

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 28.01.2021 16:16:34  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d4260b9e3f1c11eabb175e9430f4a4851fda56d089

1

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра товароведения, технологии и экспертизы товаров



### «МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ»

Методические указания по выполнению практических работ  
для студентов направления 38.04.07 «Товароведение»

Курск 2017

УДК 620.2

Составитель М.Б. Пикалова

Рецензент

Доктор технических наук, профессор О.В. Евдокимова

**Моделирование технологических процессов производства продуктов питания:** методические указания по выполнению практических работ /Юго-Зап. гос. ун-т; сост. М.Б. Пикалова. Курск, 2017. с.19: Библиогр.: с.19.

Приводится перечень практических работ, цель их выполнения, материальное обеспечение, вопросы для подготовки, краткие теоретические сведения, задания, рекомендуемая литература.

Предназначены для студентов направления 38.04.07«Товароведение».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.  
Усл.печ.л 1,25. . Уч.- изд. л.1,25 .Тираж 50 экз. Заказ  
.Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.  
305040 Курск, ул.50 лет Октября, 94.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Правила оформления работ	5
Работа №1 Моделирование на основе регрессионно-факторного анализа	5
Работа №2 Работа с электронными таблицами Excel для оценки показателей качества готовой продукции	8
Работа №3 Оптимизация технологических показателей выпуска продукции	9
Работа №4 Оптимизация режимов тепловой обработки мясопродуктов	14
Список использованных источников	19

## ВВЕДЕНИЕ

Методические указания к выполнению практических работ предназначены для студентов направления 38.04.07 «Товароведение» с целью закрепления и углубления ими знаний, полученных на лекциях и при самостоятельном изучении учебной литературы, овладения умениями и навыками самостоятельной работы с образцами по определению основополагающих свойств различных материалов.

Методические указания разработаны в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта. Перечень практических работ, их объем соответствуют учебному плану и рабочей программе дисциплины.

При подготовке к занятиям студенты должны изучить соответствующий теоретический материал по учебной литературе, конспекту лекций, выполнить задания для самостоятельной работы, ознакомиться с содержанием и порядком выполнения практической работы.

Каждое занятие содержит цель его выполнения, материальное обеспечение, рекомендуемые для изучения литературные источники, вопросы для подготовки, краткие теоретические сведения, задания для выполнения работы в учебной аудитории и дома.

При выполнении практических работ основным методом обучения является самостоятельная работа студентов с высоким уровнем индивидуализации заданий под руководством преподавателя. Индивидуализация обучения достигается за счет распределения между студентами индивидуальных заданий и тем разделов дисциплины для самостоятельной проработки и освещения их на практических занятиях. Разнообразие заданий достигается за счет многовариантных комплектов стандартов, образцов и других средств обучения. Результаты выполненных каждым студентом заданий обсуждаются в конце занятий. Оценка преподавателем практической работы студента осуществляется комплексно: по результатам выполненного задания, устному сообщению и качеству оформления работы, что может быть учтено в рейтинговой оценке знаний студента.

## ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТ

1. Отчеты по каждой теме практического занятия оформляются в отдельной тетради.

2. Перед оформлением каждой работы студент должен четко написать ее название, цель выполнения, краткие ответы на вопросы для подготовки, объекты и результаты исследования. Если предусмотрено оформление работ в виде таблиц, то необходимо все результаты занести в таблицу в тетради. После каждого задания должно быть сделано заключение с обобщением, систематизацией или обоснованием результатов исследований.

3. Каждую выполненную работу студент защищает в течение учебного семестра.

Выполнение и успешная защита практических работ являются допуском к сдаче теоретического курса на экзамене.

### РАБОТА № 1

#### Моделирование на основе регрессионно-факторного анализа

**Цель работы:** проанализировать влияние функционально-технологических свойств рецептурных смесей на основе регрессионно-факторного анализа.

#### Краткие теоретические сведения

Регрессионный факторный анализ позволяет оценить степень связи между переменными, предлагая механизм вычисления предполагаемого значения переменной из нескольких уже известных значений.

В состав *M. Excel* входит набор средств анализа данных (пакет анализа), предназначенный для решения сложных статистических и инженерных задач. Для анализа данных следует указать входные данные и выбрать параметры; анализ будет выполнен с помощью подходящей статистической или инженерной макрофункции, а результат будет помещен в выходной диапазон. Другие средства позволяют представить результаты анализа в графическом виде. Средства, включенные в пакет анализа данных, доступны через

команду *Анализ данных* меню *Сервис*. Если этой команды нет в меню, необходимо загрузить надстройку *Пакет анализа*.

### Задания

**Задание 1.** Решить ситуационную задачу. В лабораторных условиях было исследовано влияние ферментного препарата глюкозооксидазы ( $x_2$ ) в сочетании с аскорбиновой кислотой ( $x_1$ ) на качество хлеба (табл.5). С помощью компьютерного моделирования необходимо: определить, какой фактор ( $x_1$  или  $x_2$ ) оказывает большее влияние на пористость хлеба; построить эмпирическую линейную модель зависимости пористости хлеба  $y$  от фактора  $x_1$  или  $x_2$ , оказывающего на него большее влияние; выявить, как изменится пористость хлеба, если величину глюкозооксидазы увеличить на 30% от среднего значения выборки.

Таблица 1 - Влияние ферментного препарата глюкозооксидазы в сочетании с аскорбиновой кислотой на качество хлеба

Количество аскорбиновой кислоты $x_1$ , %	Количество глюкозооксидазы $x_2$ , %	Пористость $y$ , %
0,003	0,0146	87
0,003	0,0853	85
0,017	0,0146	87
0,017	0,0854	85
0,000	0,0500	85

Решение задачи.

1. Создадим шаблон-таблицу в *M. Excel*.

2. Определим, какой фактор (количество аскорбиновой кислоты  $x_1$  или количество глюкозооксидазы  $x_2$ ) оказывает большее влияние на пористость хлеба с помощью коэффициента регрессии. Для этого построим матрицу коэффициентов корреляции: *Сервис* → *Анализ данных* → *Корреляция* (рис. 1).

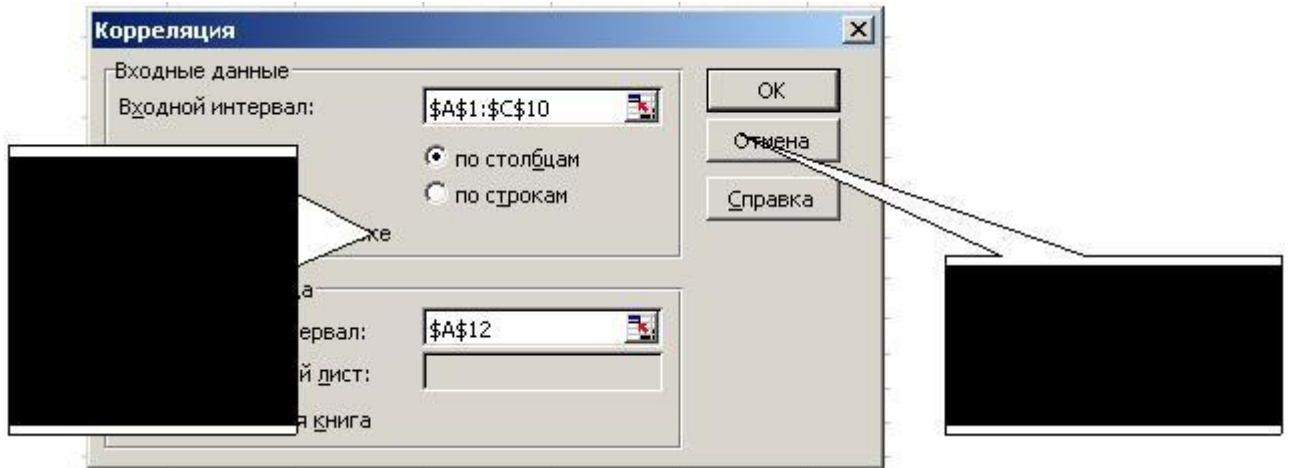


Рисунок 1– Определение матрицы коэффициентов корреляции

Корреляционный анализ дает возможность установить, ассоциированы ли наборы данных по величине, то есть, большие значения из одного набора данных связаны с большими значениями другого набора (положительная корреляция), или, наоборот, малые значения одного набора связаны с большими значениями другого (отрицательная корреляция), или данные двух диапазонов никак не связаны (нулевая корреляция). *Коэффициент корреляции*, как ковариационный анализ, характеризует область, в которой два измерения изменяются вместе. Коэффициент масштабируется таким образом, что его значение не зависит от единиц, в которых выражены переменные двух измерений.

Таблица 2 - Матрица коэффициентов корреляции

	Количество аскорбиновой кислоты $x_1$ , %	Количество глюкозооксидазы $x_2$ , %	Пористость $y$ , %
Количество аскорбиновой кислоты $x_1$ , %	1		
Количество глюкозооксидазы $x_2$ , %	0,000351665	1	
Пористость $y$ , %	0,304572452	-0,88317	1

Любое значение коэффициента корреляции должно находиться в диапазоне от  $-1$  до  $+1$  включительно. Чем ближе по модулю коэффициент корреляции  $r_{xy}$  к  $1$ , тем теснее связь между  $x$  и  $y$ . Если  $|r_{x_1y}| > |r_{x_2y}|$ , то фактор  $x_1$  оказывает большее влияние на  $y$ , чем  $x_2$ . В результате имеем:

$r_{x_1y} = 0,304572452$  – связь (между  $x_1$  и  $y$ ) слабая;

$rx_2y = -0,88317$  – связь (между  $x_2$  и  $y$ ) умеренная обратная (т.е. с увеличением количества глюкооксидазы, пористость хлеба уменьшается). Значит  $|rx_1y| < |rx_2y|$ , поэтому фактор  $x_1$  оказывает меньшее влияние на  $y$ , чем  $x_2$ . Следовательно, будем строить эмпирическую зависимость пористости хлеба  $y$  от количества глюкооксидазы  $x_2$ .

**Задание 2.** Построить эмпирическую модель зависимости пористости хлеба  $y$  от количества глюкооксидазы  $x_2$ .

Для этого используем встроенный пакет регрессионного анализа.

Итоги практической работы представить в виде файлов на внешнем носителе.

## РАБОТА №2

### Работа с электронными таблицами Excel для оценки показателей качества готовой продукции

**Цель работы:** научиться использовать инструмент "Описательная статистика Excel" для оценки показателей качества готовой продукции.

#### Краткие теоретические сведения

При решении многих технологических задач используются модели, содержащие случайные величины, поведение которых не поддается управлению. При анализе таких процессов важное значение имеют статистические взаимосвязи между случайными величинами. Чем больше характеристик распределения случайной величины нам известно, тем точнее мы можем судить об описываемых ею процессах.

Инструмент "Описательная статистика Excel" автоматически вычисляет наиболее широко используемые в практическом анализе характеристики распределений. При этом значения могут быть определены сразу для нескольких исследуемых переменных.



### Задания.

**Задание 1.** Оценить результаты исследований влияния на амилолитическую активность солода воздействия физического фактора при замачивании ячменя.

Таблица 3 - Показатели амилолитической активности солода, иницированного ультрафиолетом, едWK.

Длительность замачивания ячменя, ч	Время воздействия, мин		
	5	10	15
0	191,52	101,574	148,77
0,15	158,0	185,364	145,008
2	181,26	106,704	181,944
4	222,3	207,594	190,494
6	149,796	153,216	167,92
12	133,38	145,35	170
24	161,766	144,324	194,598
контр	140,904	-	-

Требование к отчетным материалам: Итоги практической работы представить в виде файлов на внешнем носителе.

## РАБОТА № 3

### Оптимизация технологических показателей выпуска продукции

**Цель работы:** в форме деловой игры научиться оптимизировать производственные затраты.

#### Краткие теоретические сведения

Методы моделирования позволяют находить решение проблемы оптимальным способом. Задача поиска оптимального решения математически сформулирована в том случае, если записана функция оптимальности и область допустимых решений (ограничения), то это позволяет найти оптимальное решение (оптимизировать процесс), т. е. определить, при каких условиях должен проходить технологический процесс, чтобы обеспечить

наилучшее качество продукта, наименьший расход энергии, наибольшую прибыль и т. д.

Данное практическое занятие сочетает в себе как исследовательский метод обучения, так и «Деловую игру». В процессе практического занятия происходит составление модели для поиска оптимального решения, а также овладение студентами методов научного познания.

Для того чтобы провести «Деловую игру» требуются создать модель производственной программы. Нахождение вида модели оптимизации производственных затрат происходит во время практического занятия с использованием методов компьютерного моделирования под руководством преподавателя. Для проведения игры студенты разбиваются на две команды. Участники игры выполняют роль «директоров фирм» и «технологов» предлагающих установить производственную программу. Задача участников деловой игры предложить оптимальную программу, то есть предложить такой выпуск ассортимента продукции, при котором предприятие получит наибольшую прибыль. Ассортимент продукции предлагается студентам в виде табличных данных.

При построении моделей технологических объектов обычно вводят ограничения, представляющие собой устанавливаемые пределы изменения значений переменных или ограничивающие условия распределения и расходования тех или иных ресурсов (энергии, материалов, запасов сырья, времени и т.п.). Методы оптимизации должны учитывать принцип оптимального варианта, который заключается в наилучшем сочетании последовательности технологических операций, их физико-химических и биохимических закономерностей, технологических режимов, конструктивных параметров машин и аппаратов, основных законов управления и экономики в данных конкретных условиях предприятия для повышения качества пищевого продукта и снижения затрат на его производство. При проектировании пищевых предприятий этот принцип является основополагающим, что позволяет наращивать выпуск продуктов питания и снижать затраты на производство продукции.

## **Задания**

**Задание 1.** Решить ситуационную задачу и оптимизировать

производственные затраты.

Цех производит три вида продукции, для изготовления которых требуется сырье, машинное и рабочее время. Затраты ресурсов на единицу продукции приведены в таблице 4.

Таблица 4- Затраты ресурсов на единицу продукции

Вид продукции	Сырье	Машинное время	Рабочее время	Стоимость единицы продукции, ден. ед	Планируемый объем выпуска
П1	4	2	3	21	$x_1$
П2	2	2	1	18	$x_2$
П3	2	2	2	18	$x_3$

В расчете на один рабочий день имеются следующие ресурсы: сырье 22 ед., машинное время – 12 ч., рабочее время – 24 ч. Сколько продукции каждого вида требуется изготовить, чтобы максимизировать доход от произведенной за день продукции?

Моделирование:

Обозначим через  $x_1$  планируемый объем выпуска продукции П1,  $x_2$  – планируемый объем выпуска продукции П2,  $x_3$  – планируемый объем выпуска продукции П3.

Тогда искомая целевая функция  $Z$ , отражающая доход от реализованной продукции, будет иметь вид:

$$Z(x_1, x_2, x_3) = 21 x_1 + 18 x_2 + 18 x_3.$$

$$\text{Потребность в сырье: } G(x_1, x_2, x_3) = 4 x_1 + 2 x_2 + 2 x_3.$$

$$\text{Потребность в машинном времени: } P(x_1, x_2, x_3) = 2 x_1 + 2 x_2 + 2 x_3.$$

$$\text{Потребность в рабочем времени: } Q(x_1, x_2, x_3) = 3 x_1 + 1 x_2 + 2 x_3.$$

Учитывая ограничения по используемым ресурсам, математическую модель можно записать следующим образом:

$Z x \Rightarrow \max$ , или  $16 x_1 + 20 x_2 + 18 x_3 \Rightarrow \max$ , при заданных ограничениях:

$$\begin{cases} 4x_1 + 2x_2 + 2x_3 \leq 22 \\ 2x_1 + 2x_2 + 2x_3 \leq 12 \\ 3x_1 + 1x_2 + 2x_3 \leq 24 \\ x_1 \geq 0 \\ x_2 \geq 0 \\ x_3 \geq 0 \end{cases}$$

Сформируем таблицу (рис.2). В процессе расчетов в ячейки E2:E4 и E6 вводятся вычисляемые (фактические) значения правой части неравенства. Функция СУММПРОИЗВ перемножает соответствующие элементы заданных массивов и возвращает сумму произведений.

	А	В	С	Д	Е	Ф
1	Используемые ресурсы	Продукт 1	Продукт 2	Продукт 3	Вычисленные значения	Заданные ограничения
2	Сырье	4	2	2	=СУММПРОИЗВ(В2:Д2;В7:Д7)	22
3	Машинное время	2	2	2	=СУММПРОИЗВ(В3:Д3;В7:Д7)	12
4	Рабочее время	3	1	2	=СУММПРОИЗВ(В4:Д4;В7:Д7)	24
5					ПРИБЫЛЬ:	
6	Целевая функция	21	18	18	=СУММПРОИЗВ(В6:Д6;В7:Д7)	
7	План выпуска	0	0	0		

Рисунок – 2 Ввод данных

Поскольку результаты поиска (в ячейках В7:Д7) еще не найдены, то в ячейках E2:E4 и E6 появятся нули (рис.3).

	А	В	С	Д	Е	Ф
1	Используемые ресурсы	Продукт 1	Продукт 2	Продукт 3	Вычисленные значения	Заданные ограничения
2	Сырье	4	2	2	0	22
3	Машинное время	2	2	2	0	12
4	Рабочее время	3	1	2	0	24
5					ПРИБЫЛЬ:	
6	Целевая функция	21	18	18	0	
7	План выпуска					

Рисунок –3 Вид таблицы после ввода расчетных формул

Выполним поиск решения средствами *Excel*. Выберем команду *Поиск решения* в меню *Сервис*. В случае отсутствия в меню *Сервис* опции *Поиск решения* необходимо подключить ее, произведя следующую очередность действий: нажать меню *Сервис* → опцию *Настройка* → активизировать строку *Поиск решения* → нажать кнопку *ОК*. При использовании инструмента *Поиск решения* необходимо:

– задать адрес ячейки, содержащей оптимизируемое значение и указать ее искомое значение: максимальное, минимальное, либо равное какому-либо числу. Данная ячейка должна содержать формулу с адресами изменяемых ячеек;

- указать диапазон изменяемых ячеек (диапазон ячеек, в которых будут выведены искомые значения);
  - указать ограничения, которые устанавливаются с помощью кнопки *Добавить*;
  - после ввода всех параметров нажать кнопку *Выполнить*.
- В результате окно «Поиск решения» должно быть заполнено так, как показано на рисунке.

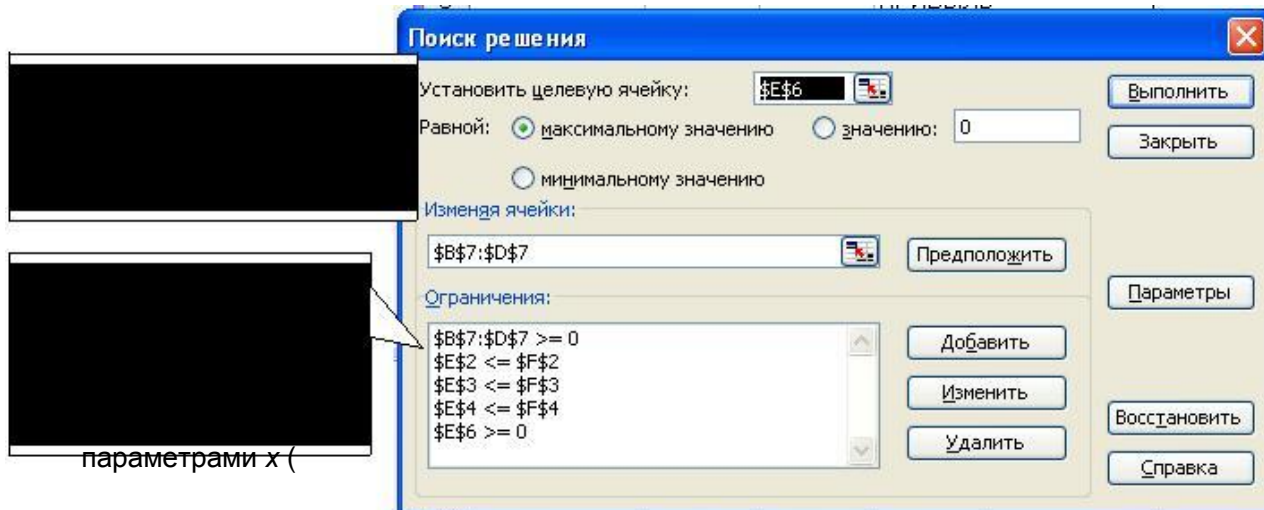


Рисунок –4 Виды окон пакета «Поиск решения»

В итоге поиска решения появятся выходные значения, приведенные на рис.5.

	А	В	С	Д	Е	Ф
1	Используемые ресурсы	Продукт 1	Продукт 2	Продукт 3	Вычисленные значения	Заданные ограничения
2	Сырье	4	2	2	22	22
3	Машинное время	2	2	2	12	12
4	Рабочее время	3	1	2	17	24
5					ПРИБЫЛЬ:	
6	Целевая функция	21	18	18	123	
7	План выпуска	5	0	1		

Рисунок – 5 Результат решения

Таким образом, оптимальным планом выпуска будет отказ от выпуска Продукта 2 (ячейка С7 содержит 0), а объем выпуска Продукта 1 должен составлять 5 единиц и продукта 3 – 1 единица. В этом случае прибыль достигнет своего максимального значения 123 ед. Полученные значения также позволяют сравнить предельные и фактические значения ресурсов:

Сырье:	22 из 22	(израсходовано полностью);
Машинное время:	12 из 12	(израсходовано полностью);
Рабочее время:	17 из 24	(остаток 7).

Отчет по полученным результатам можно отображается на дополнительном листе таблиц *Excel*.

## **РАБОТА №4**

### **Оптимизация режимов тепловой обработки мясопродуктов**

**Цель работы:** Определение оптимальных параметров тепловой обработки при производстве мясопродуктов.

#### **Краткие теоретические сведения**

Тепловая обработка в мясной промышленности является основным технологическим процессом при производстве мясопродуктов. Ее организация существенно влияет на качество, выход, а следовательно, себестоимость готовой продукции.

В нормативной документации указаны условия и режимы тепловой обработки традиционных мясных изделий.

Однако при разработке новых продуктов, их технологии и рецептур, а также при смене оборудования необходимо учитывать происходящие изменения, связанные с тепло-, массопереносом.

#### **Работа по теме делится на четыре этапа:**

- проведение эксперимента по нахождению режимов тепловой обработки мясопродуктов при заданных параметрах (рис.6);
- разработка модели процессов тепловой обработки мясопродуктов;
- расчет оптимальных режимов тепловой обработки с применением компьютерной техники;
- заключение по работе на основе сравнительного анализа расчетных данных с нормативными.

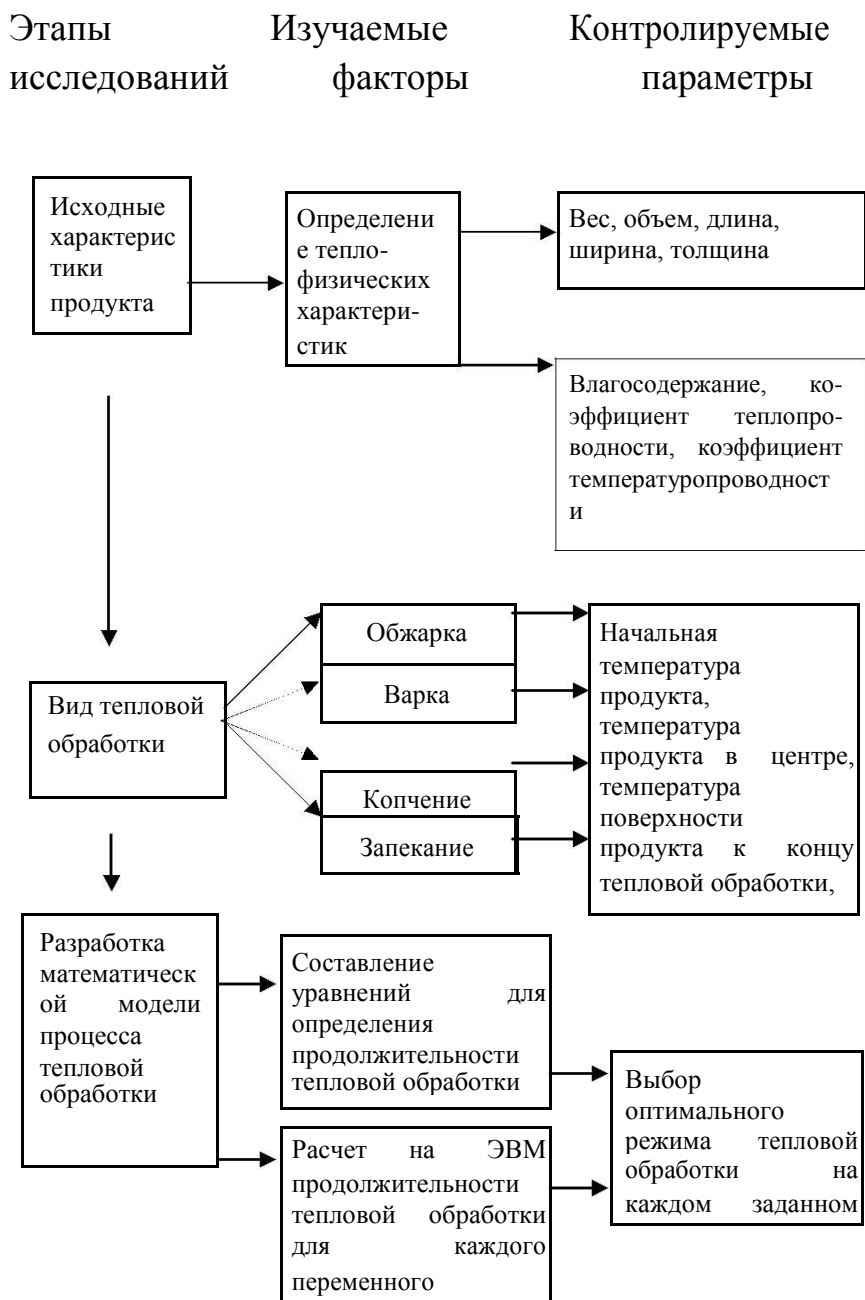


Рисунок-6 Схема проведения эксперимента

### Задания

**Задание 1.** Изучить метод расчета продолжительности термической обработки колбасных изделий. Определить продолжительность термической обработки (варки) замороженных колбас-полуфабрикатов.

Традиционная технология предусматривает проведение термической обработки вареных колбасных изделий в три стадии:

подсушка, обжарка и варка, различающиеся режимами греющей среды. Все необходимые для расчета данные представлены в таблице.

Таблица 5 - Теплофизические характеристики для "Хиимэ" из субпродуктов

Наименование характеристик	Значения характеристик
1	2
1. Скорость движения воды (W), м/с	1-2
2. Влагосодержание продукта (d), кг/кг	0,706
3. Эмпирический коэффициент (Ri)	0,405
4. Начальный радиус батона (Ro), м	0,016
5. Коэффициент теплопроводности ( $\lambda$ ), Вт/(м*К)	0,465
6. Начальная температура продукта ( $t_0$ ), °С	-8
1	2
7. Температура среды ( $t_{cp}$ ), °С	100
8. Температура продукта в конце тепловой обработки (в центре) ( $t_{ц}$ ), °С	70-72
9. Температура поверхности ( $t_{п}$ ), °С	74
10. Коэффициент температуропроводности ( $a$ ), м <sup>2</sup> /ч	0,0005256

1. Определим значение коэффициента теплоотдачи  $\alpha_c$  по эмпирической формуле Юргеса:

Традиционная технология предусматривает проведение термической обработки вареных колбасных изделий в три стадии: подсушка, обжарка и варка, различающиеся режимами греющей среды.

Первая стадия (подсушка) заключается в прогреве (главным образом поверхности) объекта в среде с низкой относительной влажностью (до 10 %).

При подсушке с поверхности колбасной оболочки удаляется влага смачивания, что способствует равномерной прокраске поверхности и диффузии в продукт копильных веществ при последующей обжарке.

Подсушка считается законченной, если температура поверхности продукта достигнет 50 °С, поэтому продолжительность подсушки конкретного вида колбас зависит от диаметра колбасного батона. Потери массы во время подсушки по



данным ВНИИМПа, составляют 0,5-1,8 %. Подсушка" необходима для равномерного окрашивания поверхности колбасного батона.

Продолжительность подсушки колеблется от 3 до 30 мин.

Вторая стадия (обжарка) сводится к обработке колбасных изделий дымовоздушной смесью при температуре среды 100°C, относительной влажности 20% и скорости движения 2 м/с. При обжарке упрочняются оболочка и поверхностный слой фарша; поверхность батона окрашивается в буровато-красноватый цвет с золотистым оттенком. Фарш прогревается и приобретает специфический запах и привкус подкопченного продукта. Влажность дымовоздушной смеси должна быть такой чтобы исключалась возможность конденсации водяного пара на поверхности батона. Учитывая, что при обжарке температура поверхности колбасного батона возрастает, можно считать, что минимальная допустимая влажность соответствует наналу, а максимальная – окончанию процесса. Обжарка заканчивается, когда температура в центре батона достигает 40-50 °С.

Третья стадия (варка) заключается в обработке продукта паровоздушной средой с температурой 85°C и относительной влажностью около 90 %; скорость среды 1-2 м/с; продолжительность определяется достижением в центре батона температуры 68-72 °С.

При варке колбас температура поверхности батона должна быть равна или несколько ниже температуры паровоздушной среды, измеренной по мокрому термометру. В процессе варки необходимо создать условия, исключющие испарение влаги с поверхности.

1. Определим значение коэффициента теплоотдачи  $\alpha_c$  по эмпирической

формуле Юргеса:

$$\alpha_c = 6,16 + 4,19 \cdot 2 = 14,54 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

2. Коэффициент теплоотдачи от тела к окружающей среде равен:

$$\alpha = 14,54 \cdot (1 - 1,9 \cdot 0,706) = 34 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

3. Вычислим изменение радиуса продукта в процессе варки:

$$R_{\text{вар}} = 1,045 \cdot 0,016 = 0,01672 \text{ м}$$

4. Значение критерия Био составляет:

$$Bi_{\text{вар}} = (34/0,465) \cdot 0,0672 = 1,2$$

5. Число Фурье, соответствующее продолжительности распространения температурного фронта равно:

$$Fo(i) \approx 0,7 * [1/12 + 1/(3*1,2) - 2/(3*1,22) - \ln(1+0,5*1,2)] = 0,103$$

6. Продолжительность варки по достижении температуры в центре батона 72 °С составляет:

$$Fo \text{ вар} = [(1,2+4)/(8*1,2)] * 1п[(100 - 8)/(100 - 72)] + 0,103 = 0,75$$

7. Размерное время варки следующее:

$$t_{\text{вар}} = 0,75 * (0,0167)^2 / 0,0005256 = 23,8 \text{ мин}$$

8. Безразмерное значение температуры поверхности колбасного батона к моменту окончания варки равно:

$$T_{п \text{ вар}} = 1 - [1,2/(1,2 + 2)] * \exp(-8*1,2*0,75/(1,2 + 4)) = 0,906$$

9. Размерное значение температуры поверхности колбасного батона в конце процесса варки следующее:

$$t_{п \text{ вар}} = - 8 + 0.906 * (100 - 8) = 75,35 \text{ °С}$$

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дворецкий, С.И. Компьютерное моделирование и оптимизация технологических процессов и оборудования: Учеб. пособие / С.И. Дворецкий, А.Ф. Егоров, Д.С. Дворецкий. - Тамбов: Тамб. гос. техн. ун-т, 2003. - 224 с.
2. Дерканосова, Н.М. Моделирование и оптимизация технологических процессов пищевых производств. Учебное пособие / Н.М. Дерканосова, А.А. Журавлев, И.А. Сорокина. – Воронеж: ВГТА, 2011. – 195 с.
3. Штерензон В.А. Моделирование технологических процессов: конспект лекций / В.А. Штерензон. – Екатеринбург: РГППУ, 2010. – 66 с.
4. Осинцев, А.М. Развитие фундаментального подхода к технологии молочных продуктов / А.М. Осинцев. - Кемерово: КемТИПП, 2014. – 152 с.
5. Березина, Н.А. Моделирование технологических процессов производства пищевых продуктов: Методические указания для лабораторных занятий / Н.А. Березина. - Орел, 2016. - 85 с., ил.
6. Дерканосова, Н.М. Практикум по моделированию и оптимизации технологических процессов пищевых производств / Н.М. Дерканосова, А.А. Журавлев, И.А. Сорокина. - Воронеж: Изд-во «Истоки», 2009. – 167 с.
7. Саломатин, Н.А. Имитационное моделирование в оперативном управлении производством / Н.А. Саломатин, Г.В. Беляев, В.Ф. Петроченко, Е. В. Прошлякова.— М., 2004. - 232 с.
8. Симоненкова А.П. Моделирование технологических процессов производства продуктов из животного сырья. Методические указания по проведению лабораторных работ. – Орел: «Госуниверситет-УНПК», 2012. – 48 с.
9. Моделирование производственных процессов мясной и молочной промышленности / Под ред. Ю.А. Ивашкина. – М., 2014.