

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Лужанин Владимир Геннадьевич  
Должность: исполняющий обязанности ректора  
Дата подписания: 08.02.2022 13:55:00  
Уникальный программный ключ:  
4f6042f92f26818253a667205646475b978907ac6

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**  
**«Пермская государственная фармацевтическая академия»**  
**Министерства здравоохранения Российской Федерации**

---

Кафедра промышленной технологии лекарств с курсом биотехнологии

УТВЕРЖДЕНА  
решением кафедры  
Протокол от «29» июня 2017 г.  
№ 15

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.ОД.1 Процессы и аппараты биотехнологии

*(индекс, наименование дисциплины, в соответствии с учебным планом)*

Б1.В.ОД.1ПиАБТ

*(индекс, краткое наименование дисциплины)*

19.03.01 Биотехнология

*(код, наименование направления подготовки (специальности))*

Фармацевтическая биотехнология

*(направленность(и) (профиль (и)/специализация(ии))*

Бакалавр

*(квалификация)*

Очная

*(форма(ы) обучения)*

Год набора - 2018

Пермь, 2017 г.

**Авторы–составители:**

д-р.фармацевт. наук, заведующий кафедрой  
промышленной технологии лекарств с курсом  
биотехнологии, профессор

*(ученая степень и(или) ученое звание, должность)*

Орлова Е.В.  
*(Ф.И.О.)*

канд. фармацевт.наук, старший преподаватель  
кафедры промышленной технологии лекарств  
с курсом биотехнологии

*(ученая степень и(или) ученое звание, должность)*

Мальгина Д.Ю.  
*(Ф.И.О.)*

Заведующий кафедрой промышленной технологии

лекарств с курсом биотехнологии, д-р.фармацевт. наук, профессор

*(наименование кафедры полностью)*

*(ученая степень и(или) ученое звание )*

*(Ф.И.О.)*

Орлова Е.В.

## СОДЕРЖАНИЕ

1.	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	4
2.	Объем и место дисциплины в структуре ОПОП.....	4
3.	Содержание и структура дисциплины .....	4
4.	Фонд оценочных средств по дисциплине.....	9
5.	Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины.....	12
6.	Учебная литература для обучающихся по дисциплине .....	12
7.	Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы .....	12

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения программы

1.1. Дисциплина Б1.В.ОД.1 Процессы и аппараты биотехнологии обеспечивает овладение следующими компетенциями:

ПК-1 способность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров биотехнологических процессов, свойств сырья и продукции, формируется данной дисциплиной частично.

1.2. В результате освоения дисциплины у студентов должны быть:

ПК-1:

- сформированы знания: об общих теоретических закономерностях гидромеханических, тепло-массообменных процессов, о принципах действия и устройстве основных аппаратов в фармацевтической технологии;
- сформированы умения: определять по справочным данным основные характеристики механических, гидромеханических, тепловых, массообменных процессов;
- сформированы навыки: аналитической работы по подбору аппаратов и выполнению простых расчетов параметров процессов и оборудования фармацевтической технологии; работы со справочной и технической литературой; подбора и расчета аппаратов в профессиональной деятельности.

## 2. Объем и место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ОД.1 Процессы и аппараты биотехнологии, относится к базовой части ОПОП, 3 курс, 5 и 6 семестр ее освоения в соответствии с учебным планом, общая трудоемкость дисциплины 324 ч / 9 зачетных единиц (з.е.).

Количество академических часов, выделенных на контактную работу с преподавателем: 152 ч, из них лекций - 52 ч, лабораторных занятий – 100 ч, самостоятельной работы – 136 ч.

Форма промежуточной аттестации в соответствии с учебным планом - экзамен – 36 ч.

Дисциплина реализуется после изучения дисциплин: Б1.В.ДВ.2.1 Методы биохимических исследований, Б1.В.ДВ.2.2 Микробиологические методы исследования в оценке качества лекарственных средств

## 3. Содержание и структура дисциплины

3.1. Структура дисциплины.

№ п/п	Наименование разделов, тем	Объем дисциплины, час.				Форма текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации
		Всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий			
			Л	ЛЗ	ПЗ	
<b>Очная форма обучения</b>						
<b>Семестр №5</b>						

№ п/п	Наименование разделов, тем	Объем дисциплины, час.					Форма текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	
		Всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий			СР		ПА*
			Л	ЛЗ	ПЗ			
Раздел 1	Общее представление о процессах и аппаратах, гидродинамические процессы	110	18	36		56		О, К, РГР, Т
Тема 1.1	Классификация процессов. Непрерывные и периодические, стационарные и нестационарные процессы.	10	2	4		4		О
Тема 1.2	Жидкости. Модель непрерывной (сплошной) среды. Понятие физического элементарного объема. Идеальная жидкость. Капельные, упругие жидкости. Силы, действующие в жидкости: объемные и поверхностные. Напряжения в жидкостях и газах (тангенциальные и нормальные). Плотность, вязкость жидкости.	10	2	4		4		О
Тема 1.3	Понятие о режимах движения жидкости. Число Рейнольдса. Материальный баланс потока жидкости. Уравнение неразрывности.	10	2	4		4		О
Тема 1.4	Уравнение Эйлера (идеальная жидкость). Равновесие жидкости в поле силы тяжести. Основное уравнение гидростатики. Энергетический смысл уравнения Бернулли.	14	2	4		8		О
Тема 1.5	Уравнение Навье-Стокса (реальная жидкость). Турбулентное течение. Понятие о пограничном слое. Гидравлический радиус и эквивалентный диаметр. Распределение скоростей по радиусу трубы постоянного сечения при ламинарном стационарном течении.	14	2	4		8		О

№ п/п	Наименование разделов, тем	Объем дисциплины, час.					Форма текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	
		Всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий			СР		ПА*
			Л	ЛЗ	ПЗ			
Тема 1.6	Гидродинамическое сопротивление в трубопроводах. Потери энергии на трение и местные сопротивления. Расчет простых трубопроводов. Расчет коэффициента трения. Оптимальные скорости движения жидкостей и газов (паров).	14	2	4		8		РГР
Тема 1.7	Перемещение жидкостей и газов с помощью аппаратов, повышающих давление. Типы насосов и компрессоров.	14	2	4		8		О
Тема 1.8	Параметры работы гидравлических машин (производительность, мощность, КПД).	14	2	4		8		О
Тема 1.9	Расчет напора и потребляемой мощности. Допустимая высота всасывания. Кавитация. Подходы к выбору насосов.	10	2	4		4		К, Т
Раздел 2	Теплообменные процессы	118	22	40		56		О, Т
Тема 2.1	Перенос энергии в форме теплоты. Температурное поле. Закон Фурье.	14	2	4		8		О
Тема 2.2	Потенциал переноса. Молекулярный и конвективный перенос. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена Фурье-Кирхгофа.	14	2	4		8		О
Тема 2.3	Дифференциальное уравнение теплопроводности (из уравнения Фурье-Кирхгофа). Температуропроводность – теплоинерционные свойства среды.	14	2	4		8		О
Тема 2.4	Стационарный перенос теплоты через плоские и цилиндрические стенки. Коэффициенты теплопроводности газов, жидкостей, твердых тел.	14	2	4		8		О

№ п/п	Наименование разделов, тем	Объем дисциплины, час.					Форма текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	
		Всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий			СР		ПА*
			Л	ЛЗ	ПЗ			
	Теплоотдача и теплопередача.							
Тема 2.5	Теплопередача в поверхностных теплообменниках. Аддитивность термических сопротивлений. Взаимное направление движения теплоносителей	14	2	4		8	О	
<b>Семестр №6</b>								
Тема 2.6	Способы определения коэффициентов теплоотдачи. Подobie тепловых процессов. Критериальные уравнения теплообмена в процессах без изменения агрегатного состояния теплоносителя. Теплообмен при изменении агрегатного состояния. Конденсация паров. Формула Нуссельта. Теплообмен при кипении.	16	4	8		4	О	
Тема 2.7	Радиантный теплоперенос. Взаимное излучение тел. Перенос теплоты. Расчет потерь теплоты аппаратами в окружающую среду. Тепловая изоляция.	10	2	4		4	О	
Тема 2.8	Способы подвода теплоты в фармацевтической технологии. Требования, предъявляемые к теплоносителям. Обогрев водяным паром, высокотемпературными органическими теплоносителями, топочными газами. Способы электрообогрева. Способы отвода теплоты водой, воздухом и низкотемпературными теплоносителями.	10	2	4		4	О	

№ п/п	Наименование разделов, тем	Объем дисциплины, час.					Форма текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	
		Всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий			СР		ПА*
			Л	ЛЗ	ПЗ			
Тема 2.9	Теплообменные аппараты. Основные типы поверхностных теплообменников. Смесительные теплообменники. Основные подходы усовершенствования теплообменных аппаратов. Расчет теплообменных аппаратов.	12	4	4		4		Т
Раздел 3	Массообменные процессы.	60	12	24		24		О,К, РГР, Т
Тема 3.1	Характеристика процессов массопередачи. Расчеты массообменных аппаратов. Массообменные аппараты.	10	2	4		4		О
Тема 3.2	Сорбционные процессы. Классификация сорбционных процессов.	12	4	4		4		О
Тема 3.3	Перегонка и ректификация. Теоретические основы процессов. Простая и сложная перегонка. Ректификационные аппараты. Расчет колонны.	10	2	4		4		РГР
Тема 3.4	Экстракция. Общие сведения. Методы экстракции. Экстрагирование в системе «Твердое тело-жидкость». Экстракция в системе «жидкость - жидкость». Экстракторы.	10	2	4		4		О
Тема 3.5	Сушка и сушильное оборудование. Формы связи влаги с материалом. Процесс сушки. Способы сушки.	18	2	8		8		К, Т
2	Промежуточная аттестация	36					36	Экзамен
<b>Итого за семестр №6</b>		<b>144</b>	<b>24</b>	<b>44</b>		<b>40</b>	<b>36</b>	
<b>Всего:</b>		<b>324</b>	<b>52</b>	<b>100</b>		<b>136</b>	<b>36</b>	

Примечание: О (опрос), Р (расчетно-графическая работа), К (коллоквиум), Т (тест), промежуточная аттестация (ПА).

### 3.2 Содержание дисциплины

Раздел 1. Общее представление о процессах и аппаратах, гидродинамические процессы.



Тема 1.1 Классификация процессов. Непрерывные и периодические, стационарные и нестационарные процессы.

Тема 1.2. Жидкости. Модель непрерывной (сплошной) среды. Понятие физического элементарного объема. Идеальная жидкость. Капельные, упругие жидкости. Силы, действующие в жидкости: объемные и поверхностные. Напряжения в жидкостях и газах (тангенциальные и нормальные). Плотность, вязкость жидкости.

Тема 1.3. Понятие о режимах движения жидкости. Число Рейнольдса. Материальный баланс потока жидкости. Уравнение неразрывности.

Тема 1.4. Уравнение Эйлера (идеальная жидкость). Равновесие жидкости в поле силы тяжести. Основное уравнение гидростатики. Энергетический смысл уравнения Бернулли.

Тема 1.5. Уравнение Навье-Стокса (реальная жидкость). Турбулентное течение. Понятие о пограничном слое. Гидравлический радиус и эквивалентный диаметр. Распределение скоростей по радиусу трубы постоянного сечения при ламинарном стационарном течении.

Тема 1.6. Гидродинамическое сопротивление в трубопроводах. Потери энергии на трение и местные сопротивления. Расчет простых трубопроводов. Расчет коэффициента трения. Оптимальные скорости движения жидкостей и газов (паров).

Тема 1.7. Перемещение жидкостей и газов с помощью аппаратов, повышающих давление. Типы насосов и компрессоров.

Тема 1.8. Параметры работы гидравлических машин (производительность, мощность, КПД).

Тема 1.9. Расчет напора и потребляемой мощности. Допустимая высота всасывания. Кавитация. Подходы к выбору насосов.

Раздел 2. Теплообменные процессы.

Тема 2.1. Перенос энергии в форме теплоты. Температурное поле. Закон Фурье.

Тема 2.2. Потенциал переноса. Молекулярный и конвективный перенос. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена Фурье-Кирхгофа.

Тема 2.3. Дифференциальное уравнение теплопроводности (из уравнения Фурье-Кирхгофа). Температуропроводность – теплоинерционные свойства среды.

Тема 2.4. Стационарный перенос теплоты через плоские и цилиндрические стенки. Коэффициенты теплопроводности газов, жидкостей, твердых тел. Теплоотдача и теплопередача.

Тема 2.5. Теплопередача в поверхностных теплообменниках. Аддитивность термических сопротивлений. Взаимное направление движения теплоносителей.

Тема 2.6. Способы определения коэффициентов теплоотдачи. Подобие тепловых процессов. Критериальные уравнения теплообмена в процессах без изменения агрегатного состояния теплоносителя. Теплообмен при изменении агрегатного состояния. Конденсация паров. Формула Нуссельта. Теплообмен при кипении.

Тема 2.7. Радиантный теплоперенос. Взаимное излучение тел. Перенос теплоты. Расчет потерь теплоты аппаратами в окружающую среду. Тепловая изоляция.

Тема 2.8. Способы подвода теплоты в фармацевтической технологии. Требования, предъявляемые к теплоносителям. Обогрев водяным паром, высокотемпературными органическими теплоносителями, топочными газами. Способы электрообогрева. Способы отвода теплоты водой, воздухом и низкотемпературными теплоносителями.

Тема 2.9. Теплообменные аппараты. Основные типы поверхностных теплообменников. Смесительные теплообменники. Основные подходы усовершенствования теплообменных аппаратов. Расчет теплообменных аппаратов.

Раздел 3. Массообменные процессы.

Тема 3.1. Характеристика процессов массопередачи. Расчеты массообменных аппаратов. Массообменные аппараты.

Тема 3.2. Сорбционные процессы. Классификация сорбционных процессов.

Тема 3.3. Перегонка и ректификация. Теоретические основы процессов. Простая и сложная перегонка. Ректификационные аппараты. Расчет колонны.

Тема 3.4. Экстракция. Общие сведения. Методы экстракции. Экстрагирование в системе «Твердое тело-жидкость». Экстракция в системе «жидкость - жидкость». Экстракторы.

Тема 3.5. Сушка и сушильное оборудование. Формы связи влаги с материалом. Процесс сушки. Способы сушки.

#### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

4.1. Формы и материалы текущего контроля.

4.1.1. В ходе реализации дисциплины Б1.В.ОД.1 Процессы и аппараты биотехнологии используются следующие формы текущего контроля успеваемости обучающихся: опрос, тест, расчетное задание, коллоквиум.

4.1.2. Материалы текущего контроля успеваемости.

Опрос:

1-3 вопроса. В опросе на определенную тему участвуют не менее 3 студентов. Вопросы для опросов сформулированы как требующие развернутого ответа, поэтому ответы на один вопрос могут быть приняты от нескольких студентов. За период обучения по дисциплине в опросе должен участвовать каждый студент не менее 3 раз.

Примеры вопросов:

1. Классификация процессов. Непрерывные и периодические, стационарные и нестационарные процессы.
2. Теплообменные аппараты. Основные типы поверхностных теплообменников. Смесительные теплообменники. Основные подходы усовершенствования теплообменных аппаратов. Расчет теплообменных аппаратов.
3. Экстракция. Общие сведения. Методы экстракции. Экстрагирование в системе «Твердое тело-жидкость». Экстракция в системе «жидкость - жидкость». Экстракторы.

Тест:

Пример вопросов теста, в каждом задании 1 правильный ответ.

Выберите правильный ответ.

Как называется система, состоящая из жидкой дисперсионной и твердой дисперсной фазы:

1. Эмульсия
2. Пены
3. Суспензия
4. Туманы.

Расчетное задание:

Рассчитать ректификационную колонну непрерывного действия для разделения бинарной смеси гексан – бензол по следующим данным:

Производительность по исходной смеси  $F = 9,5$  кг/с.

Содержание легколетучего компонента в % по массе:

в исходной смеси  $x_F = 23\%$ ;

в дистилляте  $xP = 82\%$ ;  
в кубовом остатке  $xW = 6\%$ .

Атмосферное давление в колонне

Тип ректификационной колонны – насадочная, с кольцами Рашига.

Рассчитать подогреватель исходной смеси (кожухотрубный теплообменник), если известно, что для обогрева используется избыточный насыщенный пар 3 атм, конденсат отводится при температуре конденсации. Температура исходной смеси 200 °С.

Коллоквиум:

#### Билет 1

1. Охарактеризуйте понятие «идеальная жидкость».
2. Расчет напора и потребляемой мощности насосов. Допустимая высота всасывания. Подходы к выбору насосов.

#### 4.1.3. Шкала оценивания для текущего контроля.

Опрос:

Оценка результатов выполнения заданий оценочного средства осуществляется на основе их соотнесения с планируемыми результатами обучения по дисциплине и установленными критериями оценивания сформированности закрепленных компетенций.

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся при полном ответе на вопросы, правильном использовании терминологии, уверенных ответах на дополнительные вопросы;
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся при полном ответе на вопросы, наличии ошибок в терминологии, неуверенных ответах на дополнительные вопросы;
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся при неполном ответе на вопросы, наличии ошибок в терминологии, неуверенных ответах на дополнительные вопросы;
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся при отсутствии ответа.

Тест:

«Отлично» 90 - 100% правильных ответов

«Хорошо» 75 - 89% правильных ответов

«Удовлетворительно» 60 - 74% правильных ответов

«Неудовлетворительно» 59% и менее правильных ответов.

Расчетно-графическая работа

Критерии и шкала оценивания расчетно-графической работы:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся при правильном решении расчетно-графической работы, прослеживается ход решения, а также обучающийся уверенно отвечает на вопросы, касающиеся хода решения расчетно-графической работы;
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся при правильном решении расчетно-графической работы, прослеживается ход решения, при этом обучающийся отвечает не на все вопросы, касающиеся хода решения расчетно-графической работы;
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся при правильном решении расчетно-графической работы, но ход решения не прослеживается, при этом обучающийся отвечает не на все вопросы, касающиеся хода решения расчетно-графической работы;
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся при неправильном решении расчетно-графической работы.

Коллоквиум:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся при полном ответе на вопросы, правильном использовании терминологии, уверенных ответах на дополнительные вопросы;
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся при полном ответе на вопросы, наличии ошибок в терминологии, неуверенных ответах на дополнительные вопросы;
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся при неполном ответе на вопросы, наличии ошибок в терминологии, неуверенных ответах на дополнительные вопросы;
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся при отсутствии ответа или неверном ответе на вопросы.

#### 4.2. Формы и материалы промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена. Критерием допуска к экзамену является посещение всех лекций, выполнение расчетно-графических работ (на оценку «удовлетворительно» и выше).

4.2.1. Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

4.2.2. Оценочные средства для промежуточной аттестации.

##### Билет 1

1. Классификация процессов. Непрерывные и периодические, стационарные и нестационарные процессы.
2. Теплообменные аппараты. Основные типы поверхностных теплообменников. Смесительные теплообменники. Основные подходы усовершенствования теплообменных аппаратов. Расчет теплообменных аппаратов.

4.2.3. Шкала оценивания.

Экзамен:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся при полном ответе на вопрос, правильном использовании терминологии, уверенных ответах на дополнительные вопросы;
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся при полном ответе на вопрос, наличии ошибок в терминологии, неуверенных ответах на дополнительные вопросы;
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся при неполном ответе на вопрос, наличии ошибок в терминологии, неуверенных ответах на дополнительные вопросы;
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся при отсутствии ответа.

### 5. Методические материалы по освоению дисциплины

Методические материалы для обучающихся на дисциплине Б1.В.ОД.1 Процессы и аппараты биотехнологии (полный комплект методических материалов находится на кафедре промышленной технологии лекарств с курсом биотехнологии).

### 6. Учебная литература для обучающихся по дисциплине

6.1. Основная литература.

1. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии ч.1: учебник для ВУЗов - М.:Химия, 1995.- 400 с.
2. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии ч.2: учебник для ВУЗов - М.:Химия, 1995.- 368 с.

6.2. Дополнительная литература.

1. Федосеев, К.Г. Процессы и аппараты биотехнологии и химико-фармацевтической промышленности [Текст] : учебное пособие / К. Г. Федосеев. - Москва : Медицина, 1969. - 200 с.
2. Фролов, В.Ф. Методы расчёта процессов и аппаратов химической технологии: (примеры и задачи) / В.Ф. Фролов, П.Г. Романков, О.М. Флисюк. – Санкт-Петербург :Химиздат, 2010. – 544 с.

#### **7. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы**

Для проведения лекционных и практических занятий используются учебные аудитории, оснащенные специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. Аудитория оснащена ноутбуком, проектором. Кроме этого у студента есть возможность доступа в интернет, к базам данных электронных библиотек в компьютерном классе. Аудитория (№24) и компьютерный класс (№1) расположены в корпусе по адресу г. Пермь, ул. Крупской, 46, ауд.24.

Инвентарные номера оборудования в аудитории 24: ноутбук: 0130006446, проектор: 013006782.

## АННОТАЦИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.ОД.1 Процессы и аппараты биотехнологии

**Код и наименование направления подготовки, профиля:** 19.03.01 Биотехнология. Фармацевтическая биотехнология.

**Квалификация выпускника:** бакалавр.

**Форма обучения:** очная.

**Формируемые компетенции:**

Дисциплина Б1.В.ОД.1 Процессы и аппараты биотехнологии обеспечивает овладение следующими компетенциями: ПК-1 способность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров биотехнологических процессов, свойств сырья и продукции, формируется данной дисциплиной частично.

В результате освоения дисциплины у студентов должны быть:

ПК-1:

- сформированы знания: об общих теоретических закономерностях гидромеханических, тепло-массообменных процессов, о принципах действия и устройстве основных аппаратов в фармацевтической технологии;
- сформированы умения: определять по справочным данным основные характеристики механических, гидромеханических, тепловых, массообменных процессов;
- сформированы навыки: аналитической работы по подбору аппаратов и выполнению простых расчетов параметров процессов и оборудования фармацевтической технологии; работы со справочной и технической литературой; подбора и расчета аппаратов в профессиональной деятельности.

**Объем и место дисциплины в структуре ОПОП:** дисциплина Б1.В.ОД.1 Процессы и аппараты биотехнологии, относится к базовой части ОПОП, 3 курс, 5 и 6 семестр ее освоения в соответствии с учебным планом, общая трудоемкость дисциплины 324 ч /9 зачётные единицы (з. е.). Количество академических часов, выделенных на контактную работу с преподавателем: 152 ч, из них лекций - 52 ч, лабораторных занятий – 100 ч, самостоятельной работы – 136 ч. Форма промежуточной аттестации в соответствии с учебным планом - экзамен.

**План дисциплины:**

Раздел 1. Общее представление о процессах и аппаратах, гидродинамические процессы

Тема 1. Классификация процессов. Непрерывные и периодические, стационарные и нестационарные процессы.

Тема 2. Жидкости. Модель непрерывной (сплошной) среды. Понятие физического элементарного объема. Идеальная жидкость. Капельные, упругие жидкости. Силы, действующие в жидкости: объемные и поверхностные. Напряжения в жидкостях и газах (тангенциальные и нормальные). Плотность, вязкость жидкости.

Тема 3. Понятие о режимах движения жидкости. Число Рейнольдса. Материальный баланс потока жидкости. Уравнение неразрывности.

Тема 4. Уравнение Эйлера (идеальная жидкость). Равновесие жидкости в поле силы тяжести. Основное уравнение гидростатики. Энергетический смысл уравнения Бернулли.

Тема 5. Уравнение Навье-Стокса (реальная жидкость). Турбулентное течение. Понятие о пограничном слое. Гидравлический радиус и эквивалентный диаметр. Распределение скоростей по радиусу трубы постоянного сечения при ламинарном стационарном течении.

Тема 6. Гидродинамическое сопротивление в трубопроводах. Потери энергии на трение и местные сопротивления. Расчет простых трубопроводов. Расчет коэффициента трения. Оптимальные скорости движения жидкостей и газов (паров).

Тема 7. Перемещение жидкостей и газов с помощью аппаратов, повышающих давление. Типы насосов и компрессоров.

Тема 8. Параметры работы гидравлических машин (производительность, мощность, КПД).

Тема 9. Расчет напора и потребляемой мощности. Допустимая высота всасывания. Кавитация. Подходы к выбору насосов.

Раздел 2. Теплообменные процессы

Тема 10. Перенос энергии в форме теплоты. Температурное поле. Закон Фурье.

Тема 11. Потенциал переноса. Молекулярный и конвективный перенос. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена Фурье-Кирхгофа.

Тема 12. Дифференциальное уравнение теплопроводности (из уравнения Фурье-Кирхгофа). Температуропроводность – теплоинерционные свойства среды.

Тема 13. Стационарный перенос теплоты через плоские и цилиндрические стенки. Коэффициенты теплопроводности газов, жидкостей, твердых тел. Теплоотдача и теплопередача.

Тема 14. Теплопередача в поверхностных теплообменниках. Аддитивность термических сопротивлений. Взаимное направление движения теплоносителей

Семестр №6

Тема 15. Способы определения коэффициентов теплоотдачи. Подобие тепловых процессов. Критериальные уравнения теплообмена в процессах без изменения агрегатного состояния теплоносителя. Теплообмен при изменении агрегатного состояния. Конденсация паров. Формула Нуссельта. Теплообмен при кипении.

Тема 16. Радиантный теплоперенос. Взаимное излучение тел. Перенос теплоты. Расчет потерь теплоты аппаратами в окружающую среду. Тепловая изоляция.

Тема 17. Способы подвода теплоты в фармацевтической технологии. Требования, предъявляемые к теплоносителям. Обогрев водяным паром, высокотемпературными органическими теплоносителями, топочными газами. Способы электрообогрева. Способы отвода теплоты водой, воздухом и низкотемпературными теплоносителями.

Тема 18. Теплообменные аппараты. Основные типы поверхностных теплообменников. Смесительные теплообменники. Основные подходы усовершенствования теплообменных аппаратов. Расчет теплообменных аппаратов.

Раздел 3. Массообменные процессы

Тема 19. Характеристика процессов массопередачи. Расчеты массообменных аппаратов. Массообменные аппараты.

Тема 20. Сорбционные процессы. Классификация сорбционных процессов.

Тема 21. Перегонка и ректификация. Теоретические основы процессов. Простая и сложная перегонка. Ректификационные аппараты. Расчет колонны.

Тема 22. Экстракция. Общие сведения. Методы экстракции. Экстрагирование в системе «Твердое тело-жидкость». Экстракция в системе «жидкость - жидкость». Экстракторы.

Тема 23. Сушка и сушильное оборудование. Формы связи влаги с материалом. Процесс сушки. Способы сушки.

**Формы текущего контроля и промежуточной аттестации:** опрос, тест, расчетно-графическая работа, коллоквиум. Промежуточная аттестация – экзамен.

Согласовано:

Декан ФОО \_\_\_\_\_ /О.Е. Саттарова  
« 12 » июля 20 21 г.

Утверждено:

проректор по учебно-воспитательной работе  
\_\_\_\_\_ /Е.Р. Курбатов  
« 12 » июля 20 21 г.



## ЛИСТ ДОПОЛНЕНИЙ И ИЗМЕНЕНИЙ

к рабочей программе дисциплины

Б1.В.ОД.1 Процессы и аппараты биотехнологии

Направление подготовки 19.03.01 Биотехнология

Профиль: фармацевтическая биотехнология

Уровень: бакалавриат

Год начала подготовки 2018

Образовательная деятельность при освоении дисциплины Процессы и аппараты биотехнологии организуется в форме практической подготовки в соответствии с редакцией Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 №273, действующей с 01.09.2021 г.

Практическая подготовка при реализации данной дисциплины организуется путем проведения практических занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью и направленных на формирование, закрепление, развитие практических навыков и компетенции по профилю соответствующей образовательной программы.

Дополнения и изменения внесены

Зав. учебно-методическим отделом

\_\_\_\_\_ Седова А.Б.  
« 07 » июля 20 21 г.