

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет»
(ТвГТУ)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор
по учебной работе

_____ Э.Ю. Майкова
« ____ » _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)»
«Основы моделирования кинетики биотехнологических процессов»
Направление подготовки магистров 19.04.01 Биотехнология
Направленность (профиль) – Прикладная биотехнология
Типы задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский;
организационно-управленческий

Форма обучения – очная

Химико-технологический факультет
Кафедра «Биотехнологии, химии и стандартизации»

Тверь 20__

Рабочая программа дисциплины соответствует ОХОП подготовки магистров в части требований к результатам обучения по дисциплине и учебному плану.

Разработчик программы:
доцент кафедры БХС

Л.Ж. Никошвили

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры БХС
« ____ » _____ 20__ г., протокол № ____.

Заведующий кафедрой

М.Г. Сульман

Согласовано:
Начальник учебно-методического
отдела УМУ

Д.А.Барчуков

Начальник отдела
комплектования
зональной научной библиотеки

О.Ф. Жмыхова

1. Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины «Основы моделирования кинетики биотехнологических процессов» является формирование целостного представления о теоретических основах промышленного осуществления биотехнологических процессов и важнейших принципах управления ими.

Задачами дисциплины являются:

- приобретение знаний о существующих подходах к моделированию кинетики биотехнологических процессов в закрытых и открытых системах, о закономерностях роста микроорганизмов, расходования субстрата и накопления продуктов биосинтеза;
- овладение методами моделирования биотехнологического процесса, методами расчета основных параметров роста микроорганизмов, методами планирования, проведения и обработки результатов биотехнологических экспериментов;
- формирование умения оценивать результаты биотехнологических экспериментов и проводить их обработку, определять параметры роста культуры клеток и с использованием существующих кинетических моделей.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части Блока 1 ОП. Для изучения курса требуются знания, умения и навыки, полученные в процессе изучения дисциплин химического и биологического профиля в бакалавриате.

Приобретенные знания в рамках данной дисциплины необходимы в дальнейшем при изучении дисциплин: «Микробиологические основы пищевой биотехнологии», «Экологическая биотехнология», «Биотехнология в легкой промышленности», «Технологическая биоэнергетика», «Специальные разделы фармацевтической биотехнологии», «Сельскохозяйственная биотехнология», «Системы управления биотехнологическими и химико-технологическими процессами». Приобретенные знания в рамках данной дисциплины необходимы в дальнейшем для выполнения научно-исследовательской работы, написании статей и тезисов, при подготовке выпускной квалификационной работы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

3.1 Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция, закрепленная за дисциплиной в ОХОП:

ОПК-3. Способен разрабатывать алгоритмы и участвовать в разработке программ в сфере своей профессиональной деятельности.

Индикаторы компетенций, закреплённых за дисциплиной в ОХОП:

ИОПК-3.1. *Применяет современные методы моделирования и оптимизации биотехнологических процессов.*

Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций

Знать:

31.1. Закономерности кинетики роста микроорганизмов, расходования субстрата и накопления продуктов биосинтеза, а также принципы построения математических моделей роста микробных популяций.

Уметь:

У1.1. Определять параметры роста культуры клеток, проводить обработку результатов биотехнологических экспериментов с использованием существующих кинетических моделей.

ИОПК-3.2. Участвует в разработке алгоритмов и программ, пригодных для практического применения в сфере своей профессиональной деятельности.

Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций**Знать:**

З2.1. Теоретические основы моделирования кинетики биотехнологических процессов в закрытых и открытых системах.

Уметь:

У2.1. Применять математические модели для описания роста микроорганизмов при варьировании условий проведения процесса.

3.2. Технологии, обеспечивающие формирование компетенций

Проведение лекционных занятий; выполнение практических работ; самостоятельная работа под руководством преподавателя.

4. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы

Таблица 1. Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы

Вид учебной работы	Зачетные единицы	Академические часы
Общая трудоемкость дисциплины	4	144
Аудиторные занятия (всего)		72
В том числе:		
Лекции		24
Практические занятия (ПЗ)		48
Лабораторные работы (ЛР)		не предусмотрены
Самостоятельная работа обучающихся (всего)		36+36(экз)
В том числе:		
Курсовая работа		не предусмотрена
Курсовой проект		не предусмотрен
Расчетно-графические работы		не предусмотрены
Другие виды самостоятельной работы: - подготовка к практическим занятиям		20
Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (зачет)		не предусмотрен
Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (экзамен)		16+36(экз)
Практическая подготовка при реализации дисциплины (всего)		0

5. Структура и содержание дисциплины**5.1. Структура дисциплины**

Таблица 2. Модули дисциплины, трудоемкость в часах и виды учебной работы

№	Наименование модуля	Труд-ть часы	Лекции	Практич. занятия	Лаб. практикум	Сам. работа
1	Общие подходы к кинетическому моделированию в биотехнологических процессах	5	1	-	-	2+2(экз.)

2	Кинетическое описание фазы экспоненциального роста для односубстратных процессов в закрытых системах	17	1	8	-	4+4(экз.)
3	Кинетическое описание фазы экспоненциального роста для многосубстратных процессов в закрытых системах	26	2	12	-	6+6(экз.)
4	Кинетическое описание фазы замедленного роста в закрытых системах. Механизмы ограничения клеточного роста	12	4	-	-	4+4(экз.)
5	Ингибирование и активация роста микроорганизмов	28	4	12	-	6+6(экз.)
6	Периоды индукции на кинетических кривых роста микроорганизмов	16	2	6	-	4+4(экз.)
7	Кинетическое описание роста микроорганизмов в открытых системах: основные понятия и принципы, ингибирование в режиме хемостата	28	6	10	-	6+6(экз.)
8	Влияние условий культивирования на рост микроорганизмов	12	4	-	-	4+4(экз.)
Всего на дисциплину		144	24	48	-	36+36(экз)

5.2. Содержание дисциплины

МОДУЛЬ 1 «ОБЩИЕ ПОДХОДЫ К КИНЕТИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ В БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ»

Роль моделирования в биотехнологии. Микрокинетический и макрокинетический подходы. Основные допущения, принимаемые при составлении моделей роста микробных популяций. Фазы роста популяции микроорганизмов. Базовые модели, описывающие кинетику роста микробных популяций.

МОДУЛЬ 2 «КИНЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ФАЗЫ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО РОСТА ДЛЯ ОДНОСУБСТРАТНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗАКРЫТЫХ СИСТЕМАХ»

Основные подходы к кинетическому описанию фазы экспоненциального роста. Постулаты и границы применения модели экспоненциального роста. Влияние концентрации субстрата на скорость роста микроорганизмов. Уравнение Моно.

МОДУЛЬ 3 «КИНЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ФАЗЫ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО РОСТА ДЛЯ МНОГОСУБСТРАТНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗАКРЫТЫХ СИСТЕМАХ»

Базовые биохимические реакции. Основные подходы к моделированию многосубстратных процессов: механизм тройного комплекса; пинг-понг механизм.

МОДУЛЬ 4 «КИНЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ФАЗЫ ЗАМЕДЛЕННОГО РОСТА В ЗАКРЫТЫХ СИСТЕМАХ. МЕХАНИЗМЫ ОГРАНИЧЕНИЯ КЛЕТОЧНОГО РОСТА»

Понятие о предельной максимальной концентрации клеток и логистических кривых. Замедление скорости роста в условиях расхода лимитирующего субстрата. Метод двойного зеркального отражения. Замедление скорости роста в условиях появления субпопуляции, утратившей способность к размножению. Дискриминация моделей ограничения клеточного роста.

МОДУЛЬ 5 «ИНГИБИРОВАНИЕ И АКТИВАЦИЯ РОСТА МИКРООРГАНИЗМОВ»

Классификация ингибиторов роста микроорганизмов. Общая схема действия эффекторов и ее частные случаи. Ингибирование избытком субстрата. Ингибирование продуктом ферментации. Определение механизма ингибирования. Использование метода двойного зеркального отражения в случае ингибирования.

МОДУЛЬ 6 «ПЕРИОДЫ ИНДУКЦИИ НА КИНЕТИЧЕСКИХ КРИВЫХ РОСТА МИКРООРГАНИЗМОВ»

Механизмы возникновения периода индукции на кривой роста микроорганизмов: неферментативная трансформация пресубстрата в субстрат, адаптационные процессы в клетке, присутствие ингибиторов роста.

МОДУЛЬ 7 «КИНЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ РОСТА МИКРООРГАНИЗМОВ В ОТКРЫТЫХ СИСТЕМАХ: ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ПРИНЦИПЫ, ИНГИБИРОВАНИЕ В РЕЖИМЕ ХЕМОСТАТА»

Основные характеристики хеMOSTатного метода культивирования. ХеMOSTатные кривые, понятие о критической скорости разбавления. Неосложненный рост, определение стационарных концентраций биомассы, субстрата и продукта ферментации. Отклонения от теории хеMOSTата.

Способы организации хеMOSTата с возвратом биомассы. Внешний возврат биомассы. Внутренний возврат биомассы. Батареи хеMOSTатов, подключенных по многопоточной системе. Батареи хеMOSTатов с возвратом биомассы.

Рост смешанных культур микроорганизмов в хеMOSTате. Использование смешанных культур в промышленности.

МОДУЛЬ 8 «ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ НА РОСТ МИКРООРГАНИЗМОВ»

Влияние кислорода на рост микроорганизмов: теория стационарной жидкой пленки; влияние кислорода на метаболические процессы и химический состав микробных клеток; заменители кислорода. Влияние температуры на рост микроорганизмов. Влияние активности воды и тоничности среды. Влияние концентрации ионов водорода: общая кинетическая схема; методы регулировки рН и границы их применимости.

5.3. Лабораторные работы

Учебным планом лабораторные работы не предусмотрены.

5.4. Практические занятия

Таблица 3. Тематика, форма практических занятий (ПЗ) и их трудоемкость

Порядковый номер модуля. Цели практических занятий	Примерная тематика занятий и форма их проведения	Трудоемкость в часах
Модуль 2 Цель: формирование навыков расчета кинетических параметров роста культуры для односубстратных процессов	Методы определения параметров роста культуры для односубстратных процессов в закрытых системах	8
Модуль 3 Цель: формирование навыков расчета кинетических параметров роста культуры для многосубстратных процессов	Методы определения параметров роста культуры для многосубстратных процессов в закрытых системах	12
Модуль 5 Цель: формирование навыков расчета кинетических параметров роста культуры в случае присутствия в системе ингибиторов роста	Дискриминация механизмов ингибирования. Определение параметров роста культуры для различных случаев ингибирования	12
Модуль 6 Цель: формирование навыков определения механизма возникновения периода индукции	Дискриминация механизмов, приводящих к возникновению периода индукции	6
Модуль 7 Цель: формирование навыков расчета основных параметров роста культуры в режиме хемостата	Определение параметров роста культуры в случае неосложненного роста. Расчет производительности хемостата. Особенности ингибирования избытком субстрата в режиме хемостата, множественность стационарных состояний системы. Ингибирование продуктом ферментации в режиме хемостата: полное конкурентное и полное неконкурентное ингибирование	10

6. Самостоятельная работа обучающихся и текущий контроль успеваемости

6.1. Цели самостоятельной работы

Основными целями самостоятельной работы магистрантов является формирование способностей к самостоятельному познанию и обучению, поиску литературы, обобщению, оформлению и представлению полученных результатов, их критическому анализу, поиску новых, рациональных и неординарных решений, аргументированному отстаиванию своих предложений, умений подготовки выступлений и ведения дискуссий.

6.2. Организация и содержание самостоятельной работы

Самостоятельная работа заключается в изучении отдельных тем курса по заданию преподавателя по рекомендуемой им учебной литературе, в подготовке к практическим занятиям, к текущему контролю успеваемости; подготовке к экзамену.

После вводных лекций, в которых обозначается содержание дисциплины, ее проблематика и практическая значимость, студентам выдаются задания на практические занятия. Студенты выполняют задания в часы СРС в течение семестра в соответствии с освоением учебных разделов. Защита выполненных заданий производится поэтапно в часы практических занятий. Оценивание осуществляется путем устного опроса проводится по содержанию и качеству выполненного задания.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература по дисциплине

1. Нетрусов, А.И. Введение в биотехнологию : учебник для вузов по напр. "Биология" и смежным напр. : в составе учебно-методического комплекса / А.И. Нетрусов. - М. : Академия, 2014. - 281 с. - (Высшее образование. Бакалавриат) (УМК-У). - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-4468-0345-3 : 537 р. 90 к. - (ID=100986-6)

2. Бирюков, В.В. Основы промышленной биотехнологии : учеб. пособие для вузов по спец. "Охрана окружающей среды и рацион. использование природ. ресурсов" и "Машины и аппараты хим. пр-в" : в составе учебно-методического комплекса / В.В. Бирюков; [ред. Л.И. Галицкая]. - Москва : КолосС : Химия, 2004. - 295 с. : ил. - (Для высшей школы) (УМК-У). - Библиогр. : с. 295. - Текст : непосредственный. - ISBN 5-9532-0231-8 (КолосС) : 228 р. - (ID=22058-25)

3. Сазыкин, Ю.О. Биотехнология : учеб. пособие для вузов : в составе учебно-методического комплекса / Ю.О. Сазыкин, С.Н. Орехов, И.И. Чакалева; под ред. А.В. Катлинского. - Москва : Академия, 2006. - 254 с. : ил. - (Высшее профессиональное образование) (УМК-У). - Библиогр. : с. 250 - 251. - Текст : непосредственный. - ISBN 5-7695-2899-0 : 219 р. 56 к. - (ID=60718-14)

7.2. Дополнительная литература по дисциплине

1. Варфоломеев, С.Д. Химическая энзимология : учебник для студентов по спец. 011000 "Химия" и напр. 510500 "Химия" / С.Д. Варфоломеев. - Москва : Академия, 2005. - 472 с. : ил. - (Высшее профессиональное образование). - Библиогр. : с. 468. - Текст : непосредственный. - ISBN 5-7695-2062-0 : 388 р. 96 к. - (ID=47815-6)

2. Быков, В.А. Биотехнология : учеб. пособие для вузов : в 8 кн. Кн. 6 : Микробиологическое производство биологически активных веществ и препаратов / В.А. Быков, И.А. Крылов, М.Н. Манаков; под ред.: Н.С. Егорова, В.Д. Самуилова. - М. : Высшая школа, 1987. - (ID=83262-1)

3. Егорова, Т.А. Основы биотехнологии : учеб. пособие для вузов по спец. "Биология" : в составе учебно-методического комплекса / Т.А. Егорова,

С.М. Клунова, Е.А. Живухина. - Москва : Академия, 2003. - 208 с. : ил. - (Высшее образование). - Библиогр. : с. 205 - 206. - ISBN 5-7695-1022-6 : 76 p. - (ID=16355-13)

4. Никитина, Е.В. Микробиология : учебник для вузов : в составе учебно-методического комплекса / Е.В. Никитина, С.Н. Киямова, О.А. Решетник. - СПб. : ГИОРД, 2008. - 363 с. - (УМК-У). - Библиогр. : с. 356. - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-98879-059-4 : 692 p. - (ID=67318-10)

5. Нетрусов, А.И. Общая микробиология : учебник для вузов : в составе учебно-методического комплекса / А.И. Нетрусов, И.Б. Котова. - М. : Академия, 2007. - 284 с. : ил. - (Высшее профессиональное образование) (УМК-У). - Библиогр. : с. 275. - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-7695-3968-8 : 242 p. - (ID=73572-26)

6. Емцев, В.Т. Микробиология : учебник для студентов вузов по напр. и спец. агр. образования / В.Т. Емцев, Е.Н. Мишустин. - 5-е изд. ; перераб. и доп. - Москва : Дрофа, 2005. - 445 с. : ил. - (Высшее образование). - Библиогр. : с. 427 - 428. - Текст : непосредственный. - ISBN 5-7107-7750-1 : 133 p. - (ID=56070-20)

7. Перевалов, В.П. Математическое моделирование химико-технологических процессов : учебное пособие для вузов / В.П. Перевалов, Г.И. Колдобский. - Москва : Юрайт, 2023. - (Высшее образование). - Образовательная платформа Юрайт. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 09.01.2023. - ISBN 978-5-534-15858-8. - URL: <https://urait.ru/book/matematicheskoe-modelirovanie-himiko-tehnologicheskikh-processov-509891> . - (ID=152980-0)

7.3. Методические материалы

1. Методические указания к практическим занятиям и самостоятельной работе по курсу "Основы моделирования кинетики биотехнологических процессов" : для магистрантов по направлению 240700 Биотехнология (магистерская программа "Прикладная биотехнология") / Тверской гос. техн. ун-т, Каф. БТиХ ; сост.: Л.Ж. Никошвили, Э.М. Сульман. - Тверь : ТвГТУ, 2014. - Сервер. - Текст : электронный. - 0-00. - URL: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/102967> . - (ID=102967-1)

2. Методические указания к практическим занятиям и самостоятельной работе по курсу "Основы моделирования кинетики биотехнологических процессов" : для магистрантов по направлению 240700 Биотехнология (магистерская программа "Прикл. биотехнология") / Тверской гос. техн. ун-т, Каф. БТиХ ; сост.: Л.Ж. Никошвили, Э.М. Сульман. - Тверь : ТвГТУ, 2014. - 31 с. : ил. - Текст : непосредственный. - 33 p. 20 к. - (ID=103332-95)

3. Учебно-методический комплекс дисциплины "Основы моделирования кинетики биотехнологических процессов" направления подготовки 19.04.01 Биотехнология. Направленность (профиль): Прикладная биотехнология : ФГОС 3++ / Каф. Биотехнология и химия ; сост. Л.Ж. Никошвили. - 2022. - (УМК). - Текст : электронный. - 0-00. - URL: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/128012> . - (ID=128012-1)

7.4. Программное обеспечение по дисциплине

Операционная система Microsoft Windows: лицензии № ICM-176609 и № ICM-176613 (Azure Dev Tools for Teaching).

Microsoft Office 2007 Russian Academic: OPEN No Level: лицензия № 41902814.

7.5. Специализированные базы данных, справочные системы, электронно-библиотечные системы, профессиональные порталы в Интернет

ЭБС и лицензионные ресурсы ТвГТУ размещены:

1. Ресурсы: <https://lib.tstu.tver.ru/header/obr-res>
2. ЭК ТвГТУ: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/Web>
3. ЭБС "Лань": <https://e.lanbook.com/>
4. ЭБС "Университетская библиотека онлайн": <https://www.biblioclub.ru/>
5. ЭБС «IPRBooks»: <https://www.iprbookshop.ru/>
6. Электронная образовательная платформа "Юрайт" (ЭБС «Юрайт»): <https://urait.ru/>
7. Научная электронная библиотека eLIBRARY: <https://elibrary.ru/>
8. Информационная система "ТЕХНОРМАТИВ". Конфигурация "МАКСИМУМ": сетевая версия (годовое обновление): [нормативно-технические, нормативно-правовые и руководящие документы (ГОСТы, РД, СНИПы и др.). Диск 1, 2, 3, 4. - М.: Технорматив, 2014. - (Документация для профессионалов). - CD. - Текст: электронный. - 119600 р. – (105501-1)
9. База данных учебно-методических комплексов: <https://lib.tstu.tver.ru/header/umk.html>

УМК размещен: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/128012>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

При изучении дисциплины «Основы моделирования кинетики биотехнологических процессов» используются современные средства обучения, возможна демонстрация лекционного материала с помощью проектора. Аудитория для проведения лекционных занятий, проведения защит и презентаций курсовых работ оснащена современной компьютерной и офисной техникой, необходимым программным обеспечением, электронными учебными пособиями и законодательно-правовой поисковой системой, имеющий выход в глобальную сеть.

9. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

9.1. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме экзамена

1. Экзаменационный билет соответствует форме, утвержденной Положением о рабочих программах дисциплин, соответствующих федеральным государственным образовательным стандартам высшего образования с учетом профессиональных стандартов. Типовой образец экзаменационного билета приведен в Приложении. Обучающемуся даётся право выбора заданий из числа,

содержащихся в билете, принимая во внимание оценку, на которую он претендует.

Число экзаменационных билетов – 15. Число вопросов (заданий) в экзаменационном билете – 3 (1 вопрос для категории «знать» и 2 вопроса для категории «уметь»).

Продолжительность экзамена – 60 минут.

2. Шкала оценивания промежуточной аттестации в форме экзамена – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

3. Критерии оценки за экзамен:

для категории «знать»:

выше базового – 2;

базовый – 1;

ниже базового – 0;

критерии оценки и ее значение для категории «уметь»:

отсутствие умения – 0 балл;

наличие умения – 2 балла.

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

4. Вид экзамена – письменный экзамен, включающий решение задач с использованием справочного материала и непрограммируемого калькулятора.

5. База заданий, предъявляемая обучающимся на экзамене:

- 1) Описание кинетической кривой роста микроорганизмов в закрытых системах, разновидности кинетической кривой. Модель экспоненциального роста: постулаты, достоинства и недостатки, понятие удельной скорости роста культуры.
- 2) Зависимость скорости роста культуры от концентрации лимитирующего субстрата. Константа сродства микроорганизмов к субстрату. Уравнение Моно. Недостатки экспоненциальной модели в варианте, использующем уравнение Моно.
- 3) Способы определения параметров роста культуры микроорганизмов в закрытых системах в случае односубстратных процессов.
- 4) Кинетические модели роста популяций микроорганизмов для односубстратных процессов: простейшая схема взаимодействия клетки с субстратом; трехстадийная схема.
- 5) Опишите возможные варианты механизмов роста биомассы в случае многосубстратных процессов. Каким образом осуществляется дискриминация механизмов роста микробных популяций для многосубстратных процессов?
- 6) Способы определения параметров роста культуры микроорганизмов в закрытых системах в случае многосубстратных процессов.
- 7) Классификация продуктов ферментации. Кинетика накопления продуктов ферментации, связанных с ростом, в закрытых системах. Кинетика накопления вторичных метаболитов.

- 8) Истощение лимитирующего субстрата как фактор, приводящий к появлению фазы замедленного роста на кинетической кривой роста популяции микроорганизмов.
- 9) Опишите возможности использования метода двойного зеркального отражения для определения порядка лимитирующей реакции по субстрату при замедлении роста микроорганизмов в условиях расхода лимитирующего субстрата.
- 10) Прогрессирующая некомпетентность как фактор, приводящий к замедлению роста микроорганизмов. Дискриминация механизмов ограничения клеточного роста.
- 11) Запрограммированный отказ как фактор, приводящий к замедлению роста микроорганизмов. Дискриминация механизмов ограничения клеточного роста.
- 12) Ингибирование и активация роста микроорганизмов в закрытых системах: основные понятия и классификация ингибиторов. Общая кинетическая схема действия обратимых эффекторов и ее частные случаи.
- 13) Ингибирование избытком субстрата в закрытых системах: основные кинетические зависимости.
- 14) Ингибирование продуктом ферментации (конкурентное и неконкурентное) в закрытых системах: основные кинетические зависимости.
- 15) Определение механизма ингибирования в закрытых системах на основании анализа полных кинетических кривых роста. Возможности использования метода двойного зеркального отражения для определения механизма ингибирования.
- 16) Опишите механизмы, приводящие к возникновению лаг-фазы на кинетических кривых, и способы их дискриминации.
- 17) Основные понятия и принципы хемостата. Зависимости, описывающие кинетику неосложненного роста культуры в режиме хемостата.
- 18) Способы определения параметров роста культуры из данных по стационарным концентрациям в режиме хемостата в случае неосложненного роста микроорганизмов.
- 19) Опишите особенности кинетики роста микроорганизмов в случае ингибирования избытком субстрата в режиме хемостата – модель Андрюса (три частных случая, графический метод определения стационарных состояний процесса).
- 20) Опишите особенности кинетики роста микроорганизмов в случае ингибирования продуктом ферментации (конкурентного и неконкурентного) в режиме хемостата. Как осуществляется определение кинетических параметров?
- 21) Опишите преимущества и недостатки использования хемостатного метода культивирования. Какими факторами могут быть обусловлены отклонения от теории хемостата?

- 22) Проведите качественное и количественное сравнение производительности аппаратов периодического и непрерывного культивирования. Как рассчитывается максимальная производительность хемостата?
- 23) Способы организации хемостата с возвратом биомассы. Внешний возврат биомассы: принципы организации метода, кинетические особенности.
- 24) Способы организации хемостата с возвратом биомассы. Внутренний возврат биомассы: принципы организации метода, кинетические особенности.
- 25) Батареи хемостатов, подключенных по многопоточной системе: кинетическое описание роста микроорганизмов, практическое применение метода.
- 26) Батареи хемостатов с возвратом биомассы: кинетическое описание роста микроорганизмов, практическое применение метода.
- 27) Рост смешанных культур микроорганизмов в хемостате: использование смешанных культур в промышленности, сравнение периодического и непрерывного режимов культивирования, возможность практической реализации.
- 28) Охарактеризуйте основные механизмы влияния кислорода на рост микроорганизмов. Что такое заменители кислорода?
- 29) Опишите основные кинетические зависимости, описывающие влияние кислорода на рост микроорганизмов. В чем состоит сущность теории стационарной жидкой пленки?
- 30) Охарактеризуйте основные механизмы влияния температуры на рост микроорганизмов.
- 31) Охарактеризуйте основные механизмы влияния активности воды и тоничности среды на рост микроорганизмов.
- 32) Влияние концентрации ионов водорода на рост микроорганизмов. Методы регуляции рН и границы их применимости.

Пользование различными техническими устройствами, кроме ЭВМ компьютерного класса и программным обеспечением, необходимым для решения поставленных задач, не допускается. При желании студента покинуть пределы аудитории во время экзамена экзаменационный билет после его возвращения заменяется.

Преподаватель имеет право после проверки письменных ответов на экзаменационные вопросы и решенных на компьютере задач задавать студенту в устной форме уточняющие вопросы в рамках содержания экзаменационного билета, выданного студенту.

Иные нормы, регламентирующие процедуру проведения экзамена, представлены в Положении о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

9.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме зачета

Учебным планом зачет по дисциплине не предусмотрен.

9.3. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме курсового проекта или курсовой работы

Учебным планом не предусмотрены.

10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Студенты перед началом изучения дисциплины ознакомлены с системами кредитных единиц и балльно-рейтинговой оценки.

Студенты, изучающие дисциплину, обеспечиваются электронными изданиями или доступом к ним, учебно-методическим комплексом по дисциплине, включая методические указания к выполнению практических работ, всех видов самостоятельной работы.

В учебный процесс рекомендуется внедрение субъект-субъектной педагогической технологии, при которой в расписании каждого преподавателя определяется время консультаций студентов по закрепленному за ним модулю дисциплины.

11. Внесение изменений и дополнений в рабочую программу дисциплины

Содержание рабочих программ дисциплин ежегодно обновляется протоколами заседаний кафедры по утвержденной «Положением о структуре, содержании и оформлении рабочих программ дисциплин по образовательным программам, соответствующим ФГОС ВО с учетом профессиональных стандартов» форме.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки магистров 19.04.01 Биотехнология
Направленность (профиль) – Прикладная биотехнология
Кафедра «Биотехнологии, химии и стандартизации»
Дисциплина «Основы моделирования кинетики биотехнологических процессов»
Семестр 1

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Задание для проверки уровня «знать» – или 0, или 1, или 2 балла:

Зависимость скорости роста культуры от концентрации лимитирующего субстрата. Константа сродства микроорганизмов к субстрату. Уравнение Моно. Недостатки экспоненциальной модели в варианте, использующем уравнение Моно.

2. Задание для проверки уровня «уметь» – или 0, или 2 балла:

Опишите возможности использования метода двойного зеркального отражения для определения механизма ингибирования продуктом ферментации в закрытой системе.

3. Задание для проверки уровня «уметь» – или 0, или 2 балла:

Пользуясь табличными данными по двухсубстратному росту культуры, определить механизм роста и параметры μ_m , K_1 и K_2 :

[S ₁], ммоль/л	[S ₂], ммоль/л				
	5	10	15	20	30
	$\mu, \text{ч}^{-1}$				
1	0.043	0.083	0.120	0.154	0.214
2	0.077	0.143	0.190	0.250	0.333
3	0.109	0.188	0.257	0.316	0.409
5	0.143	0.250	0.333	0.400	0.500
10	0.200	0.333	0.429	0.500	0.600
20	0.250	0.400	0.500	0.571	0.667
30	0.273	0.429	0.529	0.600	0.692

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2 балла;

Составитель: доц. кафедры БХС

Л.Ж. Никошвили

Заведующий кафедрой БХС

М.Г. Сульман