

**Учреждение образования
«Гродненский государственный аграрный университет»**

УТВЕРЖДАЮ

Ректор учреждения образования
«Гродненский государственный
аграрный университет»

_____ В.К. Пестис
«_7_» ___06___ 2019 г.
Регистрационный № УД-80-19/уч.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ ИЗ
ЖИВОТНОГО СЫРЬЯ**

**Учебная программа для специальности:
специальности 1 - 49 80 04 – Производство продуктов питания из
животного сырья**

**Профилизация: Технология мясных, молочных, рыбных продуктов и
холодильных производств**

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта (второй ступени) высшего образования ОСРБ 1-49 80 04 -2019 по специальности 1-49 80 04 – Производство продуктов питания из животного сырья

СОСТАВИТЕЛИ:

Олег Викторович Дымар, профессор кафедры технологии хранения и переработки животного сырья, доктор технических наук

(И.О.Фамилия, должность, ученая степень, ученое звание)

Кивейша Светлана Александровна, ассистент кафедры технологии хранения и переработки животного сырья

(И.О.Фамилия, должность, ученая степень, ученое звание)

Александр Николаевич Михалюк, зав. кафедрой технологии хранения и переработки животного сырья, кандидат биологических наук, доцент

(И.О.Фамилия, должность, ученая степень, ученое звание)

Лозовская Диана Сергеевна, ассистент кафедры технологии хранения и переработки животного сырья,

(И.О.Фамилия, должность, ученая степень, ученое звание)

Копоть Ольга Васильевна, доцент кафедры технологии хранения и переработки сырья, кандидат сельскохозяйственных наук

(И.О.Фамилия, должность, ученая степень, ученое звание)

Закревская Татьяна Владимировна, старший преподаватель кафедры технологии хранения и переработки животного сырья

(И.О.Фамилия, должность, ученая степень, ученое звание)

Захарова Илона Анатольевна, ассистент кафедры технологии хранения и переработки животного сырья

(И.О.Фамилия, должность, ученая степень, ученое звание)

Конаваленко Ольга Владимировна, доцент кафедры технологии хранения и переработки животного сырья, кандидат биологических наук

(И.О.Фамилия, должность, ученая степень, ученое звание)

Фомкина Ирина Николаевна, старший преподаватель кафедры технологии хранения и переработки животного сырья

(И.О.Фамилия, должность, ученая степень, ученое звание)

Будько Тамара Николаевна, доцент кафедры технологии хранения и переработки животного сырья, кандидат биологических наук

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Ирина Васильевна Калтович, ведущий научный сотрудник отдела технологий мясных продуктов РУП «Институт мясомолочной промышленности»
кандидат технических наук,
доцент

(И.О.Фамилия, должность, ученая степень, ученое звание)

Русина Ирина Михайловна, доцент кафедры технологии хранения и переработки животного сырья. кандидат биологических наук,

(И.О.Фамилия, должность, ученая степень, ученое звание)

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой технологии хранения и переработки животного сырья

(название кафедры - разработчика учебной программы)

(протокол № 11 от 21.05.2019 г.);

Методическим советом УО «Гродненский государственный аграрный университет»

(название учреждения высшего образования)

(протокол № 7 от 07 июня 2019 года).

1. Пояснительная записка

Мясная и молочная отрасли являются одними из наиболее крупных сегментов пищевой промышленности Республики Беларусь, основная цель которых, - обеспечение населения страны высококачественными продуктами питания животного происхождения. Успешное развитие отраслей зависит от множества факторов, одним из которых является высокий уровень подготовки специалистов, способных решать технологические, производственные и управленческие задачи.

«Моделирование и оптимизация технологических процессов производства продуктов питания из животного сырья» - дисциплина, предназначенная для подготовки специалистов второй ступени высшего образования (магистрантов). Производство пищевых продуктов это сложный процесс, состоящий из множества операций по обработке исходного сырья и получению из него готовой продукции. Эффективность производства готовой продукции во многом зависит от качества построения технологического процесса, рационального использования сырья, слаженности работы подразделений занятых выпуском продукции и др. Всё это вызывает необходимость в тщательном изучении процессов и систем, задействованных в производстве, для дальнейшего их улучшения, или иными словами, - оптимизации.

Необходимость в решении задач оптимизации в технике, технологии, проектировании, управлении производством непрерывно возрастает. Это объясняется тем, что при больших объемах производства даже незначительное усовершенствование в любой из этих областей может дать ощутимый экономический эффект. С другой стороны, в этих условиях оказывается весьма значительным и ущерб от неоптимального решения задачи. Построение математических моделей технологических процессов производства даёт возможность решать задачи их оптимизации с использованием современных математических методов и использовать для решения электронную вычислительную технику.

Изучение данной дисциплины позволит освоить методы построения моделей технологических процессов производства продуктов, изучить способы обработки экспериментальных данных, научиться решать оптимизационные задачи различного типа.

Программа разработана на основе компетентного подхода, требований к формированию компетенций, сформулированных в образовательном стандарте.

1.1 Цель и задачи учебной дисциплины

Цель данной дисциплины – получение умений и навыков обучающихся в области моделирования технологических процессов производства пищевых продуктов из животного сырья, решения оптимизационных задач пищевых производств, обработке и анализу экспериментальных данных и планирования экспериментов.

Задачи дисциплины:

- изучить основные принципы и методы построения математических моделей технологических процессов производства продуктов питания из животного сырья;
- освоить методики обработки экспериментальных данных, принципы планирования экспериментов;
- научиться решать оптимизационные задачи различного вида, возникающие в процессе производства продуктов из животного сырья;

1.2 Место курса в подготовке специалиста

Освоение дисциплины базируется на компетенциях, приобретенных ранее студентами при изучении дисциплин: «Технология мяса и мясных продуктов», «Технология молока и молочных продуктов», «Высшая математика», «Информатика» и др.

1.3 Требования освоению учебной дисциплины

В результате изучения дисциплины студент должен закрепить и развить следующие универсальные (УК) и углубленные профессиональные (УПК) компетенции, предусмотренные в образовательном стандарте:

УК–1. Быть способным применять методы научного познания (анализ, сопоставление, систематизация, абстрагирование, моделирование, проверка достоверности данных, принятие решений и др.) в самостоятельной исследовательской деятельности, генерировать и реализовывать инновационные идеи.

УК–2. Быть способным анализировать актуальность научного исследования, уметь корректно ставить задачи исследований, применять научно обоснованные техники планирования, владеть методиками обработки теоретических и практических исследований, корректно формулировать выводы, обладать навыками ведения аргументированных дискуссий по научной и профессиональной тематике.

УК–3. Обладать навыками использования современных информационных технологий для решения научно-исследовательских и инновационных задач

УПК–3. Обладать навыками моделирования и оптимизации химических, физико-химических, биохимических, микробиологических, реологических, тепло- и массообменных процессов, протекающих при производстве продуктов питания из животного сырья; быть способным реализовывать математические модели с использованием современных информационных технологий.

Для приобретения углубленных профессиональных компетенций УПК в результате изучения дисциплины магистрант должен:

ЗНАТЬ:

- основные термины и определения связанные с моделированием и оптимизацией технологических процессов пищевых производств;
- роль и проблемы математического моделирования технологических процессов;
- цель и алгоритмы обработки экспериментальных данных;
- основные принципы планирования эксперимента;
- общие принципы построения математических моделей производства; пищевых продуктов из животного сырья;
- сущность методик решения оптимизационных задач различного типа.

УМЕТЬ И БЫТЬ СПОСОБНЫМ:

- сформулировать задачу на составление математической модели объекта или процесса;
- определить проблемы в области качества продукции и выделить процессы и факторы, влияющие на её проявление;
- составить план проведения эксперимента;
- установить математические связи между параметрами технологического процесса;
- преобразовать полученные уравнения математического описания к виду, пригодному для поиска оптимального решения с использованием ЭВМ;
- разрабатывать новые технологические процессы на основе математического моделирования и оптимизации;
- выполнять математическую обработку экспериментальных данных с помощью методов математического моделирования и средств вычислительной техники;
- использовать полученную модель для прогнозирования, разработки, управления и оптимизации потребительских свойств существующего и новых видов продукции, в том числе с позиций теории рационального и адекватного питания;

- выявлять оптимальные параметры и условия процессов по составленной математической модели.

ИМЕТЬ НАВЫКИ:

- построения математических моделей технологических процессов пищевых производств;
- проведения экспертной оценки;
- планирования эксперимента и статистической обработки его результатов;
- решения оптимизационных задач различными методами;
- использования электронной вычислительной техники, для решения оптимизационных задач.

1.4 Общее количество часов и количество аудиторных часов

На изучение дисциплины «Моделирование и оптимизация технологических процессов производства продуктов питания из животного сырья» в соответствии с учебным планом по специальности 1 - 49 80 04 – Производство продуктов питания из животного сырья отводится всего:

- для студентов дневного отделения – 202 часов, в т.ч. аудиторных – 96 часов;
- для студентов заочной формы обучения – 202 часов, в т.ч. аудиторных – 30 часов;

1.5 Форма получения высшего образования

Дневная, заочная.

1.6 Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам

№ тп/ п	Курс, семестр	Примерное количество часов			
		Всего аудиторн ых часов	В том числе		
			лекции	лабораторные	Практич еские
1	Дневная	96	32	-	64
2	Заочная	30	10	-	30

1.7 Формы текущей аттестации по учебной дисциплине.

По окончании изучения курса «Моделирование и оптимизация технологических процессов производства продуктов питания из животного

сырья» для студентов второй ступени дневной и заочной форм обучения предусмотрена сдача экзамена.

2 Содержание учебного материала

2.1 Введение в дисциплину. Понятие модели и моделирования

Предмет, цели и задачи дисциплины. Понятие модели и моделирования. Классификация моделей в зависимости от уровня моделирования. Наиболее важные типы моделей. Основные свойства моделей. Понятие "моделирования". Теория подобия, как средство реализации идей моделирования, типы подобия.

Постановка задач моделирования, и возникновение проблемы принятия решения. Предпосылки возникновения методов формального и неформального описания моделей. Общая классификация методов построения моделей. Методы формализованного представления систем (МФПС). Методы, направленные на активизацию использования интуиции и опыта специалистов (МАИС). Краткая характеристика аналитических, статистических методов моделирования и методов экспертных оценок.

2.2 Параметрические схемы технологических процессов

Понятие параметрических схем технологических процессов производства продуктов питания. Цель построения параметрической схемы. Структура параметрической схемы.

Типы факторов и параметров влияющих на технологические процессы производства пищевых продуктов. Характеристика управляющих, возмущающих, наблюдаемых и управляемых параметров. Входные и выходные параметры, как типы параметров по отношению к производственному процессу. Примеры параметрических схем технологических процессов производства мясных и молочных продуктов.

2.3 Метод экспертных оценок (априорное ранжирование факторов)

Необходимость использования метода экспертных оценок, для определения значимости факторов влияющих на технологический процесс производства пищевых продуктов.

Сущность метода экспертного опроса. Заполнение экспертной карты. Ранжирование оценок и построение матрицы рангов. Обработка матрицы рангов. Коэффициент конкордации как характеристика степени согласованности мнений экспертов. Определение значимости коэффициента конкордации с помощью критериев Пирсона и Фишера, алгоритм их расчёта.

Гистограмма рангов – как наглядное представление результатов экспертных оценок. Анализ гистограммы рангов и выделение групп факторов в едины группы в зависимости от их значимости с помощью критерия Линка – Уоллеса.

2.4 Обработка экспериментальных данных

Основная цель и задача экспериментальной обработки данных. Закон нормального распределения как основной закон теории вероятности. Алгоритм проведения экспериментальной обработки данных. Понятие дисперсии случайной величины. Коэффициент вариации как мера относительной изменчивости случайной величины. Отсев грубых погрешностей, понятие относительной и абсолютной ошибки.

Проверка гипотезы нормального распределения по показателям асимметрии и эксцесса, алгоритм их расчёта. Анализ результатов расчёта.

2.5 Дисперсионный анализ

Основная цель и идеи дисперсионного анализа. Краткая характеристика метода.

Однофакторный дисперсионный анализ, сущность метода. Свойства аддитивности дисперсии. Формулировка задач однофакторного дисперсионного анализа. Понятие матрицы однофакторного эксперимента. Расчёт и оценка «общей», «остаточной» дисперсии и дисперсии «между сериями». Непосредственное выполнение однофакторного дисперсионного анализа. Проверка гипотез об однородности дисперсий с помощью расчёта и сравнения критериев Фишера.

Однофакторный дисперсионный анализ, краткая сущность метода. Формулировка задач многофакторного дисперсионного анализа. Матрица двухфакторного эксперимента. Проведение предварительных расчётов при проведении многофакторного дисперсионного анализа. Расчёт и оценка «общей», «остаточной» дисперсий и дисперсий «между сериями», «между строками» и «между столбцами». Расчёт критерия Фишера и анализ результатов.

2.6 Корреляционно-регрессионный анализ

Сущность корреляционно-регрессионного анализа. Этапы проведения корреляционно-регрессионного анализа. Основные требования, которые нужно соблюдать при проведении корреляционно-регрессионного анализа.

Понятие корреляции и корреляционной связи. Коэффициент корреляции. Шкалы измерения коэффициента корреляции.

Понятие регрессии и регрессионного уравнения. Проблемы построения уравнения регрессии. Линейная регрессия и её уравнения. Коэффициент регрессии.

Связь между корреляционным и регрессионным анализом.

2.7 Понятие факторного эксперимента

Понятие факторного эксперимента. Планирование факторного эксперимента. Типы взаимодействия переменных в факторном эксперименте.

Полный факторный эксперимент и его планирование. Уравнения регрессии различных типов ПФЭ. Графическая интерпретация полного факторного эксперимента. Матрица ПФЭ её основные свойства и принципы построения. Проведение полного факторного эксперимента. Обработка результатов полного факторного эксперимента.

Планирование дробного факторного эксперимента (ДФЭ). Дробные реплики ДЭФ. Цели применения ДФЭ. Анализ разрешающих способностей дробных реплик, основные понятия необходимые для этого. Реализация и математическая интерпретация ДФЭ.

2.8 Оптимизация и её задачи в пищевой промышленности

Общие сведения об оптимизации технологических процессов в пищевой промышленности. Понятие оптимизационной задачи, примеры ОЗ в пищевой промышленности. Задачи исследования операций. Основные этапы оптимизационного исследования. Математическая модель как основной инструмент решения задач исследования операций.

Постановка задачи исследования операций, общий алгоритм решения. Этапы перехода от содержательной к математической постановке задачи исследования операций. Определение факторов и показателей, влияющих на функционирование объекта исследования. Формулировка критерия оптимальности. Математическая формулировка задачи исследования операций, определение целевой функции и ограничений.

Выбор и требования к критерию оптимальности. Требование единственности критерия оптимальности. Основные типы критериев оптимальности. Критерий приведенного дохода, как наиболее часто используемый критерий в оптимизации производственных процессов. Формула для расчёта критерия приведенного дохода и её объяснение.

2.9 Методы календарного планирования

Область применения методов календарного планирования. Формулировка задачи о двух аппаратах – как простейшего примера задач решаемых методом календарного планирования. Алгоритм Джонсона для решения задач о двух аппаратах. Алгоритм решения задач, включающих более чем два аппарата, с помощью правил Джонсона. Понятие «узкого места». Построение графика Ганта.

2.10 Метод динамического программирования

Особенности и сущность метода динамического программирования. Рассмотрение алгоритма решения оптимизационных задач методом динамического программирования на примере задачи о выборе кратчайшего маршрута.

2.11 Задачи управления запасами

Проблемы управления запасами и необходимость их создания. Область применения теории управления запасами. Типы стратегий пополнения запасов: периодическая стратегия, стратегия с критическим уровнем. Виды издержек связанные с управлением запасами: издержки хранения, издержки пополнения, издержки дефицита. Влияние различных издержек на изменение уровня имеющихся запасов.

Оптимальный объём партий. Определение оптимального объёма партий с помощью Уилсона.

Управление запасами и планирование производства. Построение оптимизационной модели задачи управления запасами, определение ограничений, целевой функции, алгоритм решения.

2.12 Решение оптимизационных задач линейного программирования в среде табличного процессора Excel

Решение задач математического моделирования на примере задачи оптимального распределения ресурсов. Формулировка задачи и занесение исходных данных в табличный процессор Excel. Формулировка математической модели задачи: определение искомых величин, составление целевой функции и ограничений. Организация решения задачи в табличном процессоре, использование настройки «Поиск решения». Параметры поиска решений, для уточнения методов решения оптимизационной задачи.

3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

для студентов второй ступени высшего образования инженерно-технологического факультета дневной формы обучения

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Всего часов	Количество аудиторных часов					Количество УСП	Формы контроля знаний
			Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Модуль I	90	18	28				46	
1	Тема: Введение в дисциплину. Понятие модели и моделирования. 1. Введение в дисциплину. 2. Понятие модели и моделирования, классификация моделей. 3. Проблема принятия решений и выбор методов моделирования 4. Основные подходы к моделированию 5. Методология построения моделей	10	4					6	
2	Тема: Параметрические схемы технологических процессов	8	2	4				2	
3	Тема: Метод экспертных оценок (априорное ранжирование факторов)	12	2	4				6	
4	Тема: Обработка экспериментальных данных	10	2	4				4	Устный опрос
5	Тема: Дисперсионный анализ 1. Сущность метода. 2. Однофакторный дисперсионный анализ 3. Многофакторный дисперсионный анализ	14	2	4				8	Устный опрос

	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	Тема: Корреляционно-регрессионный анализ 1.Сущность метода 2.Понятие корреляции и корреляционной связи 3.Понятие регрессии и регрессионного уравнения	14	2	4				8	
7	Тема: Понятие факторного эксперимента 1.Сущность метода 2.Полный факторный эксперимент 3.Дробный факторный эксперимент	16	4	4				8	Устный опрос
8	Тема: Интерпретация модели полученной по результатам полного факторного эксперимента.	6		2				4	
	Итоговое занятие. Контроль знаний по модулю 1	2		2					Контрольная работа
	Модуль 2	92	14	36				42	
9	Оптимизация и её задачи в пищевой промышленности 1.Общие сведения об оптимизация ТП в пищевой промышленности 2. Общая постановка оптимизационной задачи 3.Выбор и требования к критерию оптимальности	6	4					2	
10	Тема: Оптимизация методом «Крутое восхождение»	6		4				2	
11	Тема: Оптимизация симплекс-методом	8		4				4	
12	Тема: Центральное композиционное ротатабельное планирование	6		4				2	
13	Тема: Приведение уравнения регрессии к канонической форме	4		2				2	
14	Тема: Оптимизация методом неопределенных множителей Лагранжа	6		2				4	
15	Тема: Оптимизация методом «Ридж-анализ»	4		2				2	

	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16	Тема: Многокритериальная оптимизация	4		4				2	
17	Тема: Метод наименьших квадратов	4		2				2	Устный опрос
18	Тема: Метод календарного планирования	12	2	4				6	
19	Тема: Метод динамического программирования	10	2	2				6	
20	Тема: Задачи управления запасами 1. Проблемы управления запасами 2. Оптимальный объём партии 3. Управление запасами и планирование производства	8	4	2				2	
21	Тема: Решение оптимизационных задач линейного программирования в среде табличного процессора Excel	10	2	4				4	Устный опрос
	Итоговое занятие. Контроль знаний по модулю 1								Контрольная работа
	Подготовка к экзамену	18						22	
	Итого	202	32	64				106	

3.2 Для студентов второй степени высшего образования инженерно-технологического факультета заочной формы обучения

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Всего часов	Количество аудиторных часов					Количество УСП	Формы контроля знаний
			Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное (КСР)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Модуль I	70	6	10				54	
1	Тема: Введение в дисциплину. Понятие модели и моделирования. Параметрические схемы технологических процессов 1. Введение в дисциплину. 2. Понятие модели и моделирования, классификация моделей. 3. Параметрические схемы технологических процессов	10	2					8	
2	Тема: Метод экспертных оценок (априорное ранжирование факторов)	10		2				8	
3	Тема: Обработка экспериментальных данных	8		2				6	
4	Тема: Дисперсионный анализ 1. Сущность метода. 2. Однофакторный дисперсионный анализ 3. Многофакторный дисперсионный анализ	12	2	2				8	Устный Опрос

	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	Тема: Корреляционно-регрессионный анализ 1.Сущность метода 2.Понятие корреляции и корреляционной связи 3.Понятие регрессии и регрессионного уравнения	10		2				8	
6	Тема: Понятие факторного эксперимента 1.Сущность метода 2. Полный факторный эксперимент 3. Дробный факторный эксперимент	12	2	2				8	Устный опрос
7	Тема: Интерпретация модели полученной по результатам полного факторного эксперимента.	8						8	Контрольная работа
	Модуль 2	10	4	10				86	
8	Оптимизация и её задачи в пищевой промышленности. Решение оптимизационных задач линейного программирования в среде табличного процессора Excel 4.Общие сведения об оптимизация ТП в пищевой промышленности 5. Общая постановка оптимизационной задачи 6.Выбор и требования к критерию оптимальности	14	2	2				10	
9	Тема: Оптимизация методом «Крутое восхождение»	8		2				6	
9	Тема: Оптимизация симплекс-методом	8						8	
10	Тема: Центральное композиционное ротатабельное планирование	8						8	
12	Тема: Оптимизация методом неопределенных множителей Лагранжа	8						8	
13	Тема: Оптимизация методом «Ридж-анализ»	8						8	

	2	3	4	5	6	7	8	9	10
14	Тема: Многокритериальная оптимизация	8						8	
15	Тема: Метод наименьших квадратов	8						8	
16	Тема: Метод календарного планирования	10		2				8	Устный опрос
17	Тема: Метод динамического программирования	8		2				6	
18	Тема: Задачи управления запасами 1. Проблемы управления запасами 2. Оптимальный объём партии 3. Управление запасами и планирование производства	12	2	2				8	Контрольна я работа
	Подготовка к экзамену	34						34	
	Итого	202	10	30				106	

4. Информационно-методическая часть

Примерный перечень практических работ по дисциплине

1. Параметрические схемы технологических процессов
2. Метод экспертных оценок (априорное ранжирование факторов)
3. Обработка экспериментальных данных
4. Дисперсионный анализ
5. Корреляционно-регрессионный анализ
6. Понятие факторного эксперимента
7. Интерпретация модели полученной по результатам полного факторного эксперимента.
8. Оптимизация методом «Крутое восхождение»
9. Оптимизация симплекс-методом
10. Центральное композиционное ротатабельное планирование
11. Приведение уравнения регрессии к канонической форме
12. Оптимизация методом неопределенных множителей Лагранжа
13. Оптимизация методом «Ридж-анализ»
14. Многокритериальная оптимизация
15. Метод наименьших квадратов
16. Метод календарного планирования
17. Метод динамического программирования
18. Задачи управления запасами
19. Решение оптимизационных задач линейного программирования в среде табличного процессора Excel

Основная литература:

1. Волкова, В. Н., Моделирование систем и процессов / В.Н, Козлова / Учебник для академического бакалавриата. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 450 с.
2. Алешичев, С.Е. Структурно-параметрический анализ аппаратурно-технологических комплексов пищевых производств / С.Е. Алешевич, В.А. Балюбаш, Е.А. Травина, В.Л. Иванов. / Уч. Пособие для магистрантов. – СПб: Университет ИТМО, 2019. – 39 с.
3. Курс лекций по дисциплине «Моделирование и оптимизация технологических процессов производства продуктов питания из животного сырья» для студентов 2 ступени высшего образования (магистратура), обучающихся по специальности 1 – 49 80 04 – «Производство продуктов питания из животного сырья», профилизация: Технология мясных, молочных, рыбных продуктов и холодильных производств: учеб.-мет. Пособие / С. А. Кивейша, А.Н. Михалюк, И.А. Захарова, Д.С. Лозовская, В.В. Павловская – Гродно: ГГАУ, 2019. –
4. Курс лекций «Моделирование и оптимизация процессов пищевых производств» для аспирантов направления подготовки 19.06.01. «Промышленная экология и биотехнологии» / Л.В.Данилова – Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ» 2014. – 96 с.
5. Журавлёв А. А., Сорокина И. А. Практикум по курсу «Моделирование и оптимизация технологических процессов пищевых производств». – Воронеж: ВГТА, 2014. 196 с.

Дополнительная литература:

6. Алпатов, Ю.Н. Моделирование процессов и систем управления: Учебное пособие / Ю.Н. Алпатов. - СПб.: Лань, 2018. - 140 с
7. Андреев, С.М. Разработка и компьютерное моделирование элементов систем автоматизации с учетом специфики технологических процессов: Учебник / С.М. Андреев. - М.: Academia, 2017. - 36 с.
8. Федоткин, И.М. Математическое моделирование технологических процессов / И.М. Федоткин. - М.: КД Либроком, 2018. - 416 с.
9. Осипов, В.В. Моделирование динамических процессов методом.: Монография / В.В. Осипов. - М.: Инфра-М, 2016. - 286 с.

**6. ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

на ____ / ____ учебный год

№№ пп	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № ____ от _____ 200_ г.)

Заведующий кафедрой

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета
