

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет
Институт механизации и технического сервиса

Направление Агроинженерия

Профиль Технические системы в агробизнесе

Кафедра Машин и оборудования в агробизнесе

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на соискание квалификации (степени) «бакалавр»

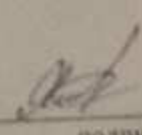
Тема: Совершенствование технологии производства копченых изделий с
переработкой термодымовой камеры

Шифр

ВКР 35.03.06.193.20.ПЗ

Выполнил

студент


подпись

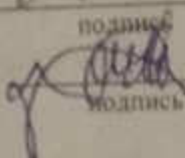
Якупов А.И.

Ф.И.О.

Руководитель

доцент

ученое звание


подпись

Дмитриев А.В.

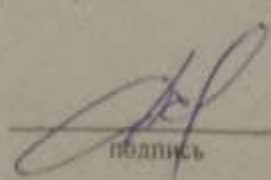
Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
(протокол № 7 от «05» февраля 2020)

За кафедрой

к.т.н., доцент

ученое звание


подпись

Халиуллин Д.Т.

Ф.И.О.

Казань – 2020 г.

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет**Институт механизации и технического сервиса**Кафедра Машин и оборудования в агробизнесеНаправление АгроинженерияПрофиль Технические системы в агробизнесе

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой

_____/_____/_____
« _____ » _____ 20 ____ г.**ЗАДАНИЕ****на выпускную квалификационную работу**Студенту Якупову Амиру ИльдаровичуТема ВКР Совершенствование технологии производства копченых изделий с разработкой термодымовой камеры_____
утверждена приказом по вузу от « ____ » _____ 2020 г. № _____

2. Срок сдачи студентом законченной ВКР _____

3. Исходные данные

1. Научно-техническая и справочная литература.
2. Патенты и авторские свидетельства по теме проекта.

4. Перечень подлежащих разработке вопросов

1. Литературно-патентный обзор по теме ВКР
2. Технологическая часть;
3. Конструкторская часть.

5. Перечень графических материалов

1. Технологическая схема производства копченых изделий;
2. Обзор существующих термодымовых камер;
3. Конструктивно-технологическая схема;
4. Сборочный чертеж;
5. Рабочие чертежи.

6. Консультанты по ВКР

Раздел (подраздел)	Консультант

7. Дата выдачи задания _____

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование этапов ВКР	Срок выполнения	Примечание
1	Литературно-патентный обзор		
2	Технологическая часть		
3	Конструкторская часть		

Студент _____ (Якупов А.И.)Руководитель ВКР _____ (доцент Дмитриев А.В.)

Аннотация

На выпускную квалификационную работу Якупов А.И. на тему «Совершенствование технологии производства копченых изделий с разработкой термодымовой камеры».

Выпускная квалификационная работа содержит пояснительную записку на _____ листах машинописного текста, включающую 3 таблицы, 12 рисунков. Библиографический список содержит 12 наименований. Графическая часть проекта выполнена на 5 листах формата А1.

Пояснительная записка состоит из введения, трех разделов, заключения и списка использованной литературы.

В первом разделе приводится обзор технологий производства копченых и полукопченых изделий и обзор существующих конструкций современных кормораздатчиков.

Во втором разделе производится описание технологических схем для производства копченых и полукопченых изделий, предлагаемая технология, требования к продукции, технологические расчеты.

В третьем разделе представлены описание разрабатываемой конструкции термодымовой камеры и его конструктивные расчеты, разработана инструкция по охране труда и произведен технико-экономический расчет конструкции.

Abstract

For the final qualifying work Yakupov A. I. on the topic "Improving the technology of production of smoked products with the development of a thermal smoke chamber".

The final qualifying work contains an explanatory note on typewritten sheets, including 3 tables,

12 of the drawings. The bibliographic list contains 12 titles. The graphic part of the project is made on 5 sheets of A1 format.

The explanatory note consists of an introduction, three sections, a conclusion, and a list of references.

The first section provides an overview of production technologies for smoked and semi-smoked products and an overview of existing designs of modern feeders.

The second section describes the technological schemes for the production of smoked and semi-smoked products, the proposed technology, product requirements, and technological calculations.

In the third section, a description of the thermal smoke chamber design being developed and its design calculations are presented, an instruction on labor protection is developed, and a technical and economic calculation of the design is made.

Содержание

	стр.
Введение.....	
1 Литературно – патентный обзор.....	
1.1 Обзор существующих технологий копчения	
1.1.1 Классификация состава и свойств дыма.....	
1.2 Обзор существующих конструкций термодымовой камеры.....	
2 Технологическая часть	
2.1 Технология производства копченых изделий.	
2.2 Предлагаемая технология производства копченых изделий.....	
2.3 Технологический расчет.....	
2.3.1. Расчет параметров термодымовой камеры.....	
3 Конструкторская часть	
3.1 Принцип работы разработанной термодымовой камеры	
3.1.1 Определение ширины захвата плуга-рыхлителя	
3.2 Конструктивные расчеты	
3.2.1 Проверочный расчет болтового соединения загрузочной тележки.....	
3.2.2 Расчет и определение поверхности нагрева	
3.2.3 Расчет на прочность крепления секций	
3.3 Безопасность жизнедеятельности.....	
3.4 Экономическая часть	
3.4.1 Техника - экономическая обоснование конструкции.....	
3.4.2 Расчет технико-экономических показателей и их сравнение.....	
3.5 Физическая культура на производстве	
Выводы и предложения	
Список используемой литературы	
Спецификации	

Введение

Мясные продукты занимают значительную долю в рационе питания человека. В соответствии с нормами потребления мяса в год должно составлять 78 кг. Степень использования мясного сырья у нас в стране недостаточно высока. Велики потери мясного сырья в процессе его доставки, переработки и хранения. При этом большое влияние на качество продукта оказывает длительность нахождения сырья в переработке. Задержка переработки может привести к потере питательных свойств продукта и порче. Широкий разброс состава и свойств мясного сырья, жесткие санитарно – гигиенические нормы требуют разработки специального оборудования, аппаратов и высокий культурный уровень производства.

В себестоимость мясных продуктов свыше 90% составляет сырье, поэтому одним из основных направлений повышения эффективности производства является экономия сырья прежде всего за счет создания безотходных технологий в соответствующим аппаратным обеспечением.

Работа ориентирована на тему консервации мясных продуктов. Копчение как одно из видов консервации. Сырая колбасная масса является в большинстве случаев промежуточным продуктом, который только путем последующих технологических процессов, такие как кондиционирование, копчение или нагревание, получают свойства готового продукта. Часто даже лишь сочетание этих технологических процессов дает удовлетворяющий конечный продукт. Со стороны потребления самым высшим требованием к пищевым продуктам являются их безвредность для здоровья. Это требование должно стоять даже выше требования высокого качества продуктов.

К заключительным процессам технологической цепи переработки животных белков в готовый продукт относятся:

- превращение смесей исходных продуктов в съедобное состояние.
- консервирование исходных смесей для транспортировки и дальнейшего хранения.

Главной причиной порчи пищевых продуктов является различные микроорганизмы. Для их уничтожения или, по меньшей мере, препятствия их дальнейшему размножению существуют различные методы как:

- копчение – это обработка пищевых продуктов веществами, препятствующие дальнейшему размножению МО.
- сушка – это отбор влаги из продукта. Наряду с сушкой и посолкой, копчение традиционно принадлежит к старейшим способам консервирования пищевых продуктов.

Благодаря совершенствованию тепловой обработки пищевых продуктов в целом, консервирующий эффект при копчении уже не выходит обязательно на первое место. Все больше значение приобретают другие, побочные эффекты, такие как ароматизация, придание цвета и образование вторичной защитной оболочки под колбасной оболочкой.

Так как к копчению многих продуктов подключают один или нескольких предварительных или наследующих технологических процессов, это привело к технической разработке установок, в которых выполнялись бы все необходимые технологические шаги без транспортных работ между отдельными технологическими фазами, требующих затрат времени.

1 Литературно – патентный обзор

1.1 Обзор и анализ существующих технологий копчения

Из разных источников известно множество разных способов копчения мясных продуктов. Для применения математических приемов выработки технического решения ниже приводится краткая классификация копчения мясопродуктов.

В зависимости от способа применения продуктов неполного сгорания древесины, копчения мясопродуктов подразделяют на дымовое, бездымное и смешанное. Дымовое или обычное копчение осуществляется дымом, образующимся при неполном сгорании древесины.

Бездымное или мокрое копчение – это копчение коптильными препаратами, которое представляют собой экстракты продуктов термического разложения древесины, подвергнутые специальной обработке. Смешанное или комбинированное копчение представляет собой сочетание дымового и мокрого копчения. При этом способе мясопродукты, предварительно обработанные коптильным препаратом, докапчивают древесным дымом. В зависимости от температуры различают копчение холодное, горячее и полугорячее.

Холодное копчение ведется при температуре не выше 40 градусов, горячее копчение осуществляется при температуре от 80⁰С до 180⁰С градусов, а полугорячее - 50-80⁰С градусов.

В этой работе не рассматривается бездымное копчение посредством специальных химических консервантов. Но в тоже время мы вводим в данную классификационную схему (рисунок 1.1) еще одну группу взаимосвязи - это возможность совмещения с другими фазами переработки (соление продукта и ввод специй и ароматизаторов и хранения продукта), а также возможность копчения дыма –водяным аэрозолем, в основном зависящим от видов применяемого оборудования.

- во-вторых - это влажность исходного материала;
- в-третьих - степень не полноты сгорания продуктов горения в дымогенераторе.

Выше мы отметили только 3 фактора влияющие на состав дыма, то есть дым рассмотрен только на выходе из дымогенератора. После дымогенератора дым может проходить через различные дополнительные устройства: охладителей, нагревателей, смесителей, отстойники, фильтры и другие устройства, изменяющие состав и свойства дыма. Такое многообразие факторов показывает, насколько сильно может отличаться состав и свойства дыма. Изучение детального химического состава газа не входит в задачу данного исследования.

Но в нашем случае классификационный анализ (рисунок 1.2) состава и свойств дыма позволит выработать более универсальное техническое решение. Учитывая то, что оптимизация процесса копчения многокритериальное, система машин должно быть, разработано с возможностью гибкой переналадки. Ниже приводится классификационная схема способов и технических методов изменения состава и свойств дыма.



Рисунок 1.2 - Классификационная схема способов и технических методов изменения состава и свойств дыма

Установлено, что градиент температуры древесины от времени у поверхности бруска есть функция начальной влажности: с увеличением влажности растет градиент температуры, при этом температура на поверхности бруска увеличивается незначительно, следовательно

температура слоев, близких к поверхности барабана, уменьшается из-за быстрого отвода тепла. В результате происходит низкотемпературный пиролиз, который способствует получению коптильного дыма и готовой продукции с пониженным содержанием 3, 4 – бензоперина и нитроздиметиламинов.

Известно, что во фрикционных дымогенераторах при высокотемпературном пиролизе более 85% коптильного дыма выбрасывается в атмосферу. Это объясняется тем, что в процессе дымогенерации брусок успевает нагреться до высоких температур. В древесине с высокой влажностью за счет испарения впитанной воды исключается перегрев более 100 °С. Это позволяет уменьшить скорость дымообразования, расход древесины и объем коптильного дыма, увеличить КПД дымогенератора, а также улучшить качественные показатели коптильной среды.

Способ осуществляется следующим образом.

Брусочки древесины размерами 100х100х600мм погружают в воду на 2 - 3 суток. По истечению этого времени брусочки извлекают из воды, излишнюю воду удаляют встряхиванием. Подготовленные таким образом брусочки с массовой долей воды 50-70% устанавливают в камеру дымогенератора и фиксируют с помощью прижимного устройства. Обычно для получения коптильного дыма используют древесину лиственных пород .

Пример 1 (прототип). Мясной продукт коптили в течение 12 ч. Коптильный дым получали во фрикционном дымогенераторе с использованием воздушно-сухой древесины. Готовая продукция по органолептическим показателям не соответствует требованиям (слабый колер) ГОСТ 11482-88.

Пример 2 (предлагаемый способ). Мясной продукт коптили в течение 12 ч. Для получения коптильного дыма во фрикционном дымогенераторе использовали древесину с массовой долей воды 56%. Готовая продукция по органолептическим показателям соответствовала требованиям ГОСТ 11482 –88.

Пример 3 (предлагаемый способ). Мясной продукт коптили в течение 17 ч. в условиях, описанных в примере 2. Готовая продукция по органолептическим показателям соответствовала требованиям ГОСТ 11482-88.

Пример 4 (предлагаемый способ). Мясной продукт коптили в течение 17ч. в условиях, описанных в примере 2, но массовая доля воды в древесине составляла 70%. Готовая продукция по всем органолептическим показателям соответствовала требованиям ГОСТ 11482-88.

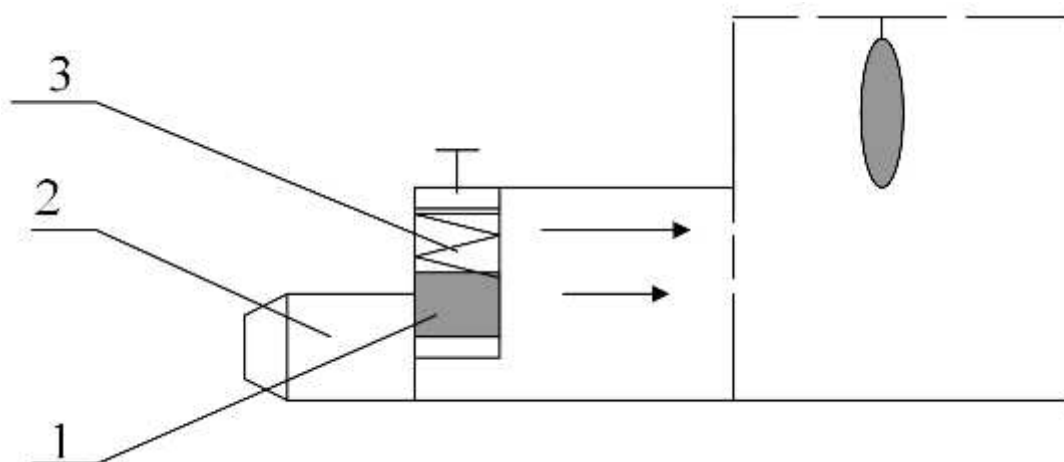
1.2 Обзор существующих конструкций термодымовой камеры

Известен способ получения коптильного дыма с использованием фракционного дымогенератора за счет трения древесного бруска о металлический барабан. К вращающемуся элементу, установленному на валу электродвигателя, прижимают брусок древесины. Изменением степени прижатия бруска регулируют количество получаемого дыма. Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому является выбранной в качестве прототипа способ получения коптильного дыма с использованием фрикционного дымогенератора (рисунок 1.3), который содержит электродвигатель, металлический цилиндр и вентилятор для нагнетания дыма в коптильную камеру.

В обоих способах, использование полученного таким образом дыма, является причиной того, что готовая продукция по качеству (слабый колер) не соответствует требованиям нормативно-технической документации. ГОСТ 11482-88. Техническим результатом изобретения является получение копченой продукции, по органолептическим показателем соответствующей требованиям нормативно-технической документации, и повышение коэффициента полезного действия (КПД) фрикционного дымогенератора.

Получение коптильного дыма во фрикционном дымогенераторе путем трения древесины о вращающийся металлический барабан используют древесину с начальной массовой долей воды 50-70%.

В предлагаемом способе в отличие перед процессом дымогенерации деревянные бруски выдерживают в воде в течение 2 - 3 сут.



1 - брусок, 2 - электродвигатель, 3 – пружина

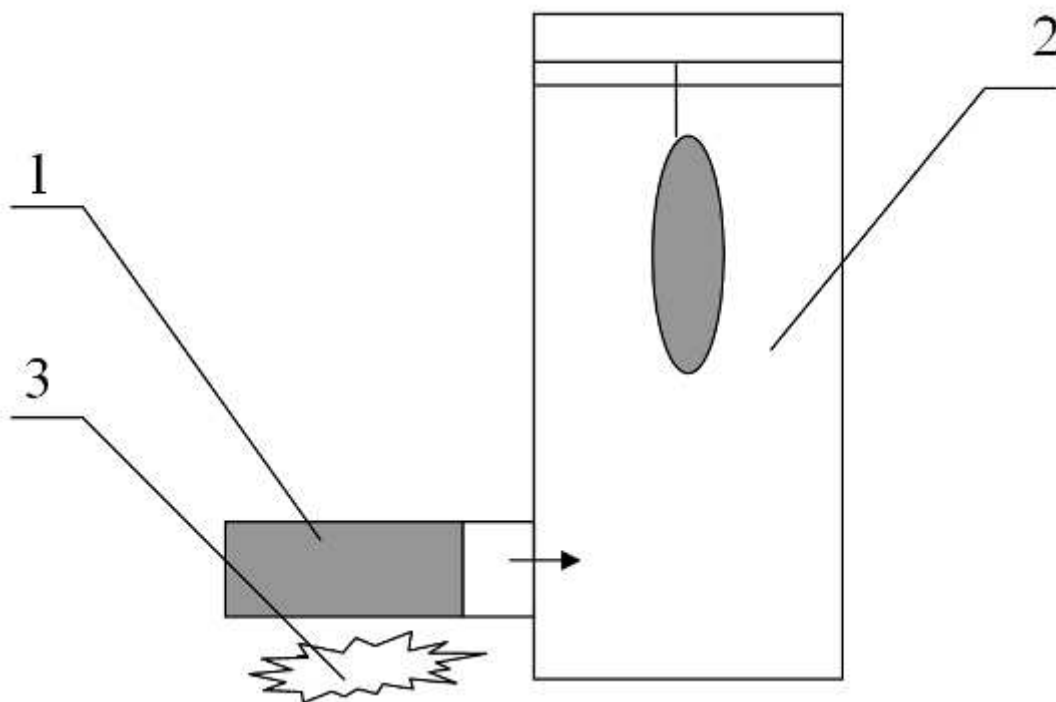
Рисунок 1.3. Получение дыма механическим трением

Изобретение относится к технологии приготовления пищевых продуктов и может быть использовано для приготовления копченых продуктов, преимущественно копченого мяса.

Известен способ производства копченых мясных изделий путем разделки мясных туш на отрубы, посола их и последующего копчения в дымовоздушной среде. В известном способе после посола отруб заворачивается в целлофановый лист, перевязывают шпагам и размещают в коптильной камере, где подвергают его воздействию дымовоздушной смеси в течение 8 - 12 ч.

Мясо разделяют на кусочки толщиной не более 20мм и массой, не превышающей 100 г. После посола кусочки загружают в коптильную камеру, подвешивая или размещая их на вибросетке. Предпочтительно после посола кусочки загружать в цилиндрическую емкость, размещенную в коптильной камере. Кусочки мяса, расположенные на внутренней поверхности емкости, в процессе обработки выращиваются со скоростью 3-18 об/мин и подвергаются вибрационному воздействию. Затем проводят подсушивание и копчение с

принудительной циркуляцией дымовоздушной смеси со скоростью 0,05-5 м/с. Процесс копчения проводят при 18-40⁰С в течение 2-6 ч. или при 75-120⁰С в течение 20-30 мин. Полученный продукт имеет аромат, свойственный копченому продукту, приятный вкус и содержание канцерогенных веществ в нем намного ниже предельно допустимого уровня.

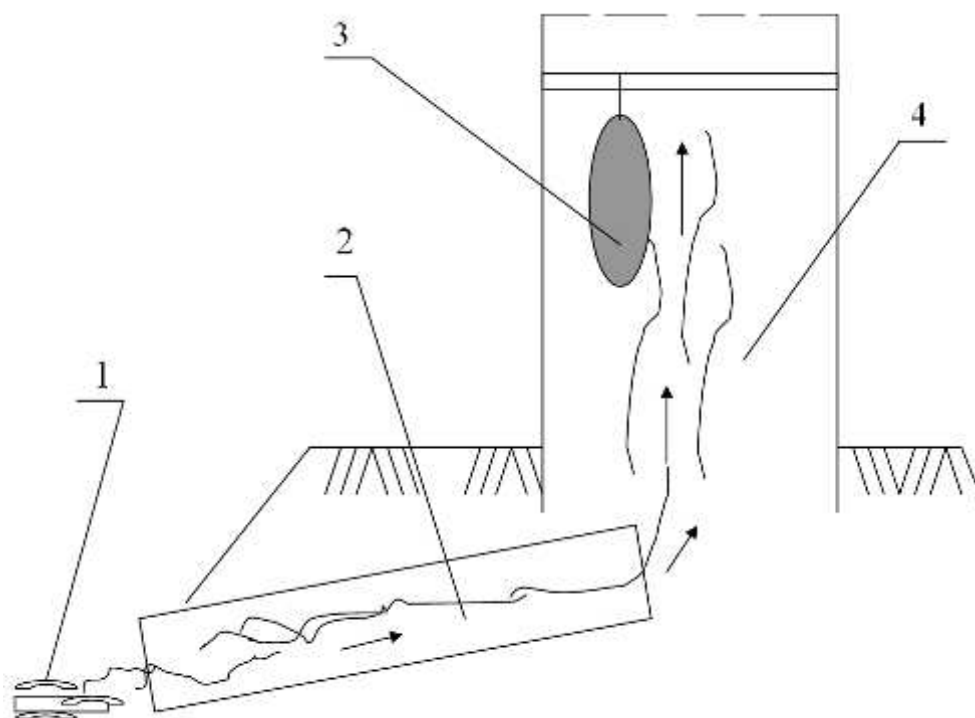


1 - дымообразователь (заполняется опилкой), 2 - герметичная камера, 3-огонь

Рисунок 1.4 – Метод кускового копчения

Недостатком известного способа являются низкие вкусовые качества основной массы приготовленного продукта. В известном способе удается обеспечить качественную обработку лишь незначительной части отруба, непосредственно примыкающей к поверхности, в то время как основная часть его остается недоступной воздействию коптильной среды. Кроме того, значительная масса подвергаемых копчению отрубов определяет низкую производительность процесса копчения из-за длительного времени (несколько часов) необходимого для прогрева центральной части каждого отруба до требуемой температуры.

Наиболее близким по технической сущности к заявленному является способ безнапорного приготовления копченного мяса (рисунок 1.5), включающий посол, подсушку и копчение путем создания принудительной циркуляции дымовоздушной смеси.



1 - дымообразователь, 2 - дымопровод, 3 - продукт для копчения, 4 - камера копчения

Рисунок 1.5 - Копчение безнапорное

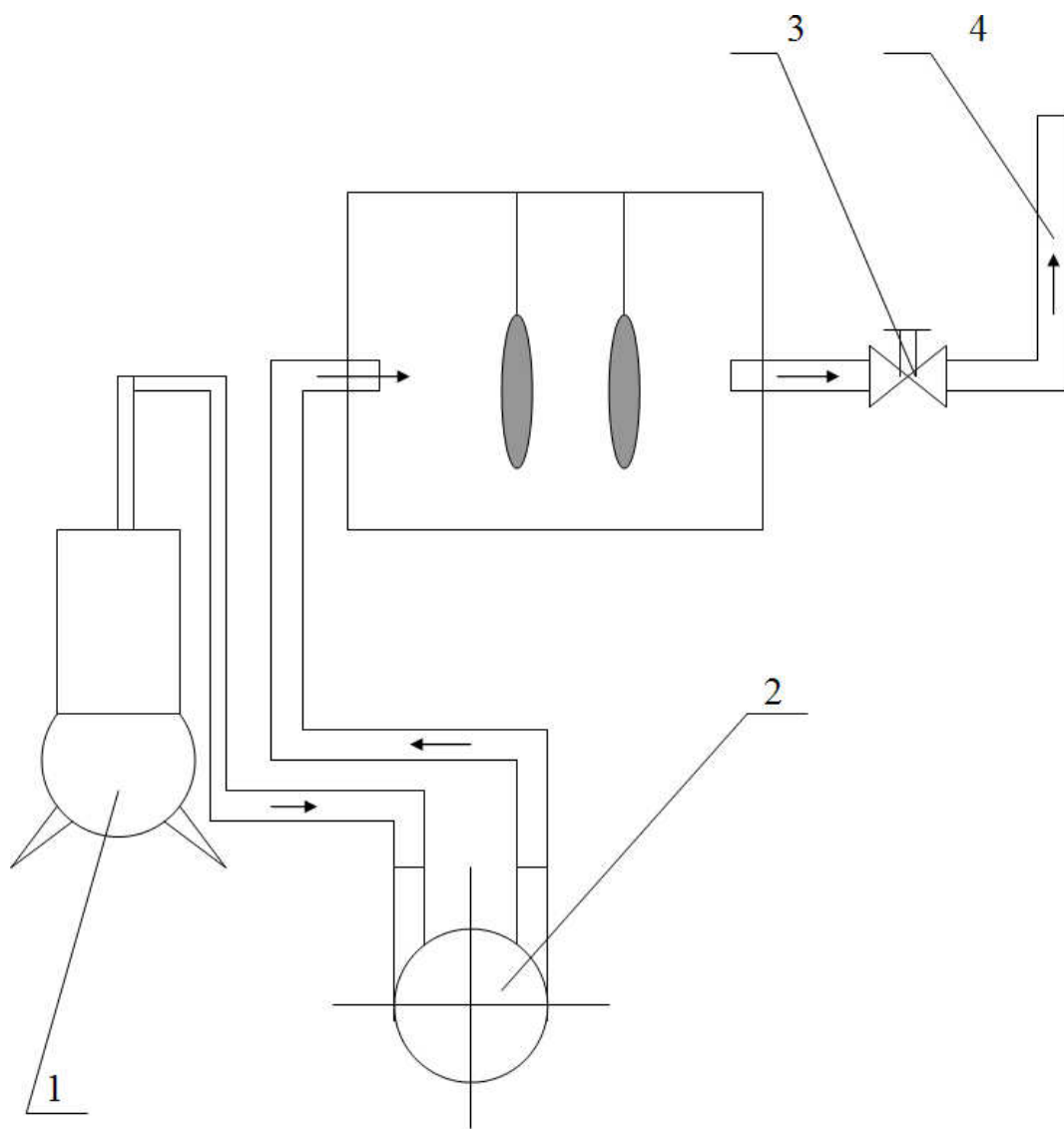
Недостатком известного способа являются недостаточно высокие вкусовые и ароматические характеристики приготавливаемого копченого мяса, высокое содержание канцерогенных веществ в нем и низкая производительность процесса изготовления. Низкие вкусовые и ароматические характеристики приготавливаемого известным способом копченого мяса определяется незначительной величиной отношения площади поверхности обрабатываемого дымовоздушной смесью кусочка мяса к его массе, которое в большой степени влияет на однородность обработки продукта при копчении. Соль низкие значения отношения поверхности к массе мяса обрабатываемого продукта, что канцерогенных

веществ. Недостаточно высокая скорость прогрева внутренней части куска в известном способе определяет низкую производительность процесса копчения.

Известен способ копчения под давлением (рисунок 1.6). Задачей изобретения является повышение качества приготавливаемого копченного мяса за счет улучшения вкусовых и ароматических характеристик всей массы приготавливаемого продукта, уменьшения содержания канцерогенных веществ в нем, и повышение производительности процесса приготовления. поставленная задача решается новым способом приготовления копченого мяса, в соответствии с которым проводят посол, подсушку и копчение путем создания принудительной циркуляции дымовоздушной смеси, причем перед посолом режут мясо на кусочки толщиной не более 20 мм и массой не превышающей 100г., а при копчении осуществляют принудительную циркуляцию дымовоздушной смеси между кусочками, при подсушивании и копчении кусочки мяса размещать вокруг горизонтальной оси со скоростью 3-18 об/мин и подвергаемой вибрационному воздействию; копчение проводить при температуре 75-120⁰С в течение 20-30 мин.

Таблица 1.1 - Размеры и соотношения мяса для копчения.

№ п/п	M1 г	Размеры кусочков, мм	S/M1, см ² /г	Отношение M2/M1
1	4	5x10x50	6,77	0,9
2	17	10x15x70	3,46	0,58
3	39	15x20x80	2,33	0,45
4	1090	20x30x100	1,78	0,33
5	1375	40x70x300	1,2	0,16
6	9630	100x150x400	0,36	0,07



1 - Котел (дымообразователь), 2 - эксгаустер, 3 - регулятор давления,
4 - выхлопная труба

Рисунок 1.6 - Копчение под давлением

2.Технологическая часть

2.1 Технология производства копченых изделий

Копчение – это своеобразный вид переработки мясных изделий. При копчении, мясо подвергается дымовой обработке.

Перед копчением мясо выдерживают в солевом растворе, а после этого его обрабатывают разными приправами.

Вкус копченого мяса зависит:

- от типа древесины;
- от густоты и качества дыма;
- от времени процесса копчения;
- от вида копчения.

Виды копчения:

- простое;
- под давлением;
- под вакуумом

Под копчением подразумевают пропитывание продуктов коптильными веществами, получаемыми в виде коптильного дыма в результате неполного сгорания дерева. Технологические свойства коптильного дыма зависят от степени насыщения ароматизирующими веществами, содержащимся преимущественно в фенольной фракции. Однако технологический смысл копчения более широк, так как одновременно с насыщением коптильными веществами протекают и другие процессы, влияние которых иногда более значительно, нежели воздействие коптильных веществ.

В сочетании с влиянием обезвоживания, сушки и действие содержащейся в мясе поваренной соли копчения обеспечивает достаточную устойчивость мясных изделий к действию микроорганизмов

Вещества, проникающие в мясо во время копчения, передают ему своеобразный острый, но приятный запах и вкус. Это особенно важно в производстве сырокопченых изделий. Во всех случаях обработки продукта коптильным дымом проникновение коптильных веществ происходит на фоне

постоянного обезвоживания. Так, при копчении мясо удаляется около половины той влаги, которую нужно испарить. Таким образом, копчение протекает одновременно с сушкой. При различных режимах копчения происходят изменения, которые будут характеризовать эффект копчения. Так при горячем копчении (температура 35-50 °С) и при затекании (температура 70-120 °С) происходит сваривание коллагена и частичное денатурация белков, а при холодном копчении (температура 18-20 °С) в продукте развиваются ферментативные процессы, которые как же существенным образом влияют на свойства продукта.

Разделка мяса перед посолом на кусочки, толщина каждого из которых не более 20 мм, а масса не превышает 100 г., позволяет существенно увеличить отношение площади поверхности кусочка мяса к его массе. Это позволяет увеличить отношение массы обрабатываемых коптильным агентами участков к общей массе кусочка, интенсифицировать термодиффузные процессы по увеличенной поверхности и ускорить процесс прогрева центральной части кусочка. Были проведены исследования по определению полноты обработки кусочка мяса от его параметров.

Анализ экспериментальных данных показывает, что если толщина кусочка 25 мм область недостаточно прокопченной части составляет более 70% от общей массы кусочка.

Следует отметить, что разделка мяса на кусочки толщиной, не превышающей 20 мм, а массой не более 100г. весьма технологична и может применяться при массовом производстве копченого мяса заявленным способом. Предпочтительно кусочки заготавливать толщиной 5 - 15 мм, поскольку при толщинах менее 5 мм заметно снижается технологичность дальнейшей обработки кусочка, например, кусочек, может сворачиваться, а при толщинах свыше 15мм затруднительно обеспечивать получение кусочков требуемой массы.

После посола кусочки мяса размещают в коптильной камере. Кусочки могут быть подвешены на нитях, прутках и т.п. или расположены на сетках,

решетках плетеной материи. При этом расстояние между смежными кусочками мяса (особенно при их подвешивании) следует выбирать из условия обеспечения свободной циркуляции дымовоздушной смеси между поверхностями смежных кусочков. Тем самым устраняется образование застойных зон и обеспечивается надежный контакт копильных агентов со всей поверхностью каждого обрабатываемого в процессе копчения кусочка мяса. Скорость принудительной циркуляции дымовоздушной смеси относительно поверхностей кусочков мяса предпочтительно выбирать в пределах 0,05-5 м/с, так как при скоростях менее 0,05 м/с резко снижается интенсивность взаимодействия смеси с мясом, а при скоростях, превышающих 5 м/с, не происходит дальнейшего ускорения процесса копчения, однако повышается вероятность образования упроченной пленки на поверхности кусочка. Улучшение качества обработки каждого кусочка мяса по всей его поверхности может быть обеспечено за счет одновременного воздействия непрерывного перемещения кусочков мяса, вибрационного воздействия и принудительной циркуляции относительно поверхностей кусочков мяса образуется слой из "внешних" кусочков и достигается разъединение кусочков в процессе их перемещения за счет вибрационного воздействия, изменение положения их поверхностей по отношению к потоку дымовоздушной смеси при перемещении кусочков и интенсификация подведения дымовоздушной смеси на кусочки за счет принудительной циркуляции смеси. Предпочтительно кусочки перемещать по круговой траектории, т.к. в этом случае максимально упрощается конструкция устройства, при помощи которого обеспечивают непрерывное перемещение кусочков в процессах подсушивания и копчения. Предпочтительно кусочки перемещать по круговой траектории, так как в этом случае максимально упрощается конструкция устройства, при помощи которого обеспечивается непрерывное перемещение кусочков в процессах подсушивания и копчения. Предпочтительно указанное устройство выполнять в виде цилиндрической емкости с размещением обрабатываемых

кусочков в виде слоя на ее внутренней поверхности, при этом ось вращения емкости и соответственно скорость перемещения кусочков мяса в процессах подсушивания и копчения выбирать в пределах 3-18 об/мин, поскольку при скорости менее 3 об/мин затруднено изменение положения кусочка в пространстве, а при скорости вращения более 18 об/мин возможно слипание отдельных кусочков вследствие увеличения воздействия центробежной силы. Общую массу кусочков мяса, загружаемых в цилиндрическую емкость для обработки, выбирают из условия получения толщины слоя кусочков на внутренней поверхности емкости в пределах 20-100 мм, так как при толщине слоя менее 20 мм нерационально используется пространство коптильной камеры, а при толщинах слоя, превышающих 100 мм, возможно списание большого количества кусочков, прилегающих к поверхности емкости. Как правило, после посола непосредственно перед копчением проводится подсушивание кусочков мяса. Предпочтительно процесс подсушивания проводить посредством принудительной циркуляции теплоносителя относительно поверхности кусочков мяса, например в качестве теплоносителя можно использовать нагреваемый воздух, а процесс подсушивания проводить после загрузки кусочков мяса в камеру копчения. При этом предпочтительно в процессе подсушивания кусочки мяса непрерывно перемещать и подвергать вибрационному воздействию. За счет совместного воздействия при подсушивании перемещения кусочков, вибрации и принудительной циркуляции теплоносителя образуется взвешенный слой из подсушиваемых кусочков, при этом каждый кусочек равномерно подсушивается с двух сторон и одновременно повышается производительность процесса подсушивания. Для подсушивания при этом используют ту же цилиндрическую емкость с горизонтально расположенной осью вращения, которая используется для проведения процесса копчения без перегрузки подсушенных кусочков мяса. Заявленный способ может быть использован как при холодном копчении мяса, так и случае его горячего копчения. Проведенные эксперименты позволили установить, что

оптимальный диапазон температур, при которых проводится холодное копчение, составляет 18-40⁰С, так как при температурах менее 18⁰С непроизводительно затягивается процесс копчения без улучшения качества продукта, а при температурах выше 40⁰С трудно обеспечить стабильность свойств продукта, полученного после копчения. Холодное копчение при этом проводится в течение 2-6 ч. В случае горячего копчения оптимальный диапазон температур составляет 75-120⁰С, а процесс горячего копчения продолжается в течение 20-30 мин. При температуре ниже 75⁰С непроизводительно затягивается процесс горячего копчения без улучшения качества готового продукта, а при температурах свыше 120⁰С сложно обеспечить равномерную обработку кусочка по всей глубине и возможно образование уплотненного слоя на поверхности кусочка. Возможно, процесс горячего копчения проводить в два этапа: на первом этапе осуществляется собственно горячее копчение при температуре 60 - 70⁰С в течение 10-80 мин., и на втором этапе проводится обработка продукта паровоздушной смесью при температуре, превышающей 72⁰С в течение 20–40 мин. В этом случае несколько усложняется технологически процесс горячего копчения.

Для удобства хранения и транспортировки готового продукта по завершении процесса копчения приготовленные кусочки мяса охлаждают до комнатной температуры, распределяют на порции требуемой массы, обычно в пределах 30-250 г, и упаковывают, при этом можно использовать вакуумную упаковку, которая позволяет продлить срок хранения при комнатной температуре.

Благодаря современным технологиям учёным удалось изобрести метод безопасного копчения. Речь идёт о «жидком дыме», из которого в процессе производства выводятся все канцерогенные вещества.

После обработки такой жидкостью мясные продукты приобретают свойства копчёных и при этом являются полностью безопасными для здоровья. Правда, многие гурманы считают, что копчение жидким дымом не

может сравниться с традиционным по вкусовым качествам конечного продукта.

Несмотря на очевидный вред копчёного мяса, кроме превосходных вкусовых качеств, оно обладает одним весомым преимуществом. Дело в том, что дым от тлеющих опилок не привносит дополнительных жиров и холестерина, как это бывает при жарке. Поэтому при употреблении копчёного мяса наш организм получает только естественные животные жиры.

Копчение было, есть и ещё долгое время будет оставаться популярным способом получения вкусного мяса. Технологии не стоят на месте и, возможно, через несколько лет специалистам удастся создать безопасную технологию копчения, при помощи которой можно будет делать такие же вкусные продукты, как и в обычной камере.

2.2 Предлагаемая технология производства копченых изделий

Технология изготовления копченых изделий можно показать схемами. В первую очередь это зависит от оснащённости предприятия и особенностей производства для отдельных видов копченых изделий, при этом технологические схемы могут иметь некоторые различия.

Если термокамеры полностью автоматические, тогда они оборудованы специализированными автоматическими электромостами либо потенциометрами, соответствующими всем требованиям в ГОСТах 9999-79 и 22261-82, которые могут измерить показания влажности или температуры.

Для измерения скорости передвижения воздуха во всех используемых термических или осадочных камерах, а также сушилках используют анемометры. Взвешивают сырье во время составления рецептуры или посола на весовых дозаторах либо весах, имеющих общее предназначение.

Сегодня копчение мяса проводится в специальных коптильных камерах с использованием опилок ольхи, бука или дуба.

Подготовка мяса

Всё начинается с посола, рецепт которого зависит от типа мяса. Грудинки натираются посолочной смесью, в которой содержится около 90-93% соли 5% сахара и небольшое количество нитрата натрия. После этого они помещаются в специальные ёмкости и заливаются рассолом. В таком состоянии мясо находится до 12 дней. После выемки из ёмкости грудинкам дают стечь в течение суток и отправляют в копильную термокамеру.

Окорока шприцуют слабым соляным раствором, содержащим до 2% растворённой поваренной соли, и 0,02-0,03% натриевой соли. С каждой стороны делается по два укола, после чего мясо укладывается в тару и посыпается солью. Уложенные окорока заливаются рассолом и выдерживаются в таком состоянии 3-4 суток. После выемки мясу дают стечь в течение 24-48 часов и на несколько часов укладывают в тёплую воду.

Корейки, как и окорока, сначала шприцуются. Затем их натирают посолочной смесью, аналогичной той, что используется для натирания грудинки, и укладывают в ёмкости. По прошествии 2-3 суток, мясо промывается тёплой водой и на 10-12 дней укладывается в ёмкости с рассолом. После выемки из рассола корейкам дают стечь в течение 48-72 часов. Затем мясо промывают тёплой водой и перед помещением в копильную камеру дают высохнуть.

Копчение

Специалисты различают холодное и горячее копчение. Первое проводится при температуре 18-22 °С в течение 5-7 дней. Рекомендуемый температурный режим для горячего копчения составляет 32-50 °С, а продолжительность – от 24 до 72 часов.

Грудинки и корейки проходят горячее копчение при температуре 30-35 °С. Мясо, предназначенное для выпуска в копчёном виде, коптится в течение 2-3 суток. Грудинки, предназначенные для варки, коптятся не более 6 часов, после чего варятся при температуре 70 °С в течение 30 минут. К концу варки температура в толще мяса должна достигать 63-65 °С.

Корейки варятся в специальных котлах, наполненных водой с температурой 68-72 °С. Продолжительность варки составляет 45-60 минут. Перед отгрузкой мясо проходит сушку в коптильных камерах при температуре 12-15 °С. Продолжительность сушки составляет от 3 до 10 суток в зависимости от желаемого срока хранения продукта.

Окорока могут проходить холодное или горячее копчение, в зависимости от целевых характеристик продукта. Продолжительность нахождения в коптильной камере составляет 2-3 суток для сырых продуктов и около 6 часов для мяса, которое планируется впоследствии варить.

В заявленном способе предпочтительно в процессе подсушивания в качестве теплоносителя использовать воздух с относительной влажностью 40-60%, поскольку процесс получения воздуха с такими параметрами наиболее технологичен. При холодном копчении (температура дымогазовой смеси 18-40⁰С) температуру воздушного потока, направляемого на поверхности кусочков мяса, предпочтительно выбрать в пределах 25-35⁰С, поскольку при температуре менее 25⁰С непроизводительно затягивается процесс подсушивания, а при температурах выше 35⁰С возможно затвердевание поверхностей кусочков мяса, при этом скорость перемещения нагретого воздуха относительно поверхностей кусочков выбирают в пределах 0,5-3 м/с. Продолжительность процесса подсушивания при этом составляет 20-50 мин.

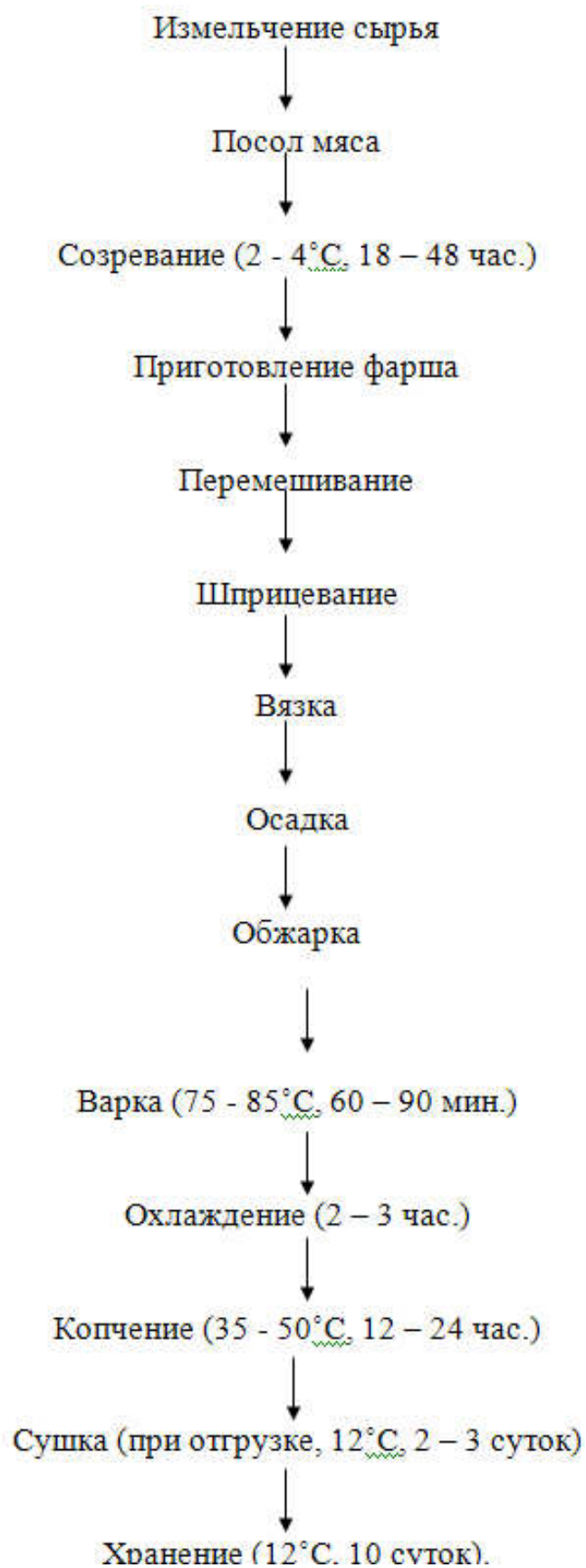


Рисунок 2.1 - Схема изготовления полукопченых изделий

Изготовление вареных колбас



Изготовление сосисок и сарделек

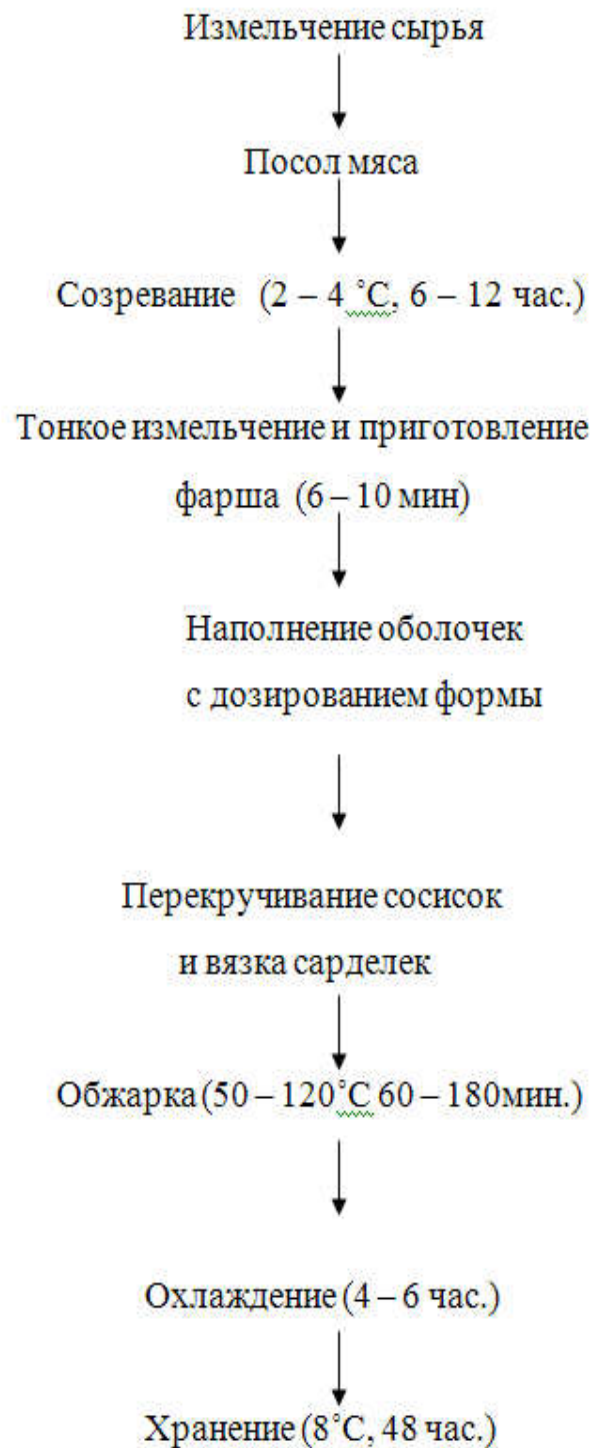


Рисунок 2.2 - Схема изготовления копченых изделий

При горячем копчении (температура горячего копчения $75-120^{\circ}\text{C}$) при подсушивании температуру воздушного потока, направляемого на поверхности кусочков, предпочтительно выбирать в пределах $50-60^{\circ}\text{C}$ и процесс подсушивания проводить в течение 10-30 мин. Основные технологические процессы, входящие в состав заявленного способа: посол, подсушка и копчение кусочков мяса могут быть автоматизированы с использованием соответствующих датчики и регуляторы. Тем самым в основном обеспечивается процесс автоматизации заявленного способа приготовления копченого мяса.

Мясо не рекомендуется есть сразу после выемки из коптильной камеры. Если все вредоносные бактерии убиваются дымом во время копчения, то гельминты легко выдерживают такую обработку. Но в то же время они не способны долгое время существовать и размножаться в неживом мясе. Поэтому по прошествии 2-3 суток свежую корейку или окорок можно без опаски употреблять в пищу.

2.3 Технологический расчет

2.3.1. Расчет параметров термодымовой камеры

Для того чтобы, разработать технические средства для производства перемещения дыма сперва остановимся на расчете объема дыма, который получается при выработке одного килограмма древесины. Как известно, древесина состоит из углерода, водорода, серы, кислорода, азота, золы и влаги. Основными компонентами продуктов сгорания древесины являются углекислота, водяной пар и сернистый ангидрид. Производство дыма в дымогенераторе происходит при недостатке кислорода и поэтому количество дыма и его количественный состав несколько отличается от идеального горения. Расчет количества дыма при недостатке весьма сложен, но учитывая то, что общий принцип расчета количества один и тот же и окончательный итог расчетов не намного отличается, считаем возможным расчет количества

дыма из условий идеального горения. Для ведения расчета из таблиц находим характеристику топлива и ниже пишем характеристику древесины-дров:

- объем горючей массы - $V_z=85\%$;
- количество углерода - $C_z=51\%$;
- количество водорода - $H_z=6,1\%$;
- количество серы - $S_z=0\%$;
- количество азота - $N_z=0,6\%$;
- количество кислорода - $O_z=42,3\%$;
- сухое топливо - $A_c=1\%$;
- влажность - $W_p=35\%$.

Для производства дыма зачастую берется древесина с повышенной влажностью, поэтому влажность для расчета берем 45%.

Сперва, производим расчет низший теплотворности:

Определение количества в сухом топливе в общей массы балласта:

$$A_p = A_c \frac{100 - W_p}{100} \quad A_p = 1 \cdot \frac{100 - 45}{100} = 0,55\%$$

Аналогично определяется количество других компонентов топлива в сухом топливе:

$$C_p = C_z \frac{100 - W_p - A_p}{100} \quad C_p = 51 \frac{100 - 45 - 0,55}{100} = 27,77\%$$

$$H_p = H_z \frac{100 - W_p - A_p}{100} \quad H_p = 6,1 \cdot \frac{100 - 45 - 0,55}{100} = 3,321\%$$

$$N_p = N_z \frac{100 - W_p - A_p}{100} \quad N_p = 0,6 \frac{100 - 45 - 0,55}{100} = 0,327\%$$

$$O_p = O_z \frac{100 - W_p - A_p}{100} \quad O_p = 42,3 \frac{100 - 45 - 0,55}{100} = 23,157\%$$

Проверка состава рабочего топлива:

$$C_p + H_p + S_p + p + O_p + A_p + W_p = 27,77 + 3,321 + 0,0 + 0,327 + 23,157 + 0,55 + 45 = 100\%$$

Теплотворную способность можно определить по составу топлива по эмпирической формуле Д.И. Менделеева:

$$Q_{p.n} = 81 \cdot C_p + 246 \cdot H_p - 26 \cdot (O_p - S_p) - 6 \cdot W_p$$

Подставляя значения получим:

$$Q_{p.n} = 81 \cdot 27,77 - 246 \cdot 3,321 - 26 \cdot (23,157 - 0) - 6 \cdot 45 = \\ 2249,37 - 816,966 - 602,082 - 270 = 2194,254 \text{ ккал / кг}$$

Определение теплотворной способности позволит произвести тепловой баланс работы дымогенератора в дальнейших расчетах.

Необходимое количество воздуха для полного горения определяется формулой:

$$V_0 = 0,0889 \cdot (C_p + \frac{mc}{ms} \cdot S_p) + 0,265 \cdot H_p - 0,0333 \cdot O_p$$

где, V_0 - минимальное количество воздуха необходимое для полного горения топлива, в $\text{м}^3/\text{кг}$.

Подставляя имеющиеся данные получится:

$$V_0 = 0,0889 \cdot (27,77 + \frac{mc}{ms} \cdot 0) + 0,265 \cdot 3,321 - 0,0333 \cdot 23,157 = 2,5777 \text{ м}^3 / \text{кг}.$$

Количество составляющих дыма определяется по следующей методике:

$$V_{R2O} = 0,0187 \cdot (\frac{mc}{ms} \cdot 0) = 0,0187 \cdot (27,77 + \frac{mc}{ms} \cdot 0) = 0,519 \text{ м}^3 / \text{кг}.$$

$$V_{N2} = 0,79 \cdot V_0 = 0,79 \cdot 2,578 = 2,037 \text{ м}^3 / \text{кг}.$$

Минимальный объем сухих газов:

$$V_{c \text{ мин}} = V_{N2} + V_{R2O} = 2,037 + 0,519 = 2,556 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

Объем водяных паров определяется по формуле:

$$V_{H_2O_{\text{мми}}} = 0,0111 \cdot H_p + 0,0124 \cdot W_p + 0,016 \cdot V_0 - 0,111 \cdot 3,321 + 45 + 0,016 \cdot 2,578 - 0,3685 + 0,558 + 0,041 - \\ 0,9675 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

Полный объем продуктов сгорания равен:

$$V = V_{c \text{ мин}} + V_{H_2O} = 2,556 + 0,9675 = 3,5235 \text{ м}^3 / \text{кг}.$$

При горение топлива без доступа воздуха к количеству продуктов сгорания зависит от коэффициента избытка топлива, для того, чтобы вывести зависимость между соотношением поступающего воздуха к продуктам

горения и коэффициентом избытка воздуха необходимо сделать расчеты продуктов горения при разных коэффициентах избытка воздуха. Но выяснение последнего не входит в объемы нашего исследования. Все же именно, определение соотношения количества поступающего воздуха в дымогенератор (количество легко определяется трубкой Пито) к количеству продуктов горения (также легко определяется трубкой Пито) позволяет определить коэффициент избытка и путем регулирования этого соотношения поддерживать желаемый коэффициент избытка (в нашем случае этот коэффициент должен быть меньше единицы, т.е. процесс горения происходит при недостатке воздуха).

Возвращаясь к процессу горения, целесообразно было бы расходовать топливо в количестве одного килограмма в час, если процесс копчения происходит за 5 суток, то расход топлива будет 120 кг. Меньшее количество дров нецелесообразно, ибо при меньшем расходе без дополнительного подвода тепла невозможно поддерживать тепловой режим.

Если это взять за основу, то получится, что нам необходимо за один час перекачать около $3,5\text{ м}^3$, т.е. около $0,06\text{ м}^3$ дыма при нормальных условиях, если перевести это на давление ниже атмосферного это цифра может достигнуть до $0,1\text{ м}^3$. Для выбора производительности, считаем целесообразным вести коэффициент брать меньший, то насос не может перекачать дым при скорости горения 2-3 кг дров, что необходимо при начале процесса для достижения теплового баланса и распространения зоны горения, а если же брать коэффициент большим, то становится технически трудно осуществимым, снижение производительности дымогенератора.

3 Конструкторская часть

3.1 Принцип работы разработанной термодымовой камеры

Камера для тепловой обработки продуктов содержит термоизолированный корпус 1 с блоком вентиляции, состоящим из вентиляторов 2 приводом 3, и блока удаления выхлопной канал 4 с заслонкой 5 с приводом. Камера содержит также дымогенератор 6, куда входят теплоэнергонагреватели 7 и лоток 8 (с опилками). Дымогенератор 6 снабжен циркуляционными каналами 9, над ним установлена система защиты от образующихся отходов, выполненная в виде наклонного поддона 10, экранов 11 и козырьков 12. Между поддоном, экранами и козырьками образованы каналы для поступления 13 и отвода 14 и 15 дыма. Над дымогенератором установлен фильтр 16 для фильтрации дыма. Камера имеет люк 17 для удобного обслуживания камеры и дымогенератора. Для сбора отходов переработки продуктов с поддона 10 используется сливной патрубок 18. Для отслеживания температурного режима в камере установлены датчики температуры 19 с выводом на щит управления 20, туда же выведен кабель, идущий от термоэлектронагревателей и дымогенератора.

В корпусе смонтированы рельсы 21, на которых устанавливаются контейнер-тележки 22. Камера для удобства обслуживания имеет откидной трап 23. Кроме того, камера имеет герметичные двери 24, через которые в камеру вкатывают контейнер-тележки. Камера также снабжена колесами 25 и дышлом 26 для удобства транспортировки.

Камера работает следующим образом. Процесс копчения мясных продуктов состоит из следующих этапов: подсушка, собственно копчение и пропекание. Мясные продукты предварительно засоленная, размещается (подвешивается) в контейнер-тележках. С помощью откидного трапа, вручную или подъемником, контейнер-тележки по рельсам завозят в камеру.

					<i>ВКР35.03.06.193.20.КТД.00.00.00.ПЗ</i>		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	<i>Якупов А.И.</i>				<i>Пояснительная записка</i>	Лит.	Лист
Пров.	<i>Дмитриев А.В.</i>						1
						<i>Казанский ГАУ каф. МОА</i>	
Н.контр.	<i>Дмитриев А.В.</i>						
Утв.	<i>Халиуллин Д.Т.</i>						

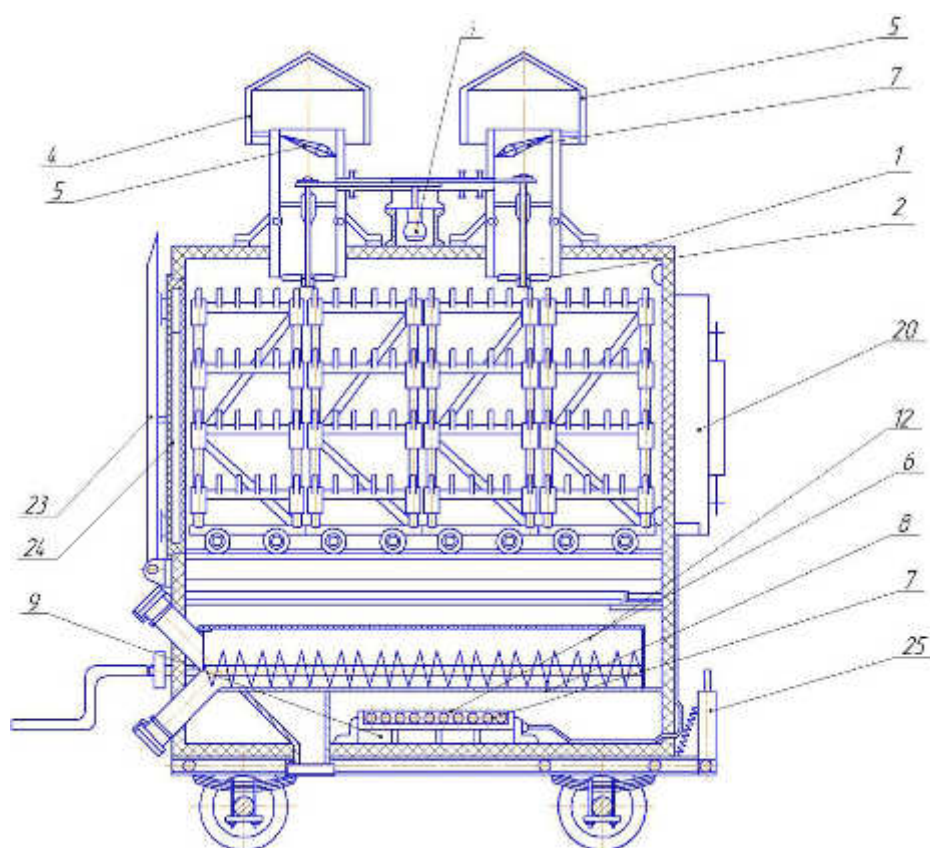


Рисунок 3.1 – Схема термодымовой камеры

Контейнер-тележки устанавливаются на рельсах откидного секционного пола. Закрываются герметичные двери, щит управления подключается к электросети, включаются термоэлектронагреватели, а также вентиляторы, с помощью приводов, для принудительного массообмена воздуха. Открывается люк для притока воздуха извне в камеру, и в выхлопном канале заслонка ставится в положение "открыто" с помощью ручного или механического привода. Идет процесс подсушки с постоянным обменом воздуха. Причем, с помощью датчиков температуры постоянно контролируется, как температура внизу камеры, так и температура вверху камеры, и, при необходимости, отключается часть ТЭНов, или меняется режим работы вентиляторов. Отходы (жир и т.д.) стекают на наклонный поддон, причем от загрязнения термоэлектронагреватели защищает экран и козырьки. Из камеры отходы удаляются через сливной патрубок. Для наблюдения за процессами, происходящими в камере, также предусмотрено окошко визуального наблюдения.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

ВКР35.03.06.193.20.КТД.00.00.00.ПЗ

Лист

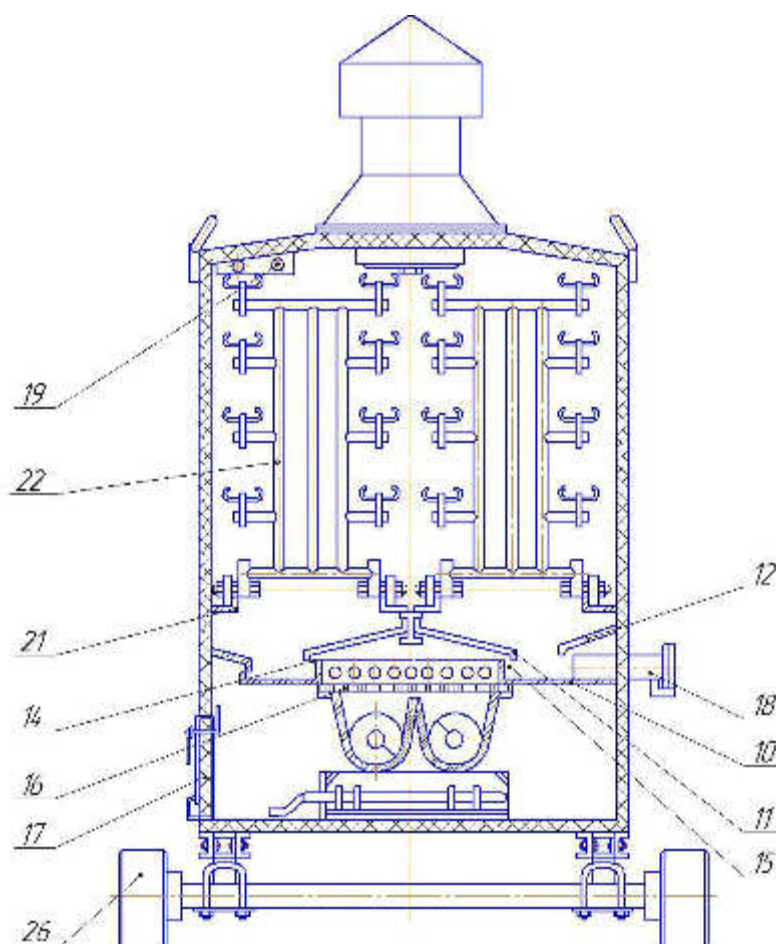


Рисунок 3.2 – Схема термодымовой камеры

После окончания процесса подсушки наступает второй этап собственно копчение. На этом этапе люк закрыт, заслонка в положении "закрыто". В работу включается дымогенератор, куда входят теплоэнергонагреватели и лоток с опилками. Дымогенератор вырабатывает дым. Признано, что наилучшим является коптильный дым, полученный из древесины лиственных пород (ольха, бук, дуб, клен и т.д.). Температурный режим в камере в процессе копчения контролируется с помощью датчиков температуры. Практическая температура сжигания опилок $T=280-350^{\circ}\text{C}$. Древесные опилки должны быть сухими.

Размещение дымогенератора в термоизолированной камере обуславливается энергоэкономичность. В процессе образования дыма при тлении опилок происходит тепловыделение за счет собственного из тления, при этом терморегуляторы отключают ТЭНы и выделяемое на нагрев камеры тепло поступает только за счет тления опилок. Если тепла недостаточно,

автоматически при снижении температуры включаются ТЭНы и процесс опять возобновляется. Коптильный дым обладает бактерицидными свойствами. В зависимости от требуемой густоты дыма меняется расход опилок от 0,45 до 1,85 кг/ч.

Коптильный дым за счет естественной конвекции поступает из дымогенератора, проходя фильтр, в камеру. Вентилятор, как правило, прогоняет дым вокруг мяса со скоростью 0,3 м³/с. Теплообменник, установленный над дымогенератором, снижает "тепловой удар" в случае воспламенения опилок, предупреждая тем самым нарушение теплового режима и, как следствие этого, технология обработки со снижением вкусовых свойств продукта.

Сочетание этих факторов развитой площади теплообмена и ограниченного объема щели позволяет получить вышеуказанные свойства огнепреградителя. Длительность этапа, собственно копчения мясопродуктов, может изменяться в зависимости от избранной технологии. По завершении этапа копчения мясопродуктов наступает последний этап: пропекание, заключающийся в выдерживании закопченного мяса определенное время при заданной температуре.

По окончании тепловой обработки дверь камеры открывается, контейнер-тележки с продуктом вывозятся для доставки на склад готовой продукции и производится профилактика камеры перед следующей загрузкой. Камера для тепловой обработки продуктов обладают большой универсальностью эксплуатации, мобильностью и (универсальностью) автономностью.

3.2 Конструктивные расчеты

3.2.1 Проверочный расчет болтового соединения загрузочной тележки

Материал болта Ст3. Класс прочности 3,6

Предел прочности $T_b=30=30 \text{ кг/мм}^2=30 \text{ МПа}$

Предел прочности $T_m=36=18 \text{ кг/мм}^2=180 \text{ МПа}$

					ВКР35.03.06.193.20.КТД.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Допустимое напряжение на расстоянии определяется по формуле:

$$\sigma_p = \frac{T_m}{A} \quad (3.1)$$

где $[n]$ - требуемый коэффициент запаса прочности.

$[n]=4...5$ для болтов с диаметром резьбы, $b=16$ мм

$$\sigma_p = \frac{180}{4,5} = 40 \text{ МПа}$$

Болт поставлен с зазором, в этом случае должно выполняться условие

$$F_{mp} > Q \quad (3.2)$$

$$F_{mp} = P \cdot f > Q \quad (3.3)$$

где P - усилие затяжки, МПа;

$f=0,1...0,5$ (без смазки), - коэффициент скольжения

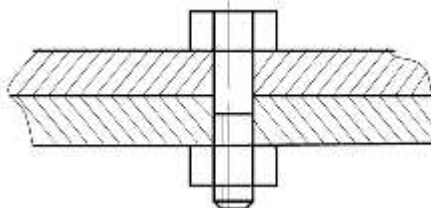


Рисунок 3.3 - Схема болтового соединения

$$fp = K \cdot Q \quad (3.4)$$

где K - коэффициент запаса прочности, $K=1,7$

$$P = \frac{K \cdot Q}{(F \cdot i)}, \quad (3.5)$$

где i - число болтов

$$P = \frac{1,7 \cdot 400}{(0,1 \cdot 2)} = 2400 \text{ МПа}$$

$$T_p < \sigma_p < \frac{4P}{d}$$

Отсюда

$$d_1 > 4P \cdot \frac{1,3}{(\pi \cdot \sigma_p)}$$

$$d_1 = \frac{4 \cdot 2400 \cdot 1,3}{(3,14 \cdot 40)} = 9,9 \text{ мм}$$

Диаметр стержня болта принимаем $d_1=10$ мм

Проверка на прочность определяется по формуле:

$$T_p < \sigma_p = \frac{4P}{\pi \cdot d_1^2} \quad (3.6)$$

$$T_p \leq \frac{4 \cdot 2400}{14 \cdot 10^2} = 30,5 \text{ МПа}$$

$$30,5 < 40$$

проверка на смятие определяется по формуле

$$T_{см} < [T_m] \quad (3.7)$$

$$T_{см} = \frac{Q}{F_{см}} = \frac{P \cdot i}{F_{см}}, \quad (3.8)$$

где $F_{см}$ -площадь опорной поверхности стыка, без учета отверстия, мм

$$F_{см} = 160 \cdot 50 = 800 \text{ мм}^2$$

$$T_{см} = \frac{2400 \cdot 2}{800} = 0,6$$

$$0,6 < 14,4$$

Условие выполняется.

3.2.2 Расчет и определение поверхности нагрева

Поверхность нагрева определяют из теплового баланса и рассчитывают по уравнению:

$$F = C_1 \cdot \left(\frac{c \cdot t - r \cdot x}{100} \right) / qn, \quad (3.9)$$

где C_1 -начальная масса просушиваемого продукта, кг/ч;

x - потеря массы продукта в процессе копчения при нагреве, %;

$$x = \frac{w_1 - w_2}{100 - w_2} \cdot 100, \quad (3.10)$$

где w_1 и w_2 -начальная и конечная влажность продукта, %;

c -теплоемкость продукта, ккал/(кг град);

t -подогрев продукта в процессе копчения, град;

r -теплота парообразования, ккал/кг;

q -интенсивность излучения;

n -КПД установки

Из-за ограниченного объема пояснительной записки приводим окончательный результат.

					ВКР35.03.06.193.20.КТД.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$$F=0,5 \text{ м}^2$$

Количество теплоты, которое необходимо подвести в процессе нагревания электрическим током, определяется из теплового баланса:

$$Q_3 + G \cdot c \cdot t_n = G_c \cdot t_k + Q_n \quad (3.11)$$

где Q -количество теплоты, выделяющиеся в нагревательном электрическом устройстве при прохождении электрического тока, кДж/ч;

G -количество перерабатываемого в обогреваемом аппарате продукта, кг/ч;

C - удельная теплоемкость перерабатываемого продукта, кДж/(кгК);

t_n, t_k – начальная и конечная температура перерабатываемого продукта, С;

Q_n - потеря теплоты в окружающую среду, кДж/ч.

Из уравнения (3.11) следует:

$$Q_3 = G \cdot c (t_k - t_n) + Q_n, \quad (3.12)$$

Мощность нагревательных элементов (кВт)

$$N = \frac{Q_3}{3600} \quad (3.13)$$

$$N = \frac{4289}{3600} = 1,191, \text{ кВт}$$

3.2.3 Расчет на прочность крепления секций

Поверхность излучения определяют из теплового баланса и рассчитывают по уравнению: [3]

$$F = C \cdot \Delta t + r \cdot x / 100 / q \cdot \eta, \quad (3.5.1)$$

где G_1 – начальная масса подсушиваемого продукта, кг / час;

x – потеря массы продукта в процессе подсушки продукта при нагреве, %

$$x = [\omega_1 + \omega_2 / 100 - \omega_z] \cdot 100\%, \quad (3.5.2)$$

где ω_1 и ω_z – начальная и конечная влажность продукта, 100%;

c – теплоемкости продукта, ккал / (кг · С°);

Δt – подогрев продукта в процессе подсушки, С°

r – теплота парообразования, ккал / кг;

q – интенсивность излучения, ккал / (м² · л);

					ВКР35.03.06.193.20.КТД.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

η – КПД установки.

Из-за ограниченного объема пояснительной записи приводим окончательный результат.

$$F = 0,5 \text{ м}^2.$$

Количество теплоты, которые необходимо подвести в процесс нагревания электрическим током, определяется из теплового баланса: [4]

$$Q_3 + G_c \cdot t_n = G_c \cdot t_k + Q_{\text{п}}, \quad (3.5.3)$$

где Q_3 – количество теплоты, выделяющееся в нагревательном электрическом устройстве при прохождении электрического тока, кВт / час;

G_c – количество перерабатываемого в обогреваемом аппарате продукта, кг / час;

t_n, t_k – начальная и конечная температура перерабатываемого продукта, °C

$Q_{\text{п}}$ – потеря теплоты в окружающую среду, кВт / час.

Из уравнения (3.5.3) следует:

$$Q_3 = G_c (t_k - t_n) + Q_{\text{п}}, \quad (3.5.4)$$

Мощность нагревательных элементов определяется по формуле: [6]

$$N = Q_3 / 3600, \quad (3.5.5)$$

$$N = 109440 / 3600 = 30,4, \text{ кВт}$$

Общее сопротивление передвижению тележки определяется по формуле: [6]

$$W_{\text{пер}} = K_p \cdot W_{\text{тр}}, \quad (3.5.6)$$

где $W_{\text{тр}}$ – сопротивление передвижению тележки от трения в опорных катках;

K_p – коэффициент трения ходовых колес;

$$K_p = 1,9.$$

Сопротивление трения определяется по формуле: [7]

$$W_{\text{тр}} = (G_n + Q) D + 2\mu / d \cdot g, \quad (3.5.7)$$

где G_n – вес площадки, кг;

Q – вес груза, кг;

D – диаметр колеса, мм;

					ВКР35.03.06.193.20.КТД.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

μ – коэффициент трения качения, $\mu = 0,04$.

$$W_{\text{тр}} = [(78 + 48) \cdot 0,02 \cdot 200 + 2 \cdot 0,04 / 50] \cdot 9,8 = 12,05 \text{ Н.}$$

$$W_{\text{пер}} = 1,9 \cdot 12,05 = 22,9 \text{ Н.}$$

Расчет типовой балки постоянного сечения тележки.

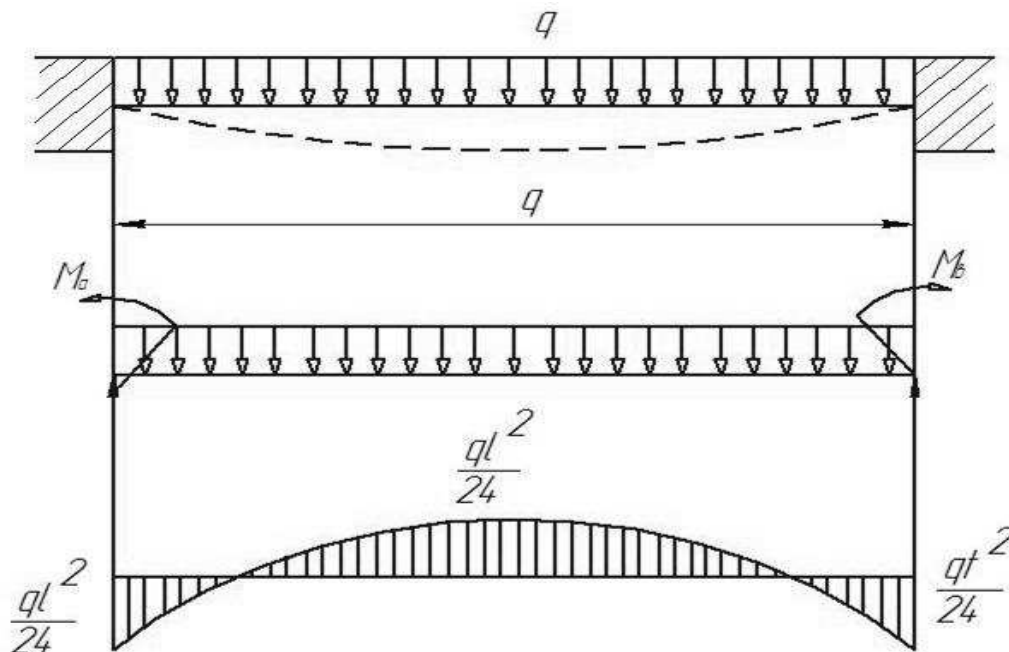


Рисунок 3.4 – Эпюры балки защемленной по концам.

Реакция силы и моменты опор определяется по формуле: [1, 2]

$$A = B = 1 / 2 \cdot q \cdot L, \quad (3.5.8)$$

$$M_a = M_b = 1 / 12 \cdot q \cdot L^2.$$

Изгибающий момент в произвольном сечении, наибольший изгибающий момент определяется по формуле: [1, 2]

$$M_x = q \cdot L^2 / 2 \cdot (z / L - 1 / 6 - z^2 / L^2), \quad (3.3.9)$$

где M – момент в вертикальной плоскости, совпадающий с осью бруса z ,

кгс · см;

L – длина балки.

$$M_{x \max} = 1 / 12 \cdot q \cdot L^2$$

$$M_{x \max} = 26.$$

Уравнение упругой линии, наибольший прогиб, углы поворота крайних сечений балки: [1, 2]

$$v = - q \cdot z^2 / 24 E \cdot J_x (L - z)^2, \quad (3.5.10)$$

где J_x – осевой момент инерции поперечного сечения относительно оси x , см^4 ;

$$v_{\max} = -q \cdot z^2 / 24 E \cdot J_x (L - z)^2, \quad (3.5.11)$$

$$\theta_1 = \theta_2 = 0, \quad (3.5.12)$$

где θ_1 и θ_2 – углы поворота.

3.3 Безопасность жизнедеятельности

Инструкция по охране труда при работе с термодымовой камерой

Общие требования по охране труда

К работе с термодымовой камерой допускаются работники предприятия не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование и признанные годными к выполнению данной работы.

Работник, выполняющий работы с термодымовой камерой, должен знать: настоящую инструкцию; инструкцию по пожарной безопасности; опасные и вредные производственные факторы, методические указания по проведению замеров уровня загазованности воздушной среды; правила пожарной безопасности и производственной санитарии; правила личной гигиены. Допуск к работе с термодымовой камерой, оформляется нарядом-допуском. При проведении работ с термодымовой камерой, возможно воздействие следующих опасных и вредных производственных факторов: загазованность камеры; наличие патогенных микроорганизмов в сточных и природных водах; физические перегрузки.

Перед началом необходимо проверить: наличие и исправность дверных прокладок, исключающих пропуск дыма из камеры в рабочее помещение; исправность зонтов вентиляционной системы, расположенных вдоль фронта камер и обеспечивающих полное удаление дыма, выделяющегося при открывании дверей камер; исправность металлических решеток (ложного пола); исправность паровых батарей (змеевиков), с тем чтобы исключить попадание пара в камеру; исправность манометра на гребенке парораспределителя и наличие давления пара; исправность вентилей на

					ВКР35.03.06.193.20.КТД.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

паропроводе паровых батарей (змеевиков); наличие и исправность термометров, установленных в особые гнезда в двери каждой камеры, а также других установленных приборов.

При обнаружении неисправностей поставить в известность мастера и не приступать к работе до полного устранения всех неполадок.

Требования по охране труда при выполнении работы

Следить за равномерной загрузкой рам (не более 300 кг на одну раму). Во время процесса обжарки запрещается заходить в камеру. После окончания процесса обжарки и копчения выгрузку рам из камеры производить с помощью специальных приспособлений (багров). При выгрузке остерегаться ожогов. Загрузку, выгрузку и перемещение рам производить только в рукавицах.

Запрещается производить разгрузку камер без предварительного ее проветривания путем открытия шиберов вытяжного воздуховода. Не опираться о двери камер, не разрешать этого другим лицам (во избежание ожогов). Запрещается самостоятельно производить выжигание сажи.

При обнаружении течи паровых батарей, отсутствия их нагрева, неисправности стрелок, а также при обнаружении любых других неисправностей сообщить мастеру и не приступать к работе до полного устранения всех неполадок.

3.4 Экономическая часть

3.4.1 Техника - экономическая обоснование конструкции

Целью технико – экономического обоснования конструкции является установление экономической эффективности по сравнению с существующим.

Расчет массы и стоимости конструкции.

Масса конструкции определяется по формуле [2]:

$$G = (G_k + G_r) \cdot K, \quad (3.4.1)$$

где G_k - масса сконструированных деталей, углов и агрегатов, кг.;

					ВКР35.03.06.193.20.КТД.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

G_r - масса готовых деталей, узлов и агрегатов, кг.

K - коэффициент, учитывающий массу израсходованную на изготовление конструкции монтажных материалов. (Для расчета $K=1,05/1,15$)

Берем $K=1,10$. [31]

Масса сконструированных деталей, узлов и агрегатов сводится в таблицу 3.4.1

Таблица 3.4.1 - Масса сконструированных деталей

№ п/п	Наименование детали и материала	Объем детали, см ³	Идеальный вес, кг/см ²	Масса детали, кг
1	Кронштейн, 56 шт.	562	0,001	0,562
2	Балка	28750	0,001	28,750
3	Вал, 4 шт.	340	0,001	0,340
4	Обод, 4 шт.	9180	0,0006	5,508
5	Труба	30753	0,0006	18,452
ИТОГО				53,612

Масса готовых деталей, узлов и агрегатов принимается по справочным данным.

Масса готовых деталей, узлов и агрегатов составляет 209 кг.

Масса спроектированных деталей определяется по формуле [2]:

$$G_k = (G_b + G_{кр} + G_б + G_{тр} + G_{об}), \quad (3.4.2)$$

где G_b – масса одного вала, кг;

$G_б$ – масса балки, кг;

$G_{кр}$ – масса 1 – го кронштейна, кг;

$G_{тр}$ – масса трубы, кг;

$G_{об}$ – масса одного ободка, кг;

Принимая во внимание, что $G_b = 0,34 \cdot 4 = 1,36$ кг; $G_б = 28,75$ кг;

$G_{кр} = 0,562 \cdot 56 = 31,5$ кг; $G_{тр} = 18,45$ кг; $G_{об} = 5,508 \cdot 4 = 22,03$ кг.

$$G_k = 1,36 + 28,75 + 31,5 + 18,452 + 22,03 = 102,09 \text{ кг}$$

					ВКР35.03.06.193.20.КТД.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$$G = (102,09 + 409) \cdot 1,05 = 536,7 \text{ кг}$$

Расчет балансовой стоимости конструкции определяется расчетно-конструктивным способом по формуле:

$$C_{б.с.} = C_{б0} \cdot L_c \cdot б \cdot G_1 / G_0, \quad (3.4.3)$$

где G_1, G_0 – масса новой и базовой конструкций, кг.;

L_c – коэффициент, учитывающий изменение в изучаемом периоде,
(берем $L_c = 1$);

$б$ – коэффициент, учитывающий удешевление или удорожание новой конструкции в зависимости от сложности изготовления;
($б = 0,95 \dots 1,05$)

$$C_{б.с.} = 290000 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 537 / 630 = 234700 \text{ руб.}$$

3.4.2 Расчет технико-экономических показателей и их сравнение

Для расчета технико-экономических показателей собираются исходные данные

Таблица 3.4.2. – Исходные данные для расчета технико-экономических показателей.

Наименование	Варианты	
	Базовый	Проектируемый
Масса конструкции, кг	537	630
Балансовая стоимость, руб.	234700	290000
Потребляемая мощность, кВт	30,4	30,4
Количество обслуживающего персонала, чел.	1	1
Разряд работы	III	III
Тарифная ставка, руб./чел.	10	10
Норма амортизации, %	14,2	14,2
Норма затрат на ремонт и ТО, %	16	16
Годовая загрузка конструкции, ч	14560	14560

Производительность, т/ч	0,0042	0,0050
-------------------------	--------	--------

Массовая производительность машины берется из конструктивных расчетов.

$$W_{ч0} = 40, 2 \text{ кг/ч}; \quad (3.4.4)$$

$$W_{ч1} = 50 \text{ кг/ч};$$

Энергоемкость процесса определяется по формуле: [2]

$$\Xi_e = N_э / W_ч, \quad (3.4.5)$$

где $N_э$ – потребная мощность, кВт;

$W_ч$ – часовая производительность, кг / ч;

Принимая во внимание, что $N_э = 30 \text{ кВт}$ $W_ч = 4,2$ находим

$$\Xi_{e0} = 30 / 40,2 = 0, 74 \text{ кВт·ч/кг};$$

$$\Xi_{e1} = 30 / 50 = 0,6 \text{ кВт·ч/кг};$$

Металлоемкость процесса определяется по формуле:

$$M_e = G / W_ч \cdot T_{год} \cdot T_c, \quad (3.4.6)$$

где G - масса всей конструкции;

$T_{год}$ - годовая загрузка, час;

$$T_{год} = 14400$$

T_c - срок службы машин, лет.

$$T_c = 10 \text{ лет. [23]}$$

В нашем случае:

$$G_0 = 537 \text{ кг};$$

$$G_1 = 630 \text{ кг};$$

$$M_{e0} = 630 / 40,2 \cdot 14400 \cdot 10 = 0, 000104 \text{ кг/кг}.$$

$$M_{e1} = 537 / 50 \cdot 14400 \cdot 10 = 0, 000075 \text{ кг/кг};$$

Фондоемкость производства определяется по формуле: [2]

$$F_e = C_б / W_ч \cdot T_{год}, \quad (3.4.7)$$

где $W_ч$ – часовая производительность, кг;

					ВКР35.03.06.193.20.КТД.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

C_6 – балансовая стоимость конструкции, тыс.руб./т;

($C_{61} = 234700$ тыс. руб.) ($C_{62} = 290000$ тыс. руб.)

$T_{год}$ – годовая загрузка конструкции, час;

$$F_{e0} = 290000 / 40,2 \cdot 14400 = 0,48 \text{ руб./кг.};$$

$$F_{e1} = 234700 / 50 \cdot 14400 = 0,32 \text{ руб. / кг.}$$

Себестоимость работы выполненной с помощью спроектированной конструкции и в исходном варианте определяется по формуле:

$$S = C_{зп} + C_э + C_{рто} + A, \quad (3.4.8)$$

где $C_{зп}$ – затраты на оплату труда, руб/л;

$C_э$ – затраты на электроэнергию, руб/кВт;

$C_{рто}$ – затраты на ремонт и техническое обслуживание конструкции, руб;

A – амортизационные отчисления на конструкцию, руб/кг;

$$C_{зп} = Z_{ч} \cdot T_e \cdot K_d \cdot K_{ст} \cdot K_{сс} \cdot K_{от}, \quad (3.4.9)$$

T_e – трудоемкость, чел/кг;

K_d – дополнительных затрат (берем $K_d = 1,5$; $K_{ст} = 1,1$; $K_{сс} = 1,28$; $K_{от} = 1,1$.)

$Z_{ч}$ - часовая тарифная ставка, руб/ час. ($Z = 80$).

$$T_e = n_{обсл} / W_{ч}, \quad (3.4.10)$$

где $n_{обсл}$ – количество обслуживающего персонала.

$$T_{e0} = 1 / 40,2 = 0,023 \text{ чел / кг};$$

$$T_{e1} = 1 / 50 = 0,02 \text{ чел / кг};$$

$$C_{зп0} = 80 \cdot 0,023 \cdot 1,5 \cdot 1,1 \cdot 1,28 \cdot 1,1 = 4,27 \text{ руб. /кг};$$

$$C_{зп1} = 80 \cdot 0,02 \cdot 1,5 \cdot 1,1 \cdot 1,28 \cdot 1,1 = 3,7 \text{ руб. /кг}.$$

Затраты на электроэнергию определяются по формуле:

$$C_э = C_э \cdot Э_e, \quad (3.4.11)$$

где $C_э$ – отпускная цена эл. энергии, руб./кВт·ч;

					ВКР35.03.06.193.20.КТД.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$$\text{Ц}_э = 2,57 \text{ руб./кВт}\cdot\text{ч};$$

$$C_{э0} = 2,57 \cdot 0,74 = 1,9 \text{ руб./кг};$$

$$C_{э1} = 2,57 \cdot 0,6 = 1,54 \text{ руб./кг};$$

Затраты на РТО конструкции определяются по формуле: [2]

$$C_{\text{рто}} = C_{\text{б.}} \cdot H_{\text{рто.}} / 100 \cdot W_{\text{г}} \cdot T_{\text{год}}, \quad (3.4.12)$$

где $H_{\text{рто}}$ – суммарная норма затрат на ремонт и ТО;

$$C_{\text{рто1}} = 290000 \cdot 15 / 100 \cdot 0,42 \cdot 14400 = 0,071 \text{ руб./кг};$$

$$C_{\text{рто2}} = 234700 \cdot 15 / 100 \cdot 0,5 \cdot 14400 = 0,048 \text{ руб./кг}.$$

Амортизационные отчисления определяются по формуле:

$$A_1 = C_{\text{б1}} \cdot a / 100 \cdot T_{\text{е}} \cdot T_{\text{год}}, \quad (3.4.13)$$

где a – норма амортизации, % $a = 10\%$;

$$A_0 = 290000 \cdot 10 / 100 \cdot 0,42 \cdot 14400 = 0,048 \text{ руб.};$$

$$A_1 = 234700 \cdot 10 / 100 \cdot 0,5 \cdot 14400 = 0,033 \text{ руб.}$$

$$S_0 = 4,27 + 1,9 + 0,071 + 0,048 = 6,1 \text{ руб.};$$

$$S_1 = 3,7 + 1,54 + 0,048 + 0,033 = 5,6 \text{ руб.}$$

Производственные затраты на работу конструкции определяются по формуле [2]:

$$C_{\text{пр}} = S + E_{\text{н}} \cdot \kappa = S + E_{\text{н}} \cdot F_{\text{е}}, \quad (3.4.14)$$

где $E_{\text{н}}$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

$$C_{\text{пр0}} = 6,1 + 0,15 \cdot 0,48 = 6,2 \text{ руб./кг};$$

$$C_{\text{пр1}} = 5,6 + 0,15 \cdot 0,32 = 5,7 \text{ руб./кг}.$$

Годовая экономия определяются по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (S_0 - S_1) W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}, \quad (3.4.15)$$

где $T_{\text{год}}$ – годовая нормативная загрузка конструкции, ч;

$$\mathcal{E}_{\text{год } 0} = (6,1 - 5,6) \cdot 50 \cdot 14400 = 360000 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект определяется по формуле [2]:

$$E_{\text{год}} = \mathcal{E}_{\text{год}} - E_{\text{н}} \cdot \Delta \kappa, \quad (3.4.16)$$

где $E_{\text{н}}$ – коэффициент эффективности капитальных вложений.

$$E_{\text{год}} = 360000 - 0,15 \cdot 56000 = 351600 \text{ руб.}$$

					ВКР35.03.06.193.20.КТД.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Срок окупаемости капитальных вложений определяются по формуле:

$$T_{\text{окуп}} = C_{60} / \mathcal{E}_{\text{год}}, \quad (3.4.16)$$

$$T_{\text{окуп}} = 290000 / 360000 = 0,9 \text{ год.}$$

Коэффициент эффективности капитальных вложений определяются по формуле:

$$E_{\text{эф}} = \mathcal{E}_{\text{год}} / C_6 = 1 / T_{\text{окуп}}; \quad (3.4.17)$$

$$E_{\text{эф}} = 1 / 0,9 = 1,1.$$

Сравнительные технико-экономические показатели эффективности конструкции сводим в таблицу 3.4.2

Таблица 3.4.2 – Сравнительные технико-экономические показатели эффективности конструкции

№	Наименование показателей	Варианты	
		Базовый	Проектируемый
1	Часовая производительность, л/ч	42	50
2	Фондоемкость производства, руб/кг	0,48	0,32
3	Металлоемкость конструкции, кг/кг	0,000104	0,000075
4	Трудоемкость, чел·ч/кг	0,23	0,2
5	Энергоемкость процесса, кВт/ед.	0,74	0,6
6	Уровень эксплуатационных затрат, руб./кг	6,1	5,6
7	Уровень приведенных затрат, руб./кг	6,2	5,7
8	Годовая экономия	—	360000
9	Годовой экономический эффект	—	351600
10	Срок окупаемости капитальных вложений, лет	—	0,9
11	Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений	—	1,1

По технико-экономическим показателям приведенных в таблице 3.4.2 можно сделать следующие выводы, что проектируемая конструкция

экономически эффективна, так как срок окупаемости составляет 0,9 лет, а у базовой конструкции 1,4 лет.

3.5 Физическая культура на производстве

Физическая культура на производстве – важный фактор ускорения научно-технического прогресса и производительности труда. Основным средством физической культуры являются физические упражнения, направленные на совершенствование жизненно важных сторон индивидуума, способствуя развитию его двигательных качеств, умений и навыков, необходимых для профессиональной деятельности. С этой целью используются следующие способы и методы по развитию физических способностей:

- ударные дозированные движения в вынужденных позах;
- выработка вращательных движений пальцев и кистей рук;
- развитие статической и динамической выносливости мышц пальцев и кистей рук;
- развитие ручной ловкости, кожной и мышечно-суставной чувствительности, глазомера;
- развитие силы и статической выносливости позных мышц спины, живота и разгибателей бедра;
- развитие точности усилий мышцами плечевого пояса.

Занятия по физической культуре на производстве должны включать различные виды спорта, благодаря которым сохраняется здоровье человека, его психическое благополучие и совершенствуются физические способности. Творческое использование физкультурно-спортивной деятельности в этих условиях направлено на достижение жизненно-важных и профессиональных целей индивидуума.

					ВКР35.03.06.193.20.КТД.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Выводы и предложения

Выпускная квалификационная работа на тему связанную с переработкой мясопродуктов (копчение) содержит подробное описание технологических продуктов, а так же все необходимые технические и технологические расчеты. Анализ существующих конструкций и подробное описание выбранной технологии и выбранной конструкции. Работа несет в себе глубокое изучение экономических показателей и технических решений проблем поставленной темой.

Из работы видно, что модернизация существующей термокамеры провела к увеличению производительности и снижению себестоимости 1 кг. продукции.

Так же облегчился труд рабочего персонала, что на сегодняшний день далеко немаловажно. Глубоко изучен и рассмотрен вопрос о безопасности жизнедеятельности и охране труда на предприятии.

В графической части обращается большое внимание на конструктивную часть проекта и немалое влияние уделено технологии производимой продукции.

Все изученные вопросы выпускной квалификационной работе несут в себе большой смысл и актуальность данной темы.

Список использованной литературы

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора – машиностроителя. В 3-х т. Т.1.-5-е изд., перераб. и доп. –М : Машиностроение, 1979 – 728 стр.
2. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для ВУЗов С.В. Белов. А.В. Ильницкая , А.Ф. Казьяков и др.; Под общей ред. С.В. Белова. 2-е изд., испр. и доп.- М. : Высш. шк., 1999 – 448 стр.
3. Берсан Г.Р. Машины мясной промышленности: Пер. с венг. –М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982 – 192 стр.
4. Владимиров В.П., Срослава А.А., Шаламова А.А. Технология хранения и переработка с/х продуктов. –М.: Пищевая промышленность, 1973 – 224 стр.
5. Гинзбург А.С. Расчет и проектирование сушильных установок пищевой промышленности. –М.: Агропромиздат, 1985 – 335 стр.
6. Глушко Л.А. Защита от перегревов в горячих цехах –М.: Металургиздат, 1963 – 216 стр.
7. Кивецкий Г.Д., Королев А.В. Процессы и аппараты пищевых производств. –М.: Агропромиздат, 1991– 483 стр.
8. Литатов Н.Н. Процессы и аппараты пищевых производств. –М.: Экономика, 1987 – 272 стр.
9. Проектирование предприятий мясной промышленности: Технико-экономическое обоснование и методика проектирования / сост. А.М. Брашников, Г.Д. Дерегина, Е.Т. Заполин, ред.кол. С.М. Бобылев и др. – М.: Пищепромиздат, 1978.
10. Охрана труда.-М. : Колос. 1977 – 336 стр.
11. Охрана труда в сельском хозяйстве. Справочник. Изд. 2-е, перераб. и доп. –М :Колос, 1978 – 624 стр.
12. Охрана труда. Ф.М. Канарев, В.В Бугаевский и др.; Под ред. Ф.М. Канарева. 2-е изд. перераб. и доп. –М : Агропромиздат, 1988 – 351 стр.