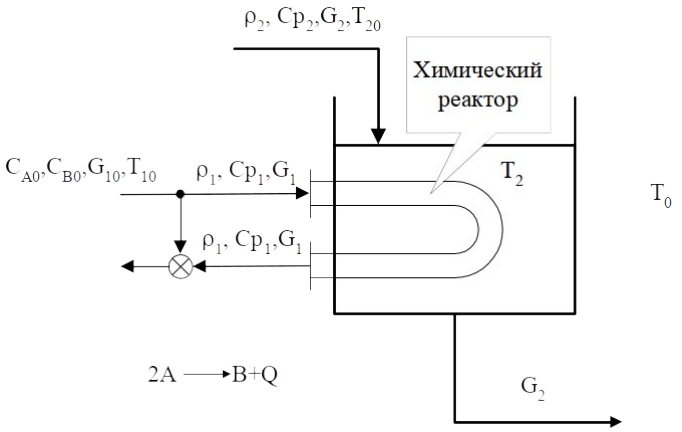
Перечень оценочных средств по дисциплине «Математическое моделирование биотехнологических процессов и систем»

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Контрольная работа (К/Р)	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам
2	Домашняя контрольная работа (ДК/Р)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Комплект контрольных заданий по вариантам

Образцы контрольных работ для рубежного контроля

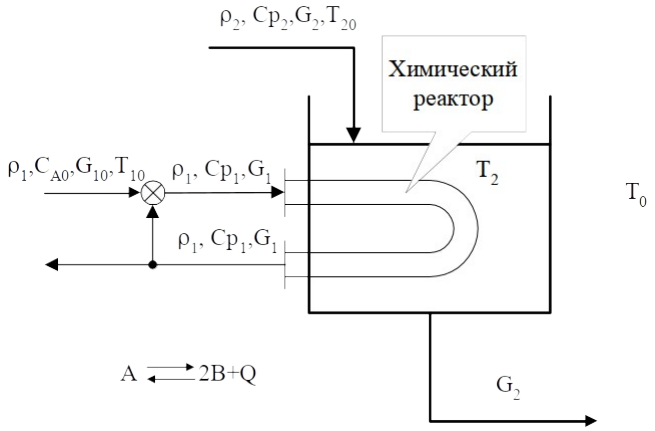
Вариант 1 ……

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



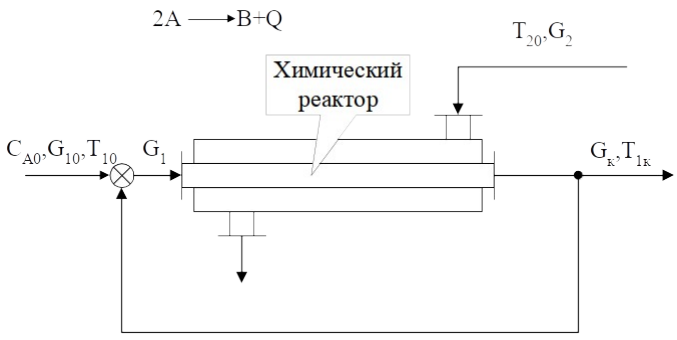
Вариант 2 ……

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



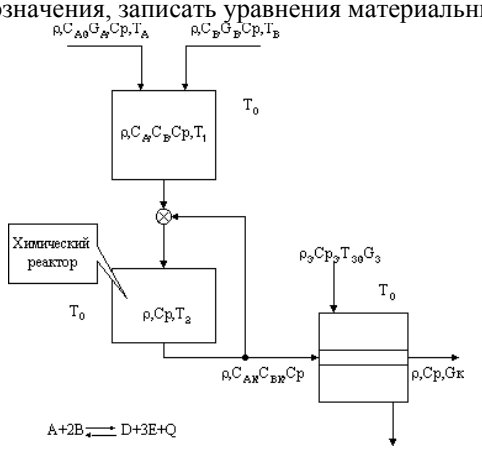
Вариант 3 ……

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



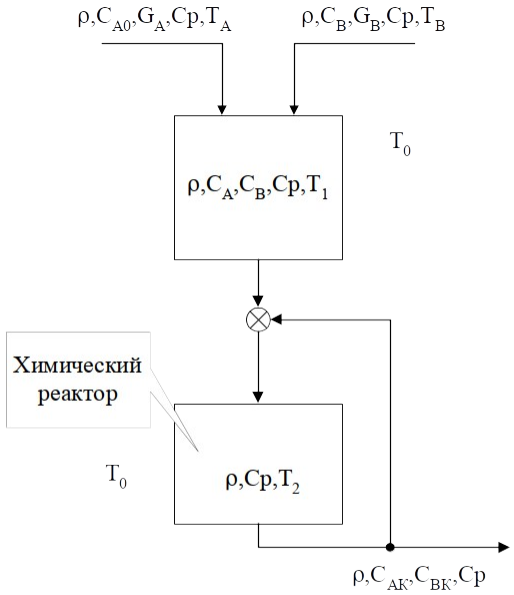
Вариант 4 …….

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



Вариант 5 …….

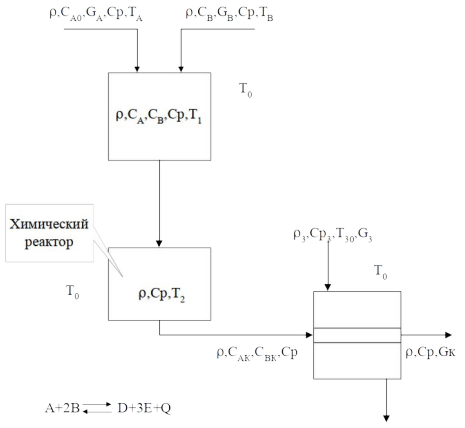
Задание 1. Выделить зоны с однотипным гидродинамическим режимом, ввести недостающие обозначения, записать уравнения материальных и энергетических балансов.



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

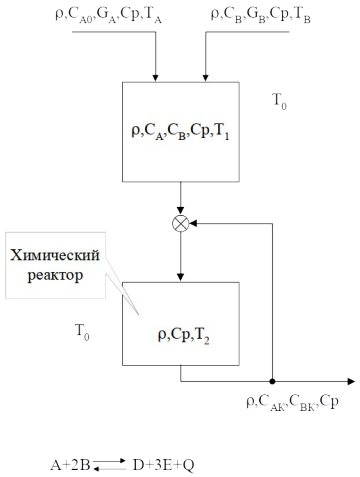
Вариант 6 …….

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



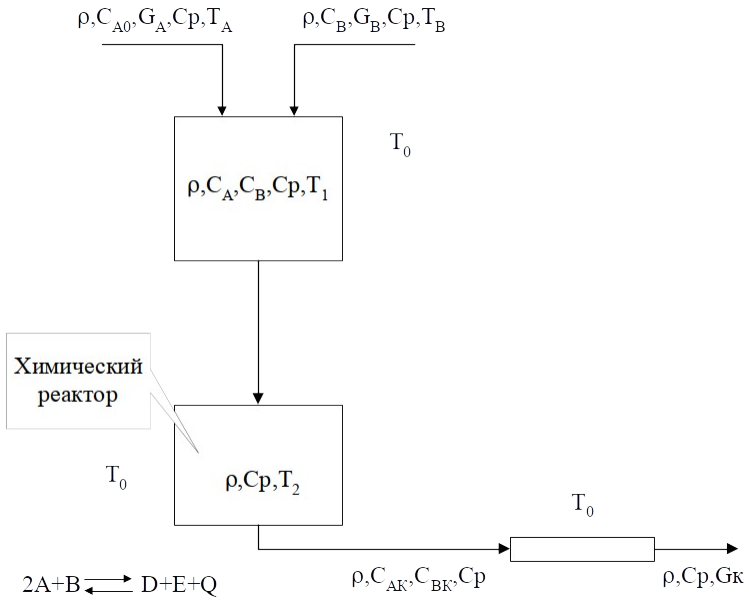
Вариант 7 …….

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 $y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2$, 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 $y = b_1 x_1 + b_2 x_2$, 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 $y = b_1 x_1 + b_2 x_2$, 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.

Приложение 2.3

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.