

Направление подготовки бакалавриата 15.03.02  
«Технологические машины и оборудование»  
Профиль подготовки «Экологическая безопасность производственных процессов»  
РПД Б1.В.ДВ.04.02 «Технологические потоки экологических процессов»



**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске**

**УТВЕРЖДАЮ**

Зам. директора  
по учебно-методической работе  
филиала ФГБОУ ВО  
«НИУ «МЭИ» в г. Смоленске

  
В.В. Рожков  
« 03 » 05 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОТОКИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки: **15.03.02 «Технологические машины и оборудование»**

Профиль подготовки **«Экологическая безопасность производственных процессов»**

Уровень высшего образования: **бакалавриат**

Нормативный срок обучения: **4 года**

Форма обучения: **очная**

Год набора: **2024**

Смоленск, 2024

Программа составлена с учетом ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», утвержденного приказом Минобрнауки России от 09.08.2021 г. № 728

**Программу составил:**

подпись

к.т.н., доцент Гончаров М.В.  
ФИО

«19» апреля 2024 г.

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры «Технологические машины и оборудование»

«24» апреля 2024 г., протокол № 8

**Заведующий кафедрой «Технологические машины и оборудование»:**

подпись

к.т.н., доцент Гончаров М.В.  
ФИО

«02» мая 2024 г.

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

**Ответственный в филиале по работе  
с ЛОВЗ и инвалидами**

подпись

зам. начальника УУ Зуева Е.В.  
ФИО

«03» мая 2024 г.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель** подготовка обучающихся к научно-исследовательской и производственно-технологической деятельности по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений и навыков, выполнение производственно-технологического вида профессиональной деятельности

**Задачи:** изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов, привитие навыков применения теоретических знаний для решения практических задач.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина Б1.В.ДВ.04.02 Технологические потоки пищевых производств относится к дисциплинам по выбору вариативной части образовательной программы подготовки бакалавров по профилю «Экологическая безопасность производственных процессов», направления 15.03.02 «Технологические машины и оборудование».

В соответствии с учебным планом по направлению подготовки «Технологические машины и оборудование», дисциплина «Технологические потоки экологических процессов» базируется на следующих дисциплинах (практиках):

Б1.В.02 Детали машин

Б1.В.09 Процессы и аппараты окружающей среды

Б2.В.02(П) Технологическая (проектно-технологическая) практика

Знания, умения и навыки, полученные студентами в процессе изучения дисциплины, являются базой для изучения следующих дисциплин:

Б1.В.05 Экологическая экспертиза

Б1.В.16 Основы экологического проектирования продукции и процессов

Б1.В.ДВ.04.01 Ресурсосберегающие технологии, переработка и утилизация отходов

Б2.В.04(Пд) Преддипломная практика

Б3.01 Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы

ФТД.02 Конструирование узлов и деталей технологического оборудования

## 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины направлено на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки (*специальности*):

### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

Компетенция	Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения
ПК-2. Способен обеспечивать технологичность изделий и оптимальность процессов их изготовления, контролировать соблюдение технологической дисциплины при	ПК-2.1 Обосновывает выбор наиболее целесообразного решения при обеспечении технологичности изделий и оптимальности процессов их изготовления	Знает основы конструирования машин, назначение, принципы работы, технические характеристики, номенклатуру продукции при обеспечении технологичности изделий и оптимальности процессов их изготовления.

изготовлении изделий		Умеет планировать этапы проектирования и применять правила разработки проектов при изготовлении изделий Владеет навыками по разработке перечня необходимых элементов определения технологичности изделий и оптимальности процессов их изготовления
	ПК-2.2 Применяет навыки при контроле соблюдения технологической дисциплины при изготовлении изделий	Знает основы промышленной безопасности при изготовлении изделий Умеет применять навыки при контроле соблюдения технологической дисциплины при изготовлении изделий Владеет методами и способами контроле соблюдения технологической дисциплины при изготовлении изделий

Направление подготовки бакалавриата 15.03.02

«Технологические машины и оборудование»

Профиль подготовки «Экологическая безопасность производственных процессов»

РПД Б1.В.ДВ.04.02 «Технологические потоки экологических процессов»



#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### Структура дисциплины:

№	Индекс	Наименование	Семестр 7										Итого за курс										Каф	Семестр				
			Контроль	Академических часов										з.е.	Контроль	Академических часов										з.е.		
				Всего	Кон такт	Лек	Лаб	Пр	КРП	СР	Конт роль	Всего	Кон такт			Лек	Лаб	Пр	КРП	СР	Конт роль							
9	Б1.В.ДВ.04.02	Технологические потоки экологических процессов	Экз РГР	180	50	18	16	16		94	36	5	Экз РГР	180	50	18	16	16		94	36	5	18	7				

##### ОБОЗНАЧЕНИЯ:

##### Виды промежуточной аттестации (виды контроля):

Экз - экзамен;

ЗаО - зачет с оценкой;

За – зачет;

##### Виды работ:

Контакт. – контактная работа обучающихся с преподавателем;

Лек. – лекционные занятия;

Лаб.– лабораторные работы;

Пр. – практические занятия;

КРП – курсовая работа (курсовой проект);

РГР – расчетно-графическая работа (реферат);

СР – самостоятельная работа студентов;

з.е.– объем дисциплины в зачетных единицах.

**Содержание дисциплины:**

№	Наименование видов занятий и тематик, содержание
1	лекционные занятия 9 шт. по 2 часа: 1.1. Представление технологического процесса как технологического потока. 1.2. Операторно-символьная модель технологической линии. 1.3. Графовое и матричное представление аппаратов и потоков технологических линий. 1.4. Выделение подсистем в технологической линии. Декомпозиция. 1.5. Методы идентификации контуров в технологических потоках. 1.6. Элементарные модели идеального смешения и вытеснения. 1.7. Методы построения материальных и тепловых потоков в технологических линиях. 1.8. Методы решения систем линейных уравнений с разряженными матрицами. 1.9. Методы решения систем нелинейных уравнений.
2	лабораторные работы 4 шт. по 4 часа: 2.1. Элементы теории графов. 2.2. Изучение методов решения систем нелинейных уравнений. 2.3. Расчет разомкнутой технологической системы. 2.4. Анализ и декомпозиция технологической системы.
3	практические занятия 4 шт. по 4 часа: 3.1. Построение системы технологических потоков для технологических линий. 3.2. Декомпозиционные процедуры. 3.3. Идентификация контуров в технологических системах. 3.4. Моделирование аппаратов на основании элементарных моделей.
4	Расчетно-графическая работа
5	Самостоятельная работа студентов: 5.1. Изучение материала лекций. Подготовка к практическому занятию №1. 5.2. Изучение материала лекций. Подготовка к практическому занятию №2-3. Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы №1. 5.3. Изучение материала лекций. Подготовка к практическому занятию №4. 5.4. Изучение материала лекций. Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы №2-4. Выполнение расчетно-графической работы.

**Текущий контроль:**

Письменный контроль – проверка рабочей тетради, устный опрос – защита лабораторных работ, проверка РГР.

**5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Таблица - Образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебной занятий по дисциплине

№ п/п	Виды учебных занятий	Образовательные технологии
	Лекции	Классическая (традиционная, информационная) лекция Интерактивная лекция (лекция-визуализация)

	Практические занятия	Технология обучения на основе решения задач и выполнения упражнений
	Лабораторная работа	Технология выполнения лабораторных заданий в малой группе (в бригаде)
	Самостоятельная работа студентов (внеаудиторная)	Информационно-коммуникационные технологии (доступ к ЭИОС филиала, к ЭБС филиала, доступ к информационно-методическим материалам по дисциплине)
	Контроль (промежуточная аттестация: зачет или экзамен)	Технология устного опроса

## 6. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ – ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

К промежуточной аттестации студентов по дисциплине могут привлекаться представители работодателей, преподаватели последующих дисциплин, заведующие кафедрами.

Оценка качества освоения дисциплины включает как текущий контроль успеваемости, так и промежуточную аттестацию.

Вопросы по формированию и развитию теоретических знаний, предусмотренных компетенциями, закрепленными за дисциплиной (примерные вопросы по лекционному материалу дисциплины):

1. В чем отличие технологической схемы технологической линии от операторной?
2. В чем отличие схемно-графических и структурно-топологических моделей технологической системы?
3. Что подразумевается под контуром технологической линии?

Вопросы по приобретению и развитие практических умений, предусмотренных компетенциями, закрепленными за дисциплиной (примеры вопросов к практическим занятиям, лабораторным работам)

1. С какой целью в итерационные алгоритмы вводится релаксационная процедура?
2. Какой из методов предпочтительнее для решения систем нелинейных уравнений, возникающих при анализе технологических систем?
3. Решить систему нелинейных уравнений

$$\begin{cases} x_1^2 + x_2^2 = 1 \\ x_1^3 - x_2 = 0 \end{cases}$$

с помощью метода Ньютона и метода Зейделя с релаксацией. Сравнить количество шагов итерационного процесса при заданной относительной точности  $\epsilon_{x1} = \epsilon_{x2} = 0,1\%$ .

4. Найдите минимум функции

$$F(x) = \frac{\exp(x_1 + x_2)}{x_1 x_2^2}$$

методом координатного спуска и методом и методом Бокса-Уилсона, при начальном приближении  $x_1=1,0$ ,  $x_2=2,0$  и абсолютной точности  $0,01$ .

Перечень заданий к расчетно-графической работе по дисциплине. Используя средства Excel решить систему нелинейных уравнений

$$\begin{cases} (100+N)x_1+x_2+x_1^2+x_2^3 = 111 \\ x_1 + (100 - N)x_2+x_1^3 - x_2^2 = 198 \end{cases}$$

методом Вегстейна. Значения коэффициентов в системе уравнений определяются номером студента в списке  $N$ .

#### Вопросы к экзамену по курсу

1. Основные понятия и термины системного подхода применительно к технологическим линиям
2. Понятие идеального технологического потока
3. Классификация технологических операций
4. Понятие о морфологии технологического потока
5. Признаки, лежащие в основе классификации технологических потоков
6. Технологическая операция как основной элемент технологической системы
7. Типовые операции и типовые связи в технологической линии.
8. Функционально-структурный подход к системному анализу технологического потока
9. Порядок декомпозиции технологического потока в процессе его анализа.
10. Графовое и матричное описание технологического потока.
11. Метод Гаусса и метод Гаусса с выбором ведущего элемента
12. Технологическая и операторная схемы технологической линии
13. Схемно-графических и структурно-топологических модели технологической системы.
14. Генеральная определительная таблица технологической линии?
15. Понятия узлом противоречия в технологической системе?
16. Какой смысл вкладывается в понятия стабильности и целостности?
17. Формулировка задачи оптимизации.
18. Геометрическая интерпретация задачи оптимизации
19. Моделирование структуры материальных потоков
20. Отличие идеальных и неидеальных потоков
21. Модель аппарата идеального вытеснения
22. Модель аппарата идеального смешения.
23. Однопараметрическая диффузионная модель
24. Использование ячеечной модели для описания потоков
25. Комбинированные гидродинамические модели.
26. Общие положения моделирования теплообменных процессов
27. Интегральный и дифференциальный подход
28. Изотермические и адиабатические процессы.
29. Основные уравнения математического описания теплообменных процессов
30. Понятие синтеза и оптимизации технологической системы
31. Методы оптимизации функций многих переменных.
32. Концепция декомпозиционно-оптимизационного синтеза технологических систем.

В филиале используется система с традиционной шкалой оценок – "отлично",



"хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно", "зачтено", "не зачтено" (далее - пятибалльная система).

Форма промежуточной аттестации по настоящей дисциплине – экзамен.

Применяемые критерии оценивания по дисциплинам (в соответствии с инструктивным письмом НИУ МЭИ от 14 мая 2012 года № И-23):

Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
«отлично»/ «зачтено (отлично)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины, правильно выполнившему практическое задание. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «эталонный».
«хорошо»/ «зачтено (хорошо)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющему предусмотренные задания, усвоившему основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнивший практическое задание, но допустивший при этом непринципиальные ошибки. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «продвинутый».
«удовлетворительно»/ «зачтено (удовлетворительно)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющемуся с выполнением заданий, знакомому с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившему погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающему необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию преподавателя выполнившему другие практические задания из того же раздела дисциплины. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «пороговый».
«неудовлетворительно»/ не зачтено	Выставляется обучающемуся, обнаружившему серьезные пробелы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на все вопросы билета и дополнительные вопросы и неправильно выполнившему практическое задание (неправильное выполнение только практического

Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
	задания не является однозначной причиной для выставления оценки «неудовлетворительно»). Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. Оценка по дисциплине выставляются обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции на уровне «пороговый», закреплённые за дисциплиной, не сформированы.

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Учебное и учебно-лабораторное оборудование

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; демонстрационным оборудованием: персональным компьютером (ноутбуком); переносным (стационарным) проектором.

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; демонстрационным оборудованием: персональным компьютером (ноутбуком); переносным (стационарным) проектором.

Учебная аудитория для лабораторных работ, выполняемых в компьютерном классе А-304, оснащенная:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; персональными компьютерами с подключением к сети "Интернет" и доступом в ЭИОС филиала.

Для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине используется помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащенное:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; персональными компьютерами с подключением к сети "Интернет" и доступом в ЭИОС филиала.

## 8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

**для слепых и слабовидящих:**

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;
- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
- для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

**для глухих и слабослышащих:**

- лекции оформляются в виде электронного документа;
- письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
- экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

**для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере;
- используется специальная учебная аудитория для лиц с ЛОВЗ – ауд. 106 главного учебного корпуса по адресу 214013, г. Смоленск, Энергетический пр-д, д.1, здание энергетического института (основной корпус).

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены филиалом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к **информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет** для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**для слепых и слабовидящих:**

- в печатной форме увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

**для глухих и слабослышащих:**

- в печатной форме;
- в форме электронного документа.

**для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в печатной форме;

- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература.**

1. Аверченков, В.И. Основы математического моделирования технических систем : учебное пособие / В.И Аверченков, В.П.Федоров, М.Л.Хейфец. - М. : Флинта, 2011. - 271 с. - ISBN 978-5-9765-1278-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=93344>
2. Поршнев, С. В. Компьютерное моделирование физических процессов с использованием пакета MathCad : Учеб.пос. — М. : Горячая линия-Телеком, 2002 .— 247 с. : ил. — ISBN 5-93517-074-4 : 102-96.
3. Клинов, А.В. Лабораторный практикум по математическому моделированию химико-технологических процессов : учебное пособие / А.В. Клинов, А.В. Малыгин ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский государственный технологический университет». - Казань : КГТУ, 2011. - 99 с. : ил., табл. - Библиогр.: с. 97. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258853>

### **Дополнительная литература.**

1. Ракитин, Валентин Иванович. Практическое руководство по методам вычислений с приложением программ для персональных компьютеров : учеб.пособие / В.И.Ракитин, В.Е.Первушин .— М. : Высш.шк., 1998 .— 383 с. : ил. — ISBN 5-06-003342-2 : 20.46.
2. Булавин, Леонид Анатольевич. Компьютерное моделирование физических систем / Л. А. Булавин, Н. В. Выгорницкий, Н. И. Лебовка .— Долгопрудный : Интеллект, 2011 .— 349 с. : ил. — ISBN 978-5-91559-101-0 : 1012.00.
3. Расчеты машиностроительных конструкций методом конечных элементов : справочник / В. И. Мяченков, В. П. Мальцев, В. П. Майборода; под общ. ред. В. И. Мяченкова .— М. : Машиностроение, 1989 .— 520 с. : ил. — ISBN 5-217-00401-0 : 1.90.

Направление подготовки бакалавриата 15.03.02

«Технологические машины и оборудование»

Профиль подготовки «Экологическая безопасность производственных процессов»

РПД Б1.В.ДВ.04.02 «Технологические потоки экологических процессов»



### ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Номер изменения	Номера страниц				Всего страниц в документе	Наименование и № документа, вводящего изменения	Подпись, Ф.И.О. внесшего изменения в данный экземпляр	Дата внесения изменения в данный экземпляр	Дата введения изменения
	измененных	замененных	новых	аннулированных					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Направление подготовки бакалавриата 15.03.02

«Технологические машины и оборудование»

Профиль подготовки «Экологическая безопасность производственных процессов»

РПД Б1.В.ДВ.04.02 «Технологические потоки экологических процессов»



--	--	--	--	--	--	--	--	--	--