

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор, проректор по УР

\_\_\_\_\_ А.Е. Рудин

«16» 01 2024 года

## Рабочая программа дисциплины

**2.1.8.1(Ф)**

Моделирование и оптимизация технологических процессов текстильного производства на основе экспериментальных исследований

Учебный план: 2.6.16. ТПТИ 2024 ОО 2024-2025 уч.год.plx

Кафедра: **48** Технологии и проектирования текстильных изделий

Научная специальность: 2.6.16. Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности

Уровень образования: аспирантура

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоёмкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
	Лекции	Практ. занятия				
4	УП	12	24	72	3	Зачет
	РПД	12	24	72	3	
Итого	УП	12	24	72	3	
	РПД	12	24	72	3	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии приказом Минобрнауки России от 20.10.2021 № 951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)"

Составитель (и):

доктор технических наук, Профессор

Иванов Олег Михайлович

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой технологии и проектирования  
текстильных изделий

Иванов Олег Михайлович

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Иванов Олег Михайлович

Методический отдел:

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Сформировать знания, умения, навыки аспиранта в области методов создания математических моделей технологических процессов на основе освоения основных принципов анализа различных технологических процессов прядения и производства текстильных материалов на базе проведения экспериментальных исследований, а также происходящих при этом физических процессов

### 1.2 Задачи дисциплины:

- Обеспечить необходимую подготовку аспиранта к его профессиональной деятельности.
- Рассмотреть способы создания моделей технологических процессов в прядении, технологии нетканых материалов и т.д. на основе анализа свойств сырьевых компонентов и физических процессов протекающих при реализации технологии.
- Научить методам разработки моделей технологических процессов текстильной промышленности в зависимости от характеристик сырья и режимов работы оборудования с использованием вычислительной техники.
- Научить методам грамотного выбора критериев оптимизации, моделей технологических процессов, ограничений, накладываемых при решении задач оптимизации.
- Освоить математические методы, применяемые для определения оптимальных параметров технологического процесса.
- Обучить методам расчета оптимальных технологических режимов, оптимального состава используемого сырья, эффективной организации производства и т. п. на основе математических моделей технологических процессов.

### 1.3 Место дисциплины в структуре программы аспирантуры:

Дисциплина относится к Образовательному компоненту «Дисциплины (модули)» Программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Знания и умения, полученные аспирантами при изучении данной дисциплины, необходимы при подготовке к сдаче кандидатского экзамена и написании диссертационной работы

Современные информационные технологии в научной деятельности

Методология проведения исследования и методика написания диссертации

Правовые основы защиты интеллектуальной собственности

## 3 СОДЕРЖАНИЕ И ПОРЯДОК ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)		
Раздел 1. Общие вопросы методологии моделирования	4				О
Тема 1. Общие вопросы методологии моделирования. Этапы моделирования. Методы (теоретические, экспериментальные) получения математических моделей.		1		4	
Тема 2. Экспериментальные методы получения моделей технологических процессов. Математическое планирование эксперимента. Методы определения коэффициентов эмпирической зависимости. Практическая работа 1. Анализ влияния факторов при проведении экспериментов с факторным планированием типа $2^4$ , получение регрессионной модели и ее анализ.		0,5	2	4	
Тема 3. Детерминированное описание процессов преобразования волокнистых продуктов. Примеры: моделирование процессов транспортировки материала и ложного кручения на основе дифференциальных уравнений (получаемых методом составления баланса).				5	
Раздел 2. Моделирование линейных систем					

Тема 4. Линейные системы. Передаточная функция. Амплитудно-частотная характеристика линейной системы. Этапы её получения. Практическая работа 2. Расчет коэффициентов линейной зависимости с использованием различных приближений на основе результатов экспериментальных исследований.		1	2	4	
Тема 5. Получение АЧХ для процесса транспортировки материала, линеаризация модели, описывающей изменение деформации материала.		0,5		4	
Тема 6. Типовые операторы и их характеристики. Приведение сложных систем на примерах преобразования линейной плотности волокнистого материала на чесальных машинах.		0,5		4	
Раздел 3. Вероятностное описание процессов					0
Тема 7. Вероятностное описание процессов преобразования волокнистых продуктов. Случайные процессы.		0,5		4	
Тема 8. Имитационное моделирование процессов. Этапы решения задачи (алгоритм) с использованием метода Монте-Карло.		0,5		4	
Раздел 4. Методы решения задач оптимизации для функции одной переменной					
Тема 9. Понятие об оптимизации; объект оптимизации; Основные понятия задач оптимизации. Управляемые переменные. Ограничения задачи. Целевая функция и критерий оптимизации. Области допустимых решений. Оптимальное решение. Этапы решения задачи оптимизации; виды задач оптимизации технологических процессов. Практическая работа 3. Построение нелинейной одномерной модели технологического процесса и определение эмпирических коэффициентов на основе экспериментальных данных. Практическая работа 4. Построение модели расчета разрывной нагрузки пряжи с использованием физического подхода и определение эмпирических коэффициентов.		1	5	6	0
Тема 10. Аналитические методы оптимизации функции одной переменной; Численные методы поиска экстремумов функции одной переменной. Метод равномерного поиска. Метод сканирования. Метод поразрядного приближения. Практическая работа 5. Численные методы решения одномерных задач оптимизации.		1	2	4	
Раздел 5. Решение многомерных задач оптимизации					
Тема 11. Аналитические методы безусловной оптимизации функции нескольких переменных. Безусловная оптимизация квадратичных многомерных целевых функций.		1		4	0

Тема 12. Методы линейного программирования при решении многомерных задач оптимизации. Геометрический метод решения задач линейного программирования. Симплекс-метод решения задач линейного программирования. Практическая работа 6. Оптимизация состава смеси с использованием методов линейного программирования. Практическая работа 7. Подготовка программы выбора оптимального плана производства материалов разных артикулов для получения максимальной прибыли.		1	5	6	
Тема 13. Численные методы решения задач нелинейного программирования. Метод координатного спуска. Метод градиентного поиска. Метод Ньютона. Практическая работа 8. Поиск экстремумов для квадратичных регрессионных моделей нескольких переменных. Матрица Гессе. Использование критерия Сильвестра для поиска экстремумов.		1	2	4	
Тема 14. Оптимизационные задачи нелинейного программирования с ограничениями типа линейных неравенств. Метод неопределенных множителей Лагранжа. Геометрический метод решения задач нелинейного программирования.		0,5		4	
Раздел 6. Многокритериальные и специальные задачи оптимизации					
Тема 15. Многокритериальные задачи оптимизации. Способы выбора комплексных критериев оптимизации. Сравнение результатов при различном выборе комплексного критерия. Примеры решения оптимизационных задач при различном выборе комплексного критерия оптимизации. Практическая работа 9. Разработка модели процесса сушки рулонного нетканого материала с помощью цилиндрических ИК-излучателей. Практическая работа 10. Решение многокритериальной задачи оптимизации на основе построения комплексного критерия различными способами.		1	4	6	0
Тема 16. Специальные виды программирования. Диссоциативно-шаговый метод поиска оптимального решения. Метод динамического программирования. Примеры решения конкретных технологических задач оптимизации технологических процессов текстильного производства. Практическая работа 11. Оптимизация параметров получаемой пряжи из смеси волокон с учетом их неровноты.		1	2	5	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		12	24	72	
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)		0			
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>		36		72	

#### 4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

##### 4.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания	
	Устное собеседование	Письменная работа

Зачтено	Обучающийся показывает всестороннее и глубокое понимание предмета; свободно ориентируется в основных понятиях, терминах и определениях; усвоил основную и знаком с дополнительной литературой;	
	может, изложить методы построения моделей технологических процессов и способы их оптимизации при различном выборе критерия; проявляет творческие способности в использовании учебного материала.	
Не зачтено	Обучающийся не имеет достаточного уровня знания дисциплины; плохо ориентируется в основных понятиях, терминах и определениях; не может описать методы построения моделей технологических процессов и не знаком с методами оптимизации; плохо знаком с основной литературой; допускает при ответе на зачете существенные ошибки и не может устранить их даже под руководством преподавателя.	

#### 4.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

##### 4.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 4	
1	Общие вопросы методологии моделирования. Этапы моделирования. Методы (теоретические, экспериментальные) получения математических моделей.
2	Экспериментальные методы получения моделей технологических процессов. Математическое планирование эксперимента.
3	Методы определения коэффициентов эмпирической зависимости.
4	Детерминированное описание процессов преобразования волокнистых продуктов.
5	Линейные системы. Передаточная функция. Амплитудно-частотная характеристика линейной системы. Этапы её получения.
6	Получение АЧХ для процесса транспортировки материала, линеаризация модели, описывающей изменение деформации материала.
7	Типовые операторы и их характеристики. Приведение сложных систем на примерах преобразования линейной плотности волокнистого материала на чесальных машинах.
8	Вероятностное описание процессов преобразования волокнистых продуктов. Случайные процессы.
9	Имитационное моделирование процессов. Этапы решения задачи (алгоритм) с использованием метода Монте-Карло.
10	Понятие об оптимизации; объект оптимизации; Основные понятия задач оптимизации. Управляемые переменные. Ограничения задачи.
11	Этапы решения задачи оптимизации; виды задач оптимизации технологических процессов.
12	Аналитические методы оптимизации функции одной переменной.
13	Численные методы поиска экстремумов функции одной переменной. Метод равномерного поиска. Метод сканирования.
14	Аналитические методы безусловной оптимизации функции нескольких переменных.
15	Безусловная оптимизация квадратичных многомерных целевых функций.
16	Методы линейного программирования при решении многомерных задач оптимизации. Симплекс-метод решения задач линейного программирования.
17	Геометрический метод решения задач линейного программирования.
18	Численные методы решения задач нелинейного программирования. Метод координатного спуска.
19	Численные методы решения задач нелинейного программирования. Метод градиентного поиска. Метод Ньютона.
20	Оптимизационные задачи нелинейного программирования с ограничениями типа линейных неравенств.
21	Метод неопределенных множителей Лагранжа.
22	Многокритериальные задачи оптимизации. Способы выбора комплексных критериев оптимизации.
23	Специальные виды программирования. Диссоциативно-шаговый метод поиска оптимального решения.

24	Метод динамического программирования.
25	Моделирование процессов транспортировки материала и ложного кручения на основе дифференциальных уравнений (получаемых методом составления баланса).
26	Целевая функция и критерий оптимизации. Области допустимых решений. Оптимальное решение.
27	Сравнение результатов при различном выборе комплексного критерия. Примеры решения оптимизационных задач при различном выборе комплексного критерия оптимизации.
28	Геометрический метод решения задач нелинейного программирования.
29	Численные методы поиска экстремумов функции одной переменной. Метод поразрядного приближения. Метод дихотомии.

#### 4.2.2 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

Представлены в приложении

#### 4.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

##### 4.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

##### 4.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная  Письменная  Компьютерное тестирование  Иная

##### 4.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Время на подготовку не более 45 минут.

### 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 5.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
<b>6.1.1 Основная учебная литература</b>				
Андросова, Г. М., Косова, Е. В.	Моделирование и оптимизация процессов	Омск: Омский государственный технический университет	2017	<a href="http://www.iprbookshop.ru/78444.html">http://www.iprbookshop.ru/78444.html</a>
Белов, П. С.	Математическое моделирование технологических процессов	Егорьевск: Егорьевский технологический институт (филиал) Московского государственного технологического университета «СТАНКИН»	2016	<a href="http://www.iprbookshop.ru/43395.html">http://www.iprbookshop.ru/43395.html</a>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				
Иванов О.М.	Оптимизация технологических процессов. Курсовая работа	СПб.: СПбГУПТД	2019	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2019164">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2019164</a>
Иванов О.М., Сергеева Т.А.	Моделирование и оптимизация технологических процессов текстильного производства на основе экспериментальных исследований	Санкт-Петербург: СПбГУПТД	2023	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2023220">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2023220</a>
Суздоров Е. Г., Кравец Т. А.	Моделирование и методы оптимизации	СПб.: СПбГУПТД	2018	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2018392">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2018392</a>
Иванов О. М.	Планирование эксперимента	СПб.: СПбГУПТД	2018	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=201815">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=201815</a>
Григорьева Е. Г.	Оптимизация технологических процессов	СПб.: СПбГУПТД	2016	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2016513">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2016513</a>

#### 5.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

1. ЭБС IPRbooks <http://www.iprbooksshop.ru>
2. <http://publish.sutd.ru/>
3. Журнал «Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности»  
<http://journal.prouniver.ru/tlp/>
4. Журнал «Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности»  
<https://ttp.ivgpu.com/>
5. Журнал "Химические волокна" <http://www.khimvol.su/>
6. Научная электронная библиотека <https://elibrary.ru/>

### 5.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftOfficeProfessional

Microsoft Windows Home Russian Open No Level Academic Legalization Get Genuine (GGK) + Microsoft Windows Professional (Pro – профессиональная) Russian Upgrade Open No Level Academic

### 5.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория	Оснащение
Компьютерный класс	Мультимедийное оборудование, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска



**Приложение**  
 рабочей программы дисциплины **Моделирование и оптимизация технологических процессов**  
**текстильного производства на основе экспериментальных исследований**  
наименование дисциплины

по направлению подготовки **2.6.16 Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности**

**5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания**

№ п/п	Условия типовых задач (задач, кейсов)	Ответ																					
1	<p>В результате проведения эксперимента получено следующее регрессионное уравнение в кодированных переменных:</p> $y = 10,78 - 0,13 \cdot x_1 + 0,13 \cdot x_2 + 0,44 \cdot x_1^2 - 0,13 \cdot x_2^2$ <p><math>y</math> – относительная разрывная нагрузка одиночной нити, сН/текс,  <math>x_1</math> – скорость шляпочного полотна, <math>x_2</math> – частота вращения съемного барабана.                      Уровни варьирования факторов <math>x_1, x_2</math> приведены в таблице.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="text-align: center;">Наименование факторов</th> <th rowspan="2" style="text-align: center;">Един. измер.</th> <th rowspan="2" style="text-align: center;">Условное обозначение (в кодированном виде)</th> <th colspan="3" style="text-align: center;">Уровни варьирования</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">-1</th> <th style="text-align: center;">0</th> <th style="text-align: center;">+1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Скорость шляпочного полотна</td> <td style="text-align: center;">мм/мин</td> <td style="text-align: center;"><math>x_1</math></td> <td style="text-align: center;">90</td> <td style="text-align: center;">120</td> <td style="text-align: center;">150</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Частота вращения съемного барабана</td> <td style="text-align: center;">мин<sup>-1</sup></td> <td style="text-align: center;"><math>x_2</math></td> <td style="text-align: center;">15,2</td> <td style="text-align: center;">16,4</td> <td style="text-align: center;">17,6</td> </tr> </tbody> </table> <p>Найти оптимальный режим работы чесальной машины, используя аналитический метод определения оптимума.</p>	Наименование факторов	Един. измер.	Условное обозначение (в кодированном виде)	Уровни варьирования			-1	0	+1	Скорость шляпочного полотна	мм/мин	$x_1$	90	120	150	Частота вращения съемного барабана	мин <sup>-1</sup>	$x_2$	15,2	16,4	17,6	<p><math>X_1 = 90</math> мм/мин.</p> <p><math>X_2 = 17</math> мин<sup>-1</sup></p>
Наименование факторов	Един. измер.				Условное обозначение (в кодированном виде)	Уровни варьирования																	
		-1	0	+1																			
Скорость шляпочного полотна	мм/мин	$x_1$	90	120	150																		
Частота вращения съемного барабана	мин <sup>-1</sup>	$x_2$	15,2	16,4	17,6																		
2	<p>В результате проведения эксперимента получено следующее регрессионное уравнение в кодированных переменных:</p> $y = 12,4 + 0,49 \cdot x_1 + 0,05 \cdot x_2 + 0,38 \cdot x_1^2 - 0,34 \cdot x_2^2$ <p><math>y</math> – коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %  <math>x_1</math> – скорость шляпочного полотна, <math>x_2</math> – частота вращения съемного барабана.                      Уровни варьирования факторов <math>x_1, x_2</math> приведены в таблице.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="text-align: center;">Наименование факторов</th> <th rowspan="2" style="text-align: center;">Един. измер.</th> <th rowspan="2" style="text-align: center;">Условное обозначение (в кодированном виде)</th> <th colspan="3" style="text-align: center;">Уровни варьирования</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">-1</th> <th style="text-align: center;">0</th> <th style="text-align: center;">+1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Скорость шляпочного полотна</td> <td style="text-align: center;">мм/мин</td> <td style="text-align: center;"><math>x_1</math></td> <td style="text-align: center;">90</td> <td style="text-align: center;">120</td> <td style="text-align: center;">150</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Частота вращения съемного барабана</td> <td style="text-align: center;">мин<sup>-1</sup></td> <td style="text-align: center;"><math>x_2</math></td> <td style="text-align: center;">15,2</td> <td style="text-align: center;">16,4</td> <td style="text-align: center;">17,6</td> </tr> </tbody> </table> <p>Найти оптимальный режим работы чесальной машины, используя аналитический метод определения оптимума.</p>	Наименование факторов	Един. измер.	Условное обозначение (в кодированном виде)	Уровни варьирования			-1	0	+1	Скорость шляпочного полотна	мм/мин	$x_1$	90	120	150	Частота вращения съемного барабана	мин <sup>-1</sup>	$x_2$	15,2	16,4	17,6	<p><math>X_1 = 100,7</math> мм/мин.</p> <p><math>X_2 = 15,2</math> мин<sup>-1</sup></p>
Наименование факторов	Един. измер.				Условное обозначение (в кодированном виде)	Уровни варьирования																	
		-1	0	+1																			
Скорость шляпочного полотна	мм/мин	$x_1$	90	120	150																		
Частота вращения съемного барабана	мин <sup>-1</sup>	$x_2$	15,2	16,4	17,6																		
3	<p>В результате проведения эксперимента получено следующее регрессионное уравнение в кодированных переменных:</p> $y = 3,81 - 0,67 \cdot x_1 + 0,25 \cdot x_2 - 0,83 \cdot x_1^2 + 0,36 \cdot x_1 x_2 + 0,05 \cdot x_2^2$ <p><math>y</math> – показатель качества по пасме, <math>x_1</math> – скорость шляпочного полотна,  <math>x_2</math> – частота вращения съемного барабана.                      Уровни варьирования факторов <math>x_1, x_2</math> приведены в таблице.</p>	<p><math>X_1 = 114,4</math> мм/мин.</p> <p><math>X_2 = 17,6</math> мин<sup>-1</sup></p>																					

Наименование факторов	Един. измер.	Условное обозначение (в кодированном виде)	Уровни варьирования		
			-1	0	+1
Скорость шляпочного полотна	мм/мин	$x_1$	90	120	150
Частота вращения съемного барабана	мин <sup>-1</sup>	$x_2$	15,2	16,4	17,6

Найти оптимальный режим работы чесальной машины, используя аналитический метод определения оптимума.