

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

**А. В. Чернова**

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ**

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов,  
обучающихся в магистратуре по направлению подготовки  
19.04.04 Технология продукции и организация общественного питания

Калининград  
2022

УДК 004.942, 640.43

Рецензент

кандидат технических наук, доцент кафедры технологии продуктов питания  
ФГБОУ ВО «КГТУ» О. В. Анистратова

Чернова, А. В.

Математическое моделирование проектирования продуктов питания: учеб.-методич. пособие по изучению дисциплины для студ. магистратуры по напр. подгот. 19.04.04 Технология продукции и организация общественного питания / А.В. Чернова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 12 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Математическое моделирование проектирования продуктов питания» представлены учебно-методические материалы по освоению тем лекционного курса, включающие подробный план лекции по каждой изучаемой теме, вопросы для самоконтроля.

Табл. 1, список лит. – 11 наименований

Учебное пособие рассмотрено и рекомендовано к опубликованию кафедрой технологии продуктов питания 20 мая 2022 г., протокол № 11

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала для использования в учебном процессе методической комиссией института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 26 мая 2022 г., протокол № 6

УДК 004.942, 640.43

© Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный  
технический университет», 2022 г.  
© Чернова А. В., 2022 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	5
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	11

## ВВЕДЕНИЕ

Эксперимент – важнейшая составная часть современного научного исследования. Его результаты позволяют подтвердить, отклонить или выдвинуть научную гипотезу, теорию. Но чтобы выполнять такую ответственную роль, эксперимент необходимо четко спланировать, построить математическую модель исследуемого процесса или продукта. Грамотно решить эту задачу можно лишь в том случае, если присутствует владение теорией планирования эксперимента. Далее необходимо провести обработку опытных данных. Она позволит оценить справедливость, точность измерений, эффективность модели, технологического процесса и оптимальность рецептурных параметров. Научный эксперимент должен обеспечить точность, повторяемость, достоверность.

Изучаемая дисциплина направлена на рассмотрение задач оптимизации процессов пищевых производств путем применения математических методов планирования экспериментов.

При реализации дисциплины «Математическое моделирование проектирования продуктов питания» организуется практическая подготовка путем проведения практических занятий и лабораторных работ, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Целью освоения дисциплины «Математическое моделирование проектирования продуктов питания» является формирование знаний математических методов моделирования и соответствующих умений и навыков в их использовании при проектировании продуктов общественного питания.

По окончании изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- основы теории вероятностей и математической статистики;
- фундаментальные (базовые) понятия линейного программирования и компьютерной обработки данных;
- виды моделирования и экспериментов;
- подходы и методы математического моделирования проектирования продуктов общественного питания;
- методы, используемые при обработке экспериментальных данных.

Уметь:

- переводить на математический язык проблемы, поставленные в терминах технологической науки и выполнять все необходимые расчеты;
- осуществлять выбор проблемы, постановку задач, моделировать технологические процессы с помощью компьютерных программ;
- планировать эксперимент и обрабатывать экспериментальные данные;
- проводить интерпретацию полученных моделей и их проверку на адекватность.

Владеть:

- математической логикой, необходимой для формирования суждений по соответствующим профессиональным, научным проблемам; методами математического моделирования;
- навыками вычисления статистических показателей в MS Excel.

Для успешного освоения дисциплины «Математическое моделирование проектирования продуктов питания» в учебно-методическом пособии по изучению дисциплины приводится краткое содержание каждой темы занятия, перечень ключевых вопросов для организации самостоятельной работы студентов.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Осваивая курс «Математическое моделирование проектирования продуктов питания», студент должен научиться работать на лекциях, практических и лабораторных занятиях и организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность.

Для оценивания поэтапного формирования результатов освоения дисциплины (текущий контроль) предусмотрены тестовые, лабораторные и практические задания. Тестирование и решение практических задач, обучающихся проводится на практических и лабораторных занятиях после изучения соответствующих тем. Тестовое задание предусматривает выбор правильного ответа на поставленный вопрос из предлагаемых вариантов ответа. Перед проведением тестирования преподаватель знакомит студентов с вопросами теста, а после проведения тестирования проводит анализ его работы. Положительная оценка («зачтено») выставляется, если получены правильные ответы. При необходимости для обучающихся инвалидов или обучающихся с ОВЗ предоставляется дополнительное время для подготовки ответа с учетом его индивидуальных психофизических особенностей. Перечень примерных тестовых и практических заданий представлен в фонде оценочных средств по данной дисциплине, а также в учебно-методических пособиях по лабораторным работам и практическим занятиям.

Промежуточная аттестация проводится в виде зачета, к которому допускаются студенты, освоившие темы курса и имеющие положительные оценки по результатам лабораторных работ, практикума и по тестированию.

Тематический план лекционных занятий (ЛЗ) представлен в таблице 1.

В начале лекции необходимо уяснить цель, которую лектор ставит перед собой и студентами. Важно внимательно слушать, отмечать наиболее существенную информацию и кратко ее конспектировать; сравнивать то, что услышано на лекции с прочитанным и усвоенным ранее материалом, укладывать новую информацию в собственную, уже имеющуюся, систему знаний. По ходу лекции необходимо подчеркивать новые термины, определения, устанавливая их взаимосвязь с изученными ранее понятиями.

Если лектор приглашает студентов к дискуссии, то необходимо принять в ней активное участие. Если на лекции студент не получил ответа на возникшие

у него вопросы, он может в конце лекции задать эти вопросы лектору курса дисциплины.

Таблица 1 – Объем (трудоемкость освоения) и структура ЛЗ

Номер темы	Содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	Основные понятия математического моделирования	2
2	Основные понятия теории вероятностей и математической статистики	2
3	Планирование эксперимента	2
4	Выборочное наблюдение и обработка результатов эксперимента. Проверка однородности выборки	2
5	Анализ, интерпретация и оптимизация регрессионных моделей	2
Итого		10

### **Тема 1. Основные понятия математического моделирования**

Понятие модели. Классификация моделей. Понятие моделирования. Виды моделирования. Этапы моделирования. Назначение этапов моделирования. Стадии исследования. Эксперимент. Виды экспериментов. Основные задачи, решаемые планированием эксперимента.

*Литература:* [2; 5; 10]

#### *Методические рекомендации*

При изучении данной темы курса необходимо понять, что такое модель, какие виды моделей существуют. Обратит внимание на виды математических моделей в пищевой технологии. Рассмотреть методологию составления математической модели. Выявить основные стадии и закономерности моделирования.

#### *Вопросы для самоконтроля:*

1. Что такое модель?
2. Что такое объект?
3. Что такое процесс?
4. Что такое эксперимент?
5. Что такое моделирование?
6. Обозначьте цели моделирования.
7. Назовите принципы моделирования.
8. Перечислите виды экспериментов.
9. Какие виды моделей существуют?
10. Какие виды моделирования существуют?
11. Что такое математическая модель?
12. Что такое математическое моделирование?
13. Каковы цели математического моделирования?

14. Назовите виды математических моделей.
15. Что такое аналитическая модель?
16. Что такое эмпирическая модель?
17. Обозначьте преимущества математического моделирования.
18. Перечислите требования, предъявляемые к математической модели.

## **Тема 2. Основные понятия теории вероятностей и математической статистики**

Независимые испытания. Формула полной вероятности. Случайные величины. Математическое ожидание случайных величин. Независимость случайных величин. Дисперсия случайных величин. Среднеквадратичное отклонение. Распределение случайной величины – определение понятия. Стандартное нормальное распределение. Правило трех сигм. Центральная предельная теорема. Экспоненциальное распределение. Распределения Вейбулла-Гнеденко. Дискретные распределения: биномиальные, гипергеометрические и Пуассона.

*Литература:* [10].

### *Методические рекомендации*

При изучении данной темы курса необходимо выяснить, что такое вероятность, как перевести понятия математической статистики на технологический язык. Обратить внимание на разницу между дисперсией выборки и генеральной совокупности. Понять классификацию непрерывных и дискретных распределений, и как они применяются в технологии продуктов питания.

### *Вопросы для самоконтроля:*

1. Что такое вероятность?
2. Приведите формулу полной вероятности
3. Что такое зависимое и независимое событие, как определяется их вероятность?
4. Что такое дисперсия?
5. Что такое математическое ожидание?
6. Что такое функция распределения случайной величины?
7. Что такое случайная величина?
8. Что такое среднеквадратическое отклонение?
9. Приведите правило трех сигм.
10. Опишите виды распределений.

## **Тема 3. Планирование эксперимента**

Фактор. Виды факторов: контролируемые неуправляемые, контролируемые управляемые, неконтролируемые возмущающие. Требования, предъявляемые к факторам. Центр эксперимента. Выбор уровней факторов. Интервал варьирования факторов. Факторное пространство. Функция отклика. Априорное ранжирование факторов (психологический эксперимент). Задачи, решаемые планированием эксперимента. Предпланирование эксперимента (схема). Функ-

ции желательности. Матрица планирования полного факторного эксперимента. Свойства полного факторного эксперимента. Дробный факторный эксперимент. Минимизация числа опытов. План дробного факторного эксперимента. Дробная реплика. Полуреплика. Определяющий контраст.

*Литература:* [1; 8–10]

#### *Методические рекомендации*

При изучении данной темы курса необходимо определить разницу между четырьмя группами факторов, научиться выделять интервал варьирования факторов. Обратить внимание на условия выбора комиссии при априорном ранжировании факторов. Рассмотреть методологию ранжирования и построения матриц эксперимента.

#### *Вопросы для самоконтроля:*

1. Что является результатом анализа априорной информации?
2. Какие требования предъявляются к входным и выходным факторам?
3. Что такое эксперимент?
4. Что такое планирование эксперимента?
5. Обозначьте цели планирования эксперимента.
6. Что такое план эксперимента?
7. Что такое нулевой уровень фактора? Как он выбирается?
8. Что такое интервал варьирования? Как он выбирается?
9. Что такое полный факторный эксперимент?
10. Что такое матрица планирования эксперимента?
11. Назовите свойства матрицы полного факторного эксперимента.
12. Что такое дробная реплика?
13. Что такое рандомизация? Какова цель проведения рандомизации?
14. Что такое экстремальный эксперимент?

#### **Тема 4. Выборочное наблюдение и обработка результатов эксперимента. Проверка однородности выборки**

Измерения. Виды измерений. Класс точности измерительных приборов. Абсолютная и относительная погрешность. Ошибки наблюдения и их виды (систематические, случайные, грубые). Выбросы. Правила округления чисел.значащие цифры числа. Доверительное оценивание: доверительная вероятность, доверительный интервал, надежность. Взвешенное среднее. Обработка результатов прямых измерений. Обработка результатов косвенных измерений. Выборочная совокупность. Репрезентативность выборки. Виды выборок. Дисперсия. Распределение вероятностей Стьюдента. Коэффициент Стьюдента. Проверка гипотез: ошибки первого, второго рода. Проверка однородности независимых выборок. Проверка воспроизводимости опытов. Критерий Стьюдента, критерий Фишера, критерий Кохрена. Выявление промахов при обработке результатов измерений. Критерий Шовене.

*Литература:* [3; 4; 10]



### *Методические рекомендации*

При изучении данной темы курса необходимо уяснить классификацию измерений и то, как в зависимости от вида измерений происходит расчёт погрешности. Обратит внимание на разницу в понятиях погрешность и неопределенность. Рассмотреть методологию округления чисел, которое очень часто влияет на величину систематической ошибки. Установить, как отбрасывать грубые промахи в измерениях.

#### *Вопросы для самоконтроля:*

1. Какие виды измерений существуют?
2. Как рассчитать ошибку / неопределенность прямых измерений?
3. Как рассчитать ошибку / неопределенность косвенных измерений?
4. Какие критерии достоверности существуют?
5. Когда применяется критерий Стьюдента?
6. В каких случаях применяются критерии Кохрена и Фишера?
7. Как определить грубые ошибки?
8. Как провести округление результатов измерений?

### **Тема 5. Анализ, интерпретация и оптимизация регрессионных моделей**

Понятие регрессионной зависимости. Уравнение регрессии. Понятие корреляции. Основная задача регрессионного анализа. Основная задача корреляционного анализа. Однофакторная линейная регрессия. Определение коэффициентов регрессии линейной однофакторной зависимости методом наименьших квадратов. Выборочный коэффициент корреляции. Свойства коэффициента корреляции. Оценка значимости коэффициента корреляции. Множественная линейная регрессия. Полиномиальная регрессия. Проверка регрессии на достоверность и адекватность. Дисперсия воспроизводимости. Анализ остатков. Выделение факторов, оказывающих наибольшее влияние на отклик. Оценка характера, знака и степени влияния факторов на отклик. Прогноз значения отклика для любых значений факторов. Задача оптимизации. Метод крутого восхождения по поверхности отклика.

*Литература:* [1; 2]

### *Методические рекомендации*

При изучении данной темы курса необходимо уяснить разницу между функциональной и регрессионной зависимостью. Обратит внимание на то, как рассчитывается коэффициент регрессии для однофакторной и многофакторной регрессии. Рассмотреть методологию проверки регрессии на адекватность. Установить факторы, оказывающие наибольшее влияние на отклик и разобраться с тем, как выбрать наиболее отвечающий условиям метод оптимизации.

#### *Вопросы для самоконтроля:*

1. Что такое уравнение регрессии?

2. Какие модели называются регрессионными?
3. На основе какого метода определяются коэффициенты регрессии?
4. Каким критерием оценивается адекватность модели?
5. Что делать, если модель оказывается неадекватной?
6. Что такое критерий оптимизации?
7. Перечислите виды критериев оптимизации.
8. Что такое интерпретация?
9. Перечислите методы поиска оптимальных решений по математической модели.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Наука, 1976. – 279 с.
2. Андреева, Е. А. Математическое моделирование: учеб. пособие для ВУЗов / Е. А. Андреева, В. М. Цирулева. – Тверь, 2004. – 502 с.
3. Афанасьева, Н. Ю. Вычислительные и экспериментальные методы научного эксперимента: учеб. пособие / Н. Ю. Афанасьева. – Москва: КНОРУС, 2010. – 336 с.
4. Васильков, Ю. В. Компьютерные технологии вычислений в математическом моделировании: учеб. пособие / Ю. В. Васильков, Н. Н. Василькова. – Москва: Финансы и статистика, 2002. – 254 с.
5. Глазунов, Ю. Т. Моделирование процессов пищевых производств: учеб. пособие / Ю. Т. Глазунов, А.М. Ершов, М. А. Ершов. – Москва: Колос, 2008. – 356 с.
6. Карлов, А. М. Теория вероятностей и математическая статистика для экономистов: учеб. пособие / А. М. Карлов. – Москва: КНОРУС, 2011. – 260 с.
7. Ермаков, С. М. Математическая теория оптимального эксперимента: учеб. пособие / С. М. Ермаков. – Москва: Наука, 1987. – 318 с.
8. Пупков, К. А. Оценка и планирование эксперимента / К. А. Пупков, Г. А. Костюк. – Москва: Машиностроение, 1977. – 118 с.
9. Реброва И. А. Планирование эксперимента: учеб. пособие / И. А. Реброва. – Омск: СибАДИ, 2010. – 105 с.
10. Сидняев, Н. И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Н. И. Сидняев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Изд-во Юрайт, 2018. – 495 с.
11. Шапкин, А. С. Математические методы и модели исследования операций: учеб. / А. С. Шапкин, В. А. Шапкин. – 5-е изд. – Москва: Дашков и К°, 2009. – 400 с.

### Интернет-ресурсы дисциплины

<http://math.semestr.ru/simplex/simplex.php>  
<http://medstatistic.ru/calculators.html>  
<http://www.statistica.ru/local-portals/quality-control/statisticheskie-metody-regulirovaniya-tekhnologicheskikh-protsessov/>

### Методические пособия

Чернова, А. В. Математическое моделирование проектирования продуктов питания: учебно-метод. пособие по практическим занятиям / А. В. Чернова, М. П. Белова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2021. – 33 с.

Чернова А.В. Математическое моделирование проектирования продуктов питания: учебно-метод. пособие по лабораторным работам / А. В. Чернова, М. П. Белова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2021. – 76 с.

Локальный электронный методический материал

Анастасия Валерьевна Чернова

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Редактор Е. Билко

Уч.-изд. л. 1,0. Печ. л. 0,8

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»,  
236022, Калининград, Советский проспект, 1