

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УР  
А.В. Бурмистров  
« 7 » 09 2018 г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине **Б1.В.ДВ.11.2 «Системы ферментации»**

Направление 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

Профиль подготовки Рациональное использование материальных и энергетических ресурсов

Квалификация (степень) выпускника БАКАЛАВР

Форма обучения ОЧНАЯ

Институт, факультет Институт пищевых производств и биотехнологии, факультет пищевых технологий

Кафедра-разработчик рабочей программы Кафедра промышленной биотехнологии

Курс – 3, семестр – 6

	Часы	Зачетные единицы
Лекции	36	1
Практические занятия	72	2
Самостоятельная работа	108	3
Форма аттестации	Зачет с оценкой	
Всего	216	6

Казань, 2018 г.

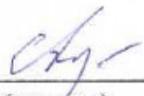
Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (№227 от 12.03.2015)

по направлению 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

по профилю «Рациональное использование материальных и энергетических ресурсов» на основании учебного плана (2018 г.).

Разработчик программы:

доцент кафедры ПБТ

  
(подпись)

С.А. Александровский

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры промышленной биотехнологии, протокол от 29.08.2018 г. № 1

Зав. кафедрой

  
(подпись)

А.С. Сироткин

### УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания методической комиссии факультета пищевых технологий от 06.09.2018 г. № 1

Председатель комиссии, профессор

  
(подпись)

А.С. Сироткин

Начальник УМЦ

  
(подпись)

Л.А. Китаева

## ***1. Цели освоения дисциплины***

Целями освоения дисциплины «Системы ферментации» являются:

*а) формирование знаний о технологии и аппаратном оформлении производств продуктов биосинтеза, о конструкциях аппаратов и принципах их действия;*

*б) ознакомление студентов с существующими методами расчета оборудования и оптимизации технологических процессов, с выполнением материально-сырьевых расчетов.*

## ***2. Место дисциплины в структуре ООП ВО***

Дисциплина «Системы ферментации» относится к дисциплинам по выбору вариативной части профессионального цикла ООП и формирует у бакалавров по направлению подготовки 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» набор знаний, умений, навыков и компетенций, необходимых для выполнения производственно-технологической, организационно-управленческой, научно-исследовательской и проектной деятельности.

Для успешного освоения дисциплины «Системы ферментации» бакалавр по направлению подготовки 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

*а) Б1.Б.8 Физика;*

*б) Б1.Б.17 Процессы и аппараты химической технологии;*

Дисциплина «Системы ферментации» является предшествующей и необходима для успешного усвоения последующих дисциплин:

*а) Б1.В.ОД.19 Анализ и рациональное использование материальных и энергетических ресурсов в биотехнологии.*

*б) Б1.В.ОД.20 Ресурсо- и энергосберегающие технологии;*

Знания, полученные при изучении «Системы ферментации» могут быть использованы при прохождении производственной и преддипломной практики и выполнении выпускных квалификационных работ по направлению подготовки 18.03.02.

### ***3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины***

1. ПК-1 – способность осуществлять технологический процесс в соответствии с технологическим регламентом и использовать технические средства для измерения параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции.

2. ПК-2 – способность участвовать в совершенствовании технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения, минимизации воздействия на окружающую среду.

3. ПК-7 – готовность осваивать и эксплуатировать новое оборудование, принимать участие в наладивании, технических осмотрах, текущих ремонтах, проверке технического состояния оборудования и программных средств.

4. ПК-17 – способность участвовать в проектировании отдельных стадий технологических процессов с использованием современных информационных технологий.

5. ПК-18 – способность проектировать отдельные узлы (аппараты) с использованием автоматизированных прикладных систем.

#### ***В результате освоения дисциплины обучающийся должен:***

##### ***1) Знать:***

*а) основные принципы организации биотехнологического производства и его структуру, методы оценки эффективности и критерии оптимизации;*

*б) физическую суть процессов, протекающих на стадиях культивирования, выделения и концентрирования целевого продукта биосинтеза, методы расчета процессов и аппаратов*

*в) конструкции аппаратов и принцип их действия, методы расчета оборудования и реализуемых процессов, принципы построения и оптимизации технологических схем.*

##### ***2) Уметь:***

*а) самостоятельно составлять схему технологического процесса и выполнять материально-сырьевые расчеты;*

*б) выбирать необходимое ферментационное и иное оборудование;*

*в) производить расчеты технологических процессов и оборудования.*

##### ***3) Владеть:***

*а) современными методами расчета оборудования с использованием пакетов прикладных программ Excel.*

#### **4. Структура и содержание дисциплины «Системы ферментации»**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единицы, 216 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)				Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам
			Лекция	Семинар (Практиче- ское занятие)	Лабора- торные работы	СРС	
1	Основные структурные блоки технологических схем и их назначение	6	2	2		-	-
2	Стерилизация питательных сред и оборудования	6	4	6		12	Тест 1
3	Очистка воздуха, подаваемого на ферментацию	6	4	4		12	
4	Ферментационное оборудование и закономерности перемешивания и барботаж	6	6	12		18	Расчетная работа 1 Тест 2
5	Тепло- и массообменные процессы стадии ферментации	6	4	12		12	
6	Оборудование для разделения суспензий.	6	6	12		12	Расчетная работа 2
7	Оборудование для концентрирования и выделения продуктов биосинтеза	6	8	16		24	Расчетная работа 3 Тест 3
8	Аппараты для сушки продуктов биосинтеза	6	2	8		18	Расчетная работа 4
	Итого:		36	72		108	
	Форма аттестации						Зачет с оценкой

**5. Содержание лекционных занятий по темам с указанием формируемых компетенций и используемых инновационных образовательных технологий.**

<b>№ п/п</b>	<b>Раздел дисциплины</b>	<b>Часы</b>	<b>Тема лекционного занятия</b>	<b>Краткое содержание</b>	<b>Формируемые компетенции</b>
1	<b>Тема 1.</b> Основные структурные блоки технологических схем и их назначение	2	Основные структурные блоки технологических схем и их назначение	Стадии подготовки основных и вспомогательных материалов. Совокупность технологических процессов, задействованных в типовом производстве. Решение задач выделения, концентрирования и очистки целевого продукта.	<i>ПК-1, ПК-7, ПК-17, ПК-18</i>
2	<b>Тема 2.</b> Стерилизация питательных сред и оборудования.	4	Стерилизация питательных сред. Способы стерилизации питательных сред	Стерилизация питательных сред, кинетика гибели микроорганизмов. Влияние температуры на гибель клеток. Количественная оценка стерильности среды. Стерилизация острым и глухим паром, периодическая и непрерывная. Оптимизация тепловой стерилизации.	<i>ПК-1, ПК-2, ПК-7, ПК-17</i>
3	<b>Тема 3.</b> Очистка воздуха, подаваемого на ферментацию.	4	Очистка воздуха, подаваемого на ферментацию.	Тонкая очистка воздуха Фильтровальные материалы, конструкции аэрозольных фильтров. Критерий стерильности воздуха. Механизмы осаждения аэрозольных частиц. Коэффициент осаждения и высота фильтрующей насадки волокнистых фильтров.	<i>ПК-1, ПК-7, ПК-17</i>
4	<b>Тема 4.</b> Ферментационное оборудование и закономерности перемешивания и барботаж	6	Процессы ферментации и ферментационное оборудование	Назначение и конструкции внутренних устройства ферментера: теплообменников, мешалок, аэраторов, отражательных перегородок. Мощность, затрачиваемая на механическое и пневматическое перемешивание. Массо- и теплообмен в аппарате. Классификация ферментеров.	<i>ПК-1, ПК-7, ПК-17, ПК-18</i>
5	<b>Тема 5.</b> Тепло- и массообменные процессы стадии ферментации	4	Стехиометрия и кинетика массообменных процессов	Стехиометрия и энергетика процессов микробиологического синтеза. Материальный и тепловой балансы процесса культивирования. Факторы, влияющие на кинетику биосинтеза.	<i>ПК-1, ПК-7, ПК-17, ПК-18</i>

6	<b>Тема 6.</b> Оборудование для разделения суспензий	6	Оборудование для разделения суспензий	Фильтрование суспензий. Уравнение фильтрования. Фильтрация при постоянной скорости и при постоянном перепаде давления. Фильтрующие перегородки. Конструкции фильтров: нутчи, фильтр-пресс, вакуум-фильтры. Общие закономерности процессов разделения гетерогенных сред, характеристики процесса. Конструкции отстойных и фильтрующих центрифуг, центробежных сепараторов, их возможности. Разделение с помощью гидроциклонов.	<i>ПК-1, ПК-7, ПК-17, ПК-18</i>
7	<b>Тема 7.</b> Оборудование для концентрирования и выделения продуктов биосинтеза	8	Процессы и аппараты для концентрирования целевых продуктов биосинтеза	Механизм флотационного концентрирования суспензий. Основные способы флотации и конструкции флотаторов. Особенности процесса выпаривания продуктов биосинтеза. Одно- и многоступенчатая выпарка. Классификация выпарных аппаратов, их сравнительные показатели. Особенности процессов ультрафильтрации. Степень концентрирования, рабочие давления, область применения. Типы мембран и конструкции аппаратов. Твердофазная экстракция. Кинетика экстракции и основные схемы проведения процесса. Конструкций твердофазных экстракторов.	<i>ПК-1, ПК-7, ПК-17, ПК-18</i>
8	<b>Тема 8.</b> Сушка целевых продуктов биосинтеза	2	Условия сушки целевых продуктов биосинтеза и аппаратурное оформление	Особенности сушки продуктов биосинтеза. Материальный и тепловой балансы конвективной и контактной сушки. Классификация и конструкции сушилок.	<i>ПК-1, ПК-7, ПК-17, ПК-18</i>

## **6. Содержание практических занятий:**

Цель проведения практических занятий по дисциплине «Системы ферментации» – освоение лекционного материала и выработка определенных умений, связанных с выбором инженерных решений, определяющих построение технологического процесса для конкретного целевого продукта, выполнение материальных расчетов и расчетов стандартного оборудования.

<b>№ п/п</b>	<b>Раздел дисциплины</b>	<b>Часы 72</b>	<b>Тема семинара, практического занятия, лабораторного практикума</b>	<b>Формируемые компетенции</b>
1	Тема 1. Основные структурные блоки технологических схем и их назначение	2	Построение технологической цепочки для различных целевых продуктов	<i>ПК-7, ПК-18</i>
2	Тема 2. Стерилизация питательных сред и оборудования.	6	Расчет аппаратов периодической и непрерывной стерилизации.	<i>ПК-2, ПК-17</i>
3	Тема 3. Очистка воздуха, подаваемого на ферментацию.	4	Расчет высоты насадки волокнистого фильтра	<i>ПК-17</i>
4	Тема 4. Ферментационное оборудование и закономерности перемешивания и барботажа	12	1. Расчет системы аэрации ферментера и мощности на перемешивание. 2. Тепловой баланс процесса ферментации и расчет теплообменных устройств ферментера.	<i>ПК-1, ПК-7, ПК-17, ПК-18</i>
5	Тема 5. Тепло- и массообменные процессы стадии ферментации	12	1. Элементный баланс процесса микробиологического синтеза. 2. Материальный расчет процесса ферментации.	<i>ПК-1, ПК-7, ПК-17, ПК-18</i>
6	Тема 6. Оборудование для разделения суспензий	12	Расчет фильтров периодического и непрерывного действия	<i>ПК-7, ПК-17, ПК-18</i>
7	Тема 7. Оборудование для концентрирования и выделения продуктов биосинтеза	16	Расчет твердофазной экстракции в реакторах и батареях экстракторов-перколяторов	<i>ПК-2, ПК-17, ПК-18</i>
8	Тема 8. Сушка целевых продуктов биосинтеза	8	Комплексный расчет сушильной установки (с системой очистки газа)	<i>ПК-2, ПК-17, ПК-18</i>

## **7. Содержание лабораторных занятий**

Учебным планом по направлению 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» не предусмотрено проведение лабораторных занятий по дисциплине «Системы ферментации».

## 8. Самостоятельная работа бакалавра

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы (108)	Форма СРС	Формируемые компетенции
1	Технологии стерилизации питательной среды.	12	Написание реферата	ПК-2, ПК-17, ПК-18
2	Оборудование и материалы для тонкой очистки воздуха	12	Написание реферата	ПК-17
3	Расчет газожидкостного реактора	18	Выполнение расчета	ПК-2, ПК-17, ПК-18
4	Стехиометрия и кинетика процессов микробного синтеза	12	Написание реферата	ПК-1, ПК-17
5	Расчет фильтра для разделения суспензии	12	Выполнение расчета	ПК-17, ПК-18
6	Аппараты ультрафильтрации и обратного осмоса	12	Написание реферата	ПК-1, ПК-17
7	Расчет многоступенчатой экстракции	12	Выполнение расчета	ПК-17, ПК-18
8	Расчет конвективной сушилки	18	Выполнение расчета	ПК-17, ПК-18

## 9. Использование рейтинговой системы оценки знаний:

При оценке результатов деятельности студентов в рамках дисциплины «Системы ферментации» используется рейтинговая система. Рейтинговая оценка формируется на основании текущего и промежуточного контроля. Применение рейтинговой системы осуществляется согласно Положению о балльно-рейтинговой системе оценки знаний студентов.

При изучении дисциплины предусматривается выполнение четырех расчетных заданий и трех тестов; за эти контрольные точки студент может получить максимальное количество баллов – 90 (сдача 1-й расчетной работы – 20 баллов, сдача 2-й расчетной работы – 10 баллов, сдача 3-й расчетной работы – 15 баллов, сдача 4-й расчетной работы – 15 баллов, за 1-й, 2-ой и 3-й тесты – по 10 баллов). За посещение семинарских и лекционных занятия максимальное количество баллов – 10. В результате максимальный рейтинг составит – 100 баллов.

## 10. Информационно-методическое обеспечение дисциплины

### 10.1. Основная литература

При изучении дисциплины «Системы ферментации» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу.

Основные источники информации	Количество экземпляров
1. Кузнецова, И.М. Общая химическая технология. Методология проектирования химико-технологических процессов: учебник / под ред. Х.Э. Харлампыди – 2-е изд., перераб. – СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2013. – 448 с.	100 экз. в УНИЦ КНИТУ
2. Алексеев, Г.В. Технологические машины и оборудование биотехнологий: учебник / Алексеев Г.В., Антуфьев В.Т., Корниенко Ю.И., Пальчиков А.Н. – М.: ГИОРД, 2015 – 608 с.	ЭБС «Лань» <a href="https://e.lanbook.com/book/69870">https://e.lanbook.com/book/69870</a> Доступ из любой точки интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ
3. Александровский С.А. / Материально-сырьевые расчеты пищевых производств: учебное пособие – Казань: КНИТУ, 2012. – 130 с.	70 экз. в УНИЦ КНИТУ – Электронная библиотека УНИЦ КНИТУ: <a href="http://ft.kstu.ru/ft/aleksandrovskiy-materialno.pdf">http://ft.kstu.ru/ft/aleksandrovskiy-materialno.pdf</a> Доступ из любой точки интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ

### 10.2 Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Дополнительные источники информации	Количество экземпляров
1. Петухова, Е.В. Пищевая микробиология [Учебники] : учеб. пособие / Казань: КНИТУ, 2014. – 114 с.	– 70 экз. в УНИЦ КНИТУ; – Электронная библиотека УНИЦ КНИТУ: <a href="http://www.kstu.ru/ft/Petukhova-pishchevaya.pdf">http://www.kstu.ru/ft/Petukhova-pishchevaya.pdf</a> Доступ из любой точки интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ
2. Романова, С.М. Процессы, аппараты и оборудование для защиты литосферы от промышленных и бытовых отходов/ Романова С.М., Степанова С.В., Ярошевский А.Б. – Казань: КНИТУ, 2012. – 144 с.	70 книг в УНИЦ КНИТУ – Электронная библиотека УНИЦ КНИТУ: <a href="http://ft.kstu.ru/ft/romanova-protsessy.pdf">http://ft.kstu.ru/ft/romanova-protsessy.pdf</a> Доступ из любой точки интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ
3. Александровский С.А. Расчет и проектирование предприятий биотехнологической и пищевой промышленности: Задания к расчетным работам / С.А. Александровский. – Казань: Казан. гос. технол. ун-т, 2007. – 20 с.	10 экз. в УНИЦ КНИТУ 20 экз. на кафедре

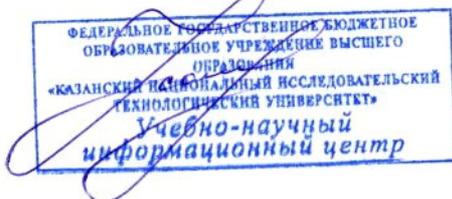
### ***10.3. Электронные источники информации***

При изучении дисциплины «Системы ферментации» рекомендуется использовать следующие электронные источники информации:

1. ЭБС Znanium.com. – Режим доступа: <http://znanium.com>
2. ЭБС КнигаФонд. – Режим доступа: <http://www.knigafund.ru>
3. ЭБС IPRbooks. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>
4. ЭБС Библиокомлектатор. – Режим доступа: <http://www.bibliocomplectator.ru>
5. ЭБС Лань. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com>
6. ЭБС Университетская библиотека Онлайн. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru>
7. ЭБС Библиотех. – Режим доступа: <https://kstu.bibliotech.ru>
8. ЭБС Консультант студента. Электронная библиотека технического вуза. – Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru>
9. ЭБС BOOK.RU. – Режим доступа: <http://www.book.ru>
10. ЭБС РУКОНТ. – Режим доступа: <http://rucont.ru>
11. Научная Электронная Библиотека (РУНЭБ). – Режим доступа: <http://elibrary.ru>
12. Электронная библиотека УНИЦ КНИТУ. – Режим доступа: <http://ft.kstu.ru/ft>
13. Электронный каталог УНИЦ КНИТУ. – Режим доступа: <http://ruslan.kstu.ru>

**Согласовано:**

Зав. сектором ОКУФ



### ***11. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины***

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся и итоговой (государственной итоговой) аттестации разрабатываются согласно положению о Фондах оценочных средств, рассматриваются как составная часть рабочей программы и оформляются отдельным документом

### ***12. Материально-техническое обеспечение дисциплины***

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины «Системы ферментации» на лекциях и практических занятиях используются персональные компьютеры с выходом в Интернет, проектор, экран, комплект электронных презентаций/слайдов, пакеты ПО общего назначения (текстовые и графические редакторы).

### ***13. Образовательные технологии***

При преподавании дисциплины используются такие интерактивные образовательные технологии, как проведение лекций и практических (семинарских) занятий в форме многосторонней коммуникации (в диалоговом режиме и групповые дискуссии).

Объем занятий, проводимых в интерактивных формах согласно учебному плану дисциплины «Системы ферментации» составляет: для лекционных занятий – 12 часов из 36, для практических – 20 из 72 часов аудиторных занятий.

Основные интерактивные формы проведения учебных занятий:

- изучение и закрепление нового материала на интерактивной лекции (лекция с разбором конкретных ситуаций);
- творческие задания;
- работа в малых группах;
- обсуждение и разрешение проблем.