

**ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет**

**Институт механизации и технического сервиса**

Направление 35.03.06 Агроинженерия

Профиль Технологическое оборудование

для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции

Кафедра машин и оборудования в агробизнесе

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

**на соискание квалификации (степени) «бакалавр»**

Тема: «Совершенствование технологии копчения мяса с  
разработкой вакуумного коптильного агрегата»

Шифр ВКР.35.03.06.137.20.КУ.00.00.ПЗ

Студент Б261 - 04 группы

  
подпись

Хайруллин И.Т.  
Ф.И.О.

Руководитель к.т.н., доцент  
ученое звание

  
подпись

Хусаинов Р.К.  
Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите  
(протокол № 12 от 17 июня 2020 г.)

Зав. 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 агробизнесе

Направление 35.03.06 Агроинженерия

Профиль Технологическое оборудование  
для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой

/ Халиуллин Д.Т./

« 27 » апреля 2020 г.

**ЗАДАНИЕ**

**на выпускную квалификационную работу**

Студенту Хайруллину Ильназу Табрисовичу

Тема ВКР «Совершенствование технологии копчения мяса с разработкой вакуумного коптильного агрегата»

утверждена приказом по вузу от «22» мая 2020г. № 176

2. Срок сдачи студентом законченной ВКР 23.06.2020 г.

3. Исходные данные

1. Материалы преддипломной практики;
2. Научно-техническая и справочная литература
3. Патенты оборудования и методов копчения.

4. Перечень подлежащих разработке вопросов

1. Литературно-патентный обзор;
2. Технологическая часть
3. Конструктивная часть;

5. Перечень графических материалов

1. Классификация
2. Технологические схемы
3. Обзор существующих конструкций

4. Сборочный чертеж

5. Рабочие чертежи предлагаемой конструкции.

6. Консультанты по ВКР

| Раздел (подраздел)             | Консультант       |
|--------------------------------|-------------------|
| Безопасность жизнедеятельности | доц. Гаязиев И.И. |
|                                |                   |
|                                |                   |
|                                |                   |
|                                |                   |

7. Дата выдачи задания 11.05.2020 г.

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

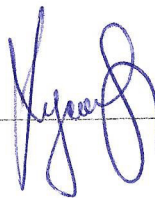
| №<br>п/п | Наименование этапов ВКР     | Срок выполнения  | Примечание |
|----------|-----------------------------|------------------|------------|
| 1        | Литературно-патентный обзор | 11.05–25.05.2020 | 100%       |
| 2        | Технологическая часть       | 25.05–3.06.2020  | 100%       |
| 3        | Конструкторская часть       | 03.06–19.06.2020 | 100%       |
|          |                             |                  |            |
|          |                             |                  |            |

Студент



/ Хайруллин И.Т. /

Руководитель ВКР



/ Хусаинов Р.К. /

## АННОТАЦИЯ

К выпускной квалификационной работе Хайруллина И.Т. на тему: «Совершенствование технологии копчения мяса с разработкой вакуумного коптильного агрегата»

Работа состоит из пояснительной записки на 64 листах машинописного текста и графической части на 5 листах формата А1.

Записка состоит из введения, трех разделов, выводов и включает 8 рисунков, 4 таблицы. Список использованной литературы содержит 14 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы проекта.

В первом разделе выполнен литературно-патентный обзор, а также анализ и существующие технологии копчение мяса. Выявлены недостатки конструкций. Поставлены цели и задачи проектирования.

Во втором разделе приведено описание технологической схемы копчения мяса и технологический расчет.

В третьем разделе приведено описание предлагаемого конструктивного решения, проделаны необходимые технологические и конструктивные расчёты, и дано экономическое обоснование конструкции. Разработаны мероприятия безопасности труда и охране окружающей среды при работе с конструкцией.

Записка завершается выводами и предложениями.

## ABSTRACT

To the final qualifying work Khayrullina I.T. on the topic: «Improving the technology of smoking meat with the development of a vacuum smoking unit»

The work consists of an explanatory note on 64 sheets of typewritten text and the graphic part on 5 sheets of A1 format.

The note consists of introduction, three sections, conclusions and includes 8 figures, 4 tables. The list of references contains 14 items.

In the introduction of the relevance of the theme of the project.

In the first section, the literary-patent review, as well as the analysis and existing technologies of smoking meat, are made. Identified design flaws. Set goals and objectives of the design.

The second section provides a description of the technological scheme of smoking meat and technological calculation.

The third section describes the proposed design solution, made the necessary technological and structural calculations, and given the economic justification for the design. Developed safety measures and environmental protection when working with the structure.

The note ends with conclusions and suggestions.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| ВВЕДЕНИЕ .....                                                                                 |  |
| 1 ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР .....                                                            |  |
| 1.1 Обзор и анализ существующих оборудований и методов копчения .....                          |  |
| 2.1 Классификация состава и свойств дыма .....                                                 |  |
| 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....                                                                  |  |
| 2.1 Расчет параметров водокольцевого насоса. ....                                              |  |
| 2.2 Особенности расчета водокольцевого насоса для перемещения дыма .....                       |  |
| 3. КОНСТРУКТИВНАЯ ЧАСТЬ .....                                                                  |  |
| 3.1 Выбор и обоснование конструктивных решений .....                                           |  |
| 3.2 КОНСТРУКТИВНЫЙ РАСЧЕТ .....                                                                |  |
| 3.2.1 Проверочный расчет болтового соединения вакуума - регулятора .....                       |  |
| 3.2.2 Поверхность нагрева определяют из теплового баланса и<br>рассчитывают по уравнению ..... |  |
| 3.2.3 Пример расчета параметров водокольцевого насоса для перемещения<br>дыма .....            |  |
| 3.3 Требования безопасности труда к конструкции. ....                                          |  |
| 3.3.1 Охрана окружающей среды .....                                                            |  |
| 3.3.2 Действие копченого продукта на организм человека .....                                   |  |
| 3.4 Физическая культура на производстве .....                                                  |  |
| 3.5 Экономическое обоснование конструкции .....                                                |  |
| 3.5.1 Расчет массы и стоимости конструкции .....                                               |  |
| 3.5.2 Расчет технико-экономических показателей и их сравнение .....                            |  |
| 3.6 Экономическое обоснование выпускной квалификационной работы. ....                          |  |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....                                                                               |  |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....                                                                        |  |
| СПЕЦИФИКАЦИИ .....                                                                             |  |
| ПРИЛОЖЕНИЯ .....                                                                               |  |

## ВЕДЕНИЕ

Во первых – копчение необходимо производить по необходимости – циклически, во вторых – естественным способом, в третьих - разовое копчение должно быть в пределах 100-150 кг, четвертых – система устройств должна быть полностью герметичной от атмосферы и в пятых – должно быть предусмотрено возможность последующей сушки в этой же системе устройств и в шестых – должна быть предусмотрено возможность хранения готового продукта в этой же системе устройств, и в седьмых – кроме того, система устройств должна работать в закрытом помещении.

Обычно для решения той или иной технической задачи первым делом серьезно прорабатывается литература в данной области, изучается состояние технических систем существующих производств и также прорабатывается изобретения в данной отраслей. Также выше сказанному можно подойти по разному во первых – можно детально изучить состояние дел в этой и соприкасающихся областях науки и техники и на основе изученного материала разработать более совершенную систему, во вторых – при имеющихся возможностях разработать техническое решение и затем последовательно вести обоснование параметров системы на основе достижений науки и техники. Для нашего случая первый метод не особенно приемлем, так как задача весьма сложная и многофакторная, и на изучение и разработку могут уйти много времени и средств, в чем, как и мы не располагаем. При повторном методе решения задачи, предложенные технические решения могут оказаться не конкурентоспособными. Существующая наука управления создания технических систем позволяет, быстро и эффективно разработать заказанную систему машин.

# **1. ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР**

## **1.1 Обзор и анализ существующих оборудований и методов копчения**

Из разных источников известно множество разных способов копчения рыбно-мясных продуктов. Для применения математических приемов выработки технического решения ниже приводится краткая классификация копчения мяса и рыбопродуктов.

В зависимости от способа применения продуктов неполного сгорания древесины, копчения рыба – 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 рыбу, предварительно обработанную 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 80<sup>0</sup>С до 180<sup>0</sup>С градусов, а полугорячее - 50-80<sup>0</sup>С градусов.

В этой работе не рассматривается бездымное копчение посредством специальных химических консервантов. Но в тоже время мы вводим в данную классификационную схему 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.

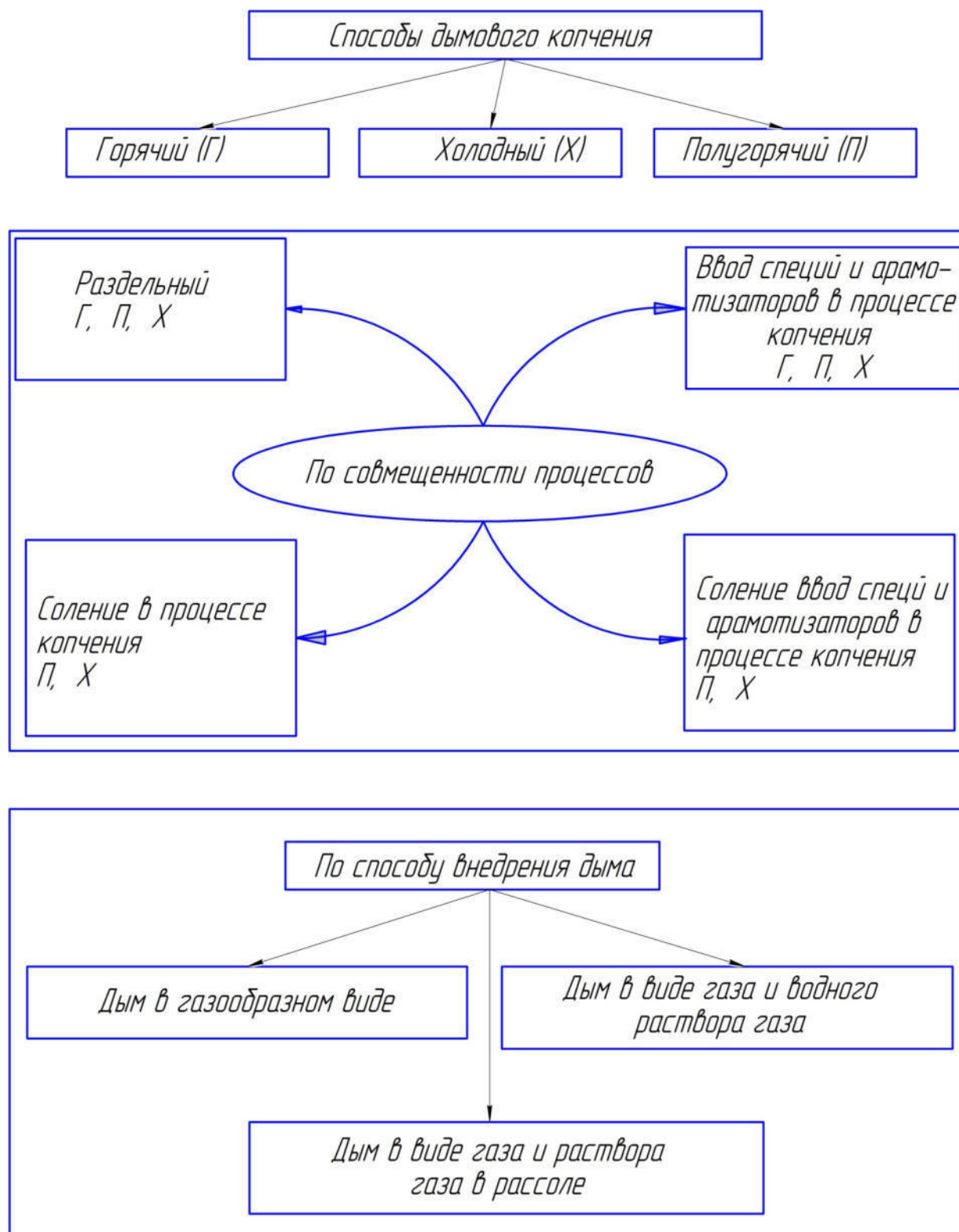


Рисунок 1.1 Классификация способов копчения.

Надо отметить из доступной нам литературы неизвестно конкретные примеры использования, а также и изучения устройств обеспечивающих способ копчения типа (п.х -1,2-II п.х-3,4-III). В работе ставится цель, начиная с уровня разработки классификации, выбрать такую систему

машин, которые позволили бы осуществить наиболее полный охват возможных способов. Далее необходимо на основе предварительного умозаключения с последующим многокритериальной оптимизацией

## **1.2 Классификация состава и свойств дыма.**

Состав и свойства дыма зависят от многих факторов

Влияющие на состав и свойство дыма следующее:

во-первых - это порода древесины,

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 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.

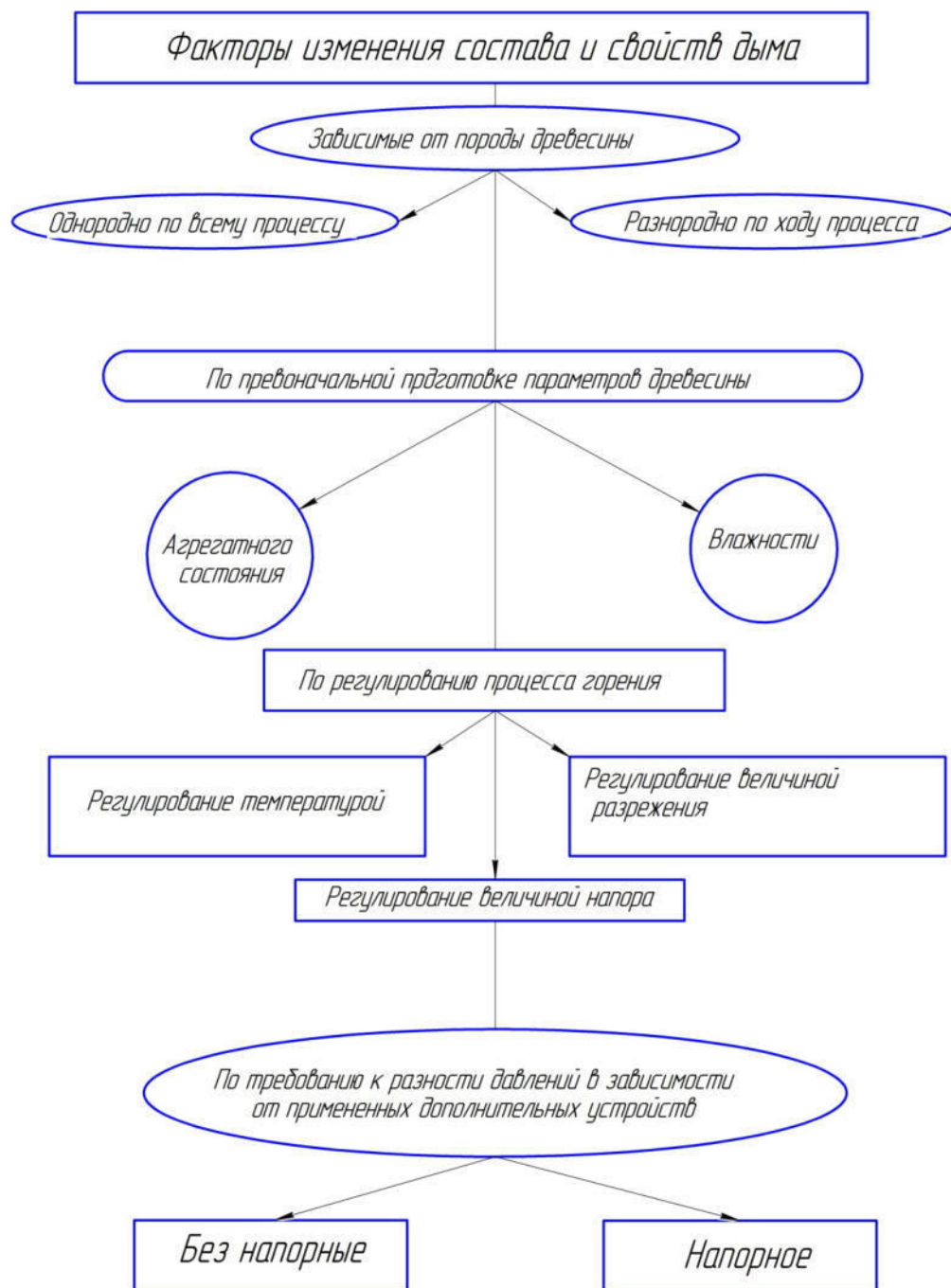


Рисунок 1.2. классификационная схема способов и технических методов изменения состава и свойств дыма.

Известен способ получения копильного 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, 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 копер) не соответствует требованиям нормативно-технической документации ГОСТ 11432-83. Рыба холодного копчения. Технические условия.

Техническим результатом изобретения является получение копченой продукции, по органолептическим показателям 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.

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 нитрозодиметиламинов.

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.

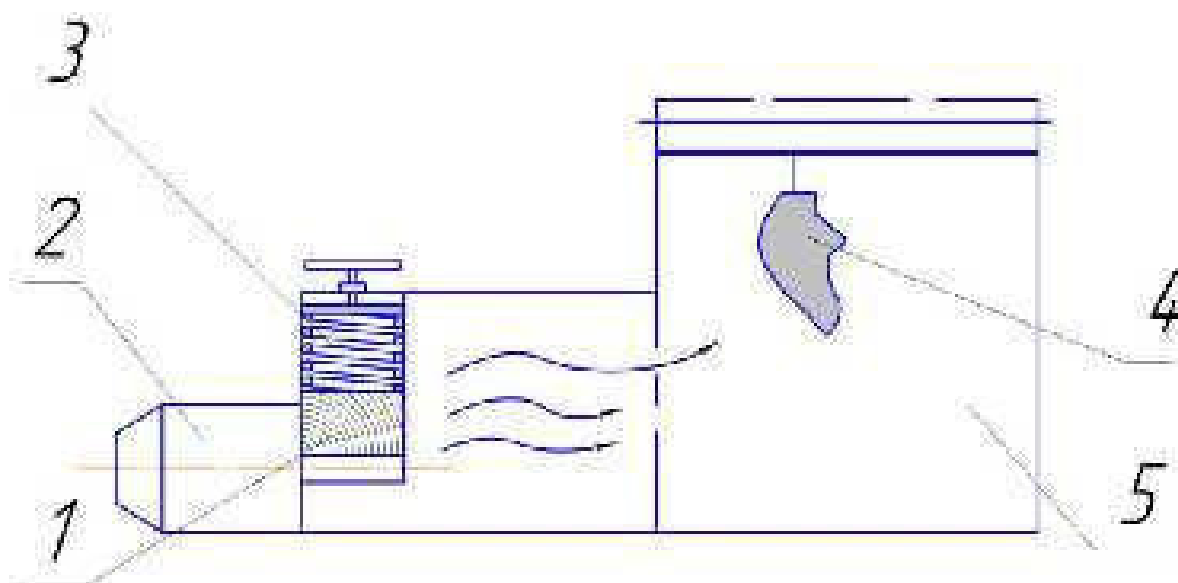
Пример 1 (прототип). Филе скумбрии и ставриды коптят в течение 12 ч. Коптильный дым получали во фрикционном дымогенераторе с использованием воздушно-сухой древесины. Готовая продукция по органолептическим показателям не соответствует требованиям (слабый вкус) ГОСТ 11482-88. Рыба холодного копчения Технические условия.

Пример 2 (предлагаемый способ). Филе скумбрии и ставриды коптят 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.Рыба холодного копчения. Технические условия

Пример 3(предлагаемый способ). Скумбрию обезглавленную коптить в течение 17 ч в условиях, описанных в примере 2. Готовая продукция по органолептическим показателям соответствовала требованиям ГОСТ 11482-88. Рыба холодного копчения Технические условия

Пример 4(предлагаемый способ). Скумбрию обезглавленную коптить 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. Рыба холодного копчения Технические условия.



1-брусок, 2-электродвигатель, 3-пружина

Рисунок 1.3. Получение дыма механическим трением

Мясо разделявают 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 18-40°C в течение 2-6 ч или при 75-120°C 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.

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 шпагатом и размещают в копильной камере, где подвергают его воздействию дымовоздушной смеси в течение 8 - 12 ч.

Недостатком известного способа являются низкие вкусовые качества основной массы приготовленного продукта. В известном способе удается обеспечить качественную обработку лишь незначительной части отруба, непосредственно прилегающей к поверхности, в то время как основная часть его остается недоступной воздействию копильной 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 приготовления копченого мяса, включающий посол, подсушку и копчение путем создания принудительной циркуляции дымовоздушной смеси.

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.

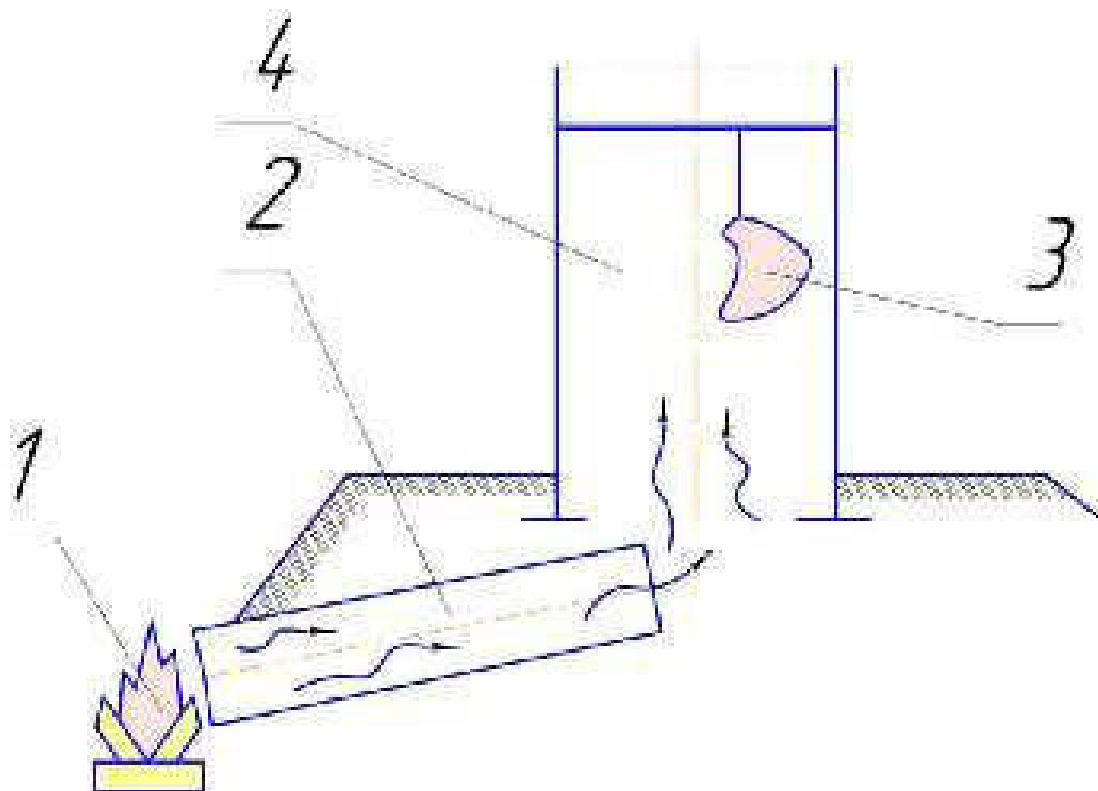
Задачей изобретения является повышение качества приготавливаемого копченого мяса за счет улучшения вкусовых и ароматических характеристик всей массы приготавливаемого продукта, уменьшения содержания канцерогенных веществ в нем, и повышение производительности процесса приготовления поставленная задача 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 75-120°C в течение 20-30 мин.

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 коптителем 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.

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.



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

Рисунок 1.4 - Копчение безнапорное

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 коптильных 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 разделение кусочков в процессе их перемещения за счет вибрационного воздействия, изменения 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 не рационально используется пространство копильной 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  $18-40^{\circ}\text{C}$ , так как при температурах менее  $18^{\circ}\text{C}$  непроизводительно затягивается процесс копчения без улучшения качества продукта, а при температурах выше  $40^{\circ}\text{C}$  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  $75-120^{\circ}\text{C}$ , а процесс горячего копчения продолжается в течение 20-30 мин. При температуре ниже  $75^{\circ}\text{C}$  непроизводительно затягивается процесс горячего копчения без улучшения качества готового продукта, а при температурах свыше  $120^{\circ}\text{C}$  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  $60-70^{\circ}\text{C}$  в течение 10-30 мин., и на втором этапе проводится обработка продукта паровоздушной смесью при температуре, превышающей  $72^{\circ}\text{C}$  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.

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  $18-40^{\circ}\text{C}$ ) температуру воздушного потока, направляемого на

поверхности кусочков мяса, предпочтительно выбрать в пределах 25-35°C, поскольку при температуре менее 25°C непроизводительно затягивается процесс подсушивания, а при температурах выше 35°C 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. При горячем копчении (температура горячего копчения 75-120°C) при подсушивании температуру воздушного потока, направляемого на поверхности кусочков, предпочтительно выбрать в пределах 50-60°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.

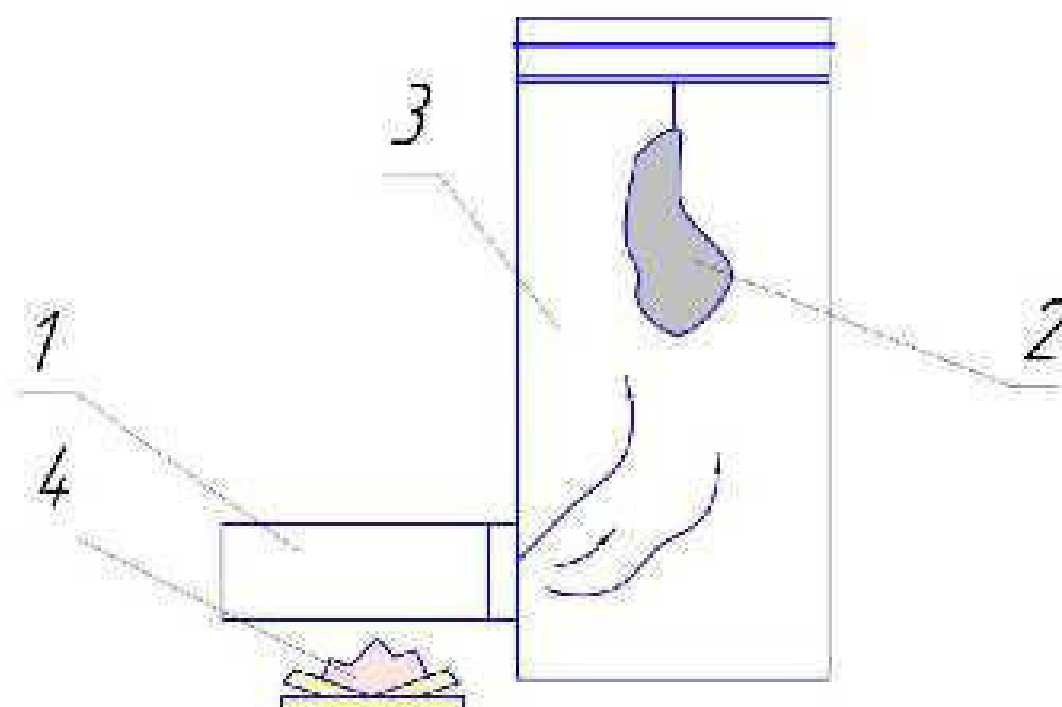
Таблица 1.1-Размеры и соотношения мяса для копчения

| №,<br>№<br>п/п | M1 г | Размеры<br>кусочков мм | S/M1<br>см2/г | Отно-<br>шение<br>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                    |

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, содержащимися 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, придают 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  $35-50^{\circ}\text{C}$ ) и при затекании (температура  $70-120^{\circ}\text{C}$ ) происходит сваривание коллагена и частичное денатурация белков, а при холодном копчении (температура  $18-20^{\circ}\text{C}$ ) в продукте развиваются ферментативные процессы, которые как же существенным образом влияют на свойства продукта.



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

Рисунок 1.5 - копчение.

Копчение следует рассматривать как комплекс взаимосвязанных процессов: собственно копчение, обезвоживание, биохимические изменения и структурообразование. В процессе собственно копчения накапливаются и перераспределяются коптильные вещества в продукте. Характер взаимодействия продукта с коптильными веществами определяется наличием реакционноспособных функциональных групп в молекулах азотистых и других составных частей мясопродуктов и высокой химической активностью некоторых компонентов дыма. Взаимодействие составных частей дыма с амидными и сульфгидрильными группами молекул наиболее важных составных частей мяса – белковых веществ и экстрактивных азотистых веществ – приводит к уменьшению числа свободных амидных и сульфгидрильных групп. Уменьшение их числа является результатом взаимодействия коптильных веществ, как с низкомолекулярными азотистыми веществами, так и с белковыми веществами мяса.

В результате этих взаимодействий образуются новые более сложные соединения, что ведет к частичному уменьшению в мясе продуктов ценных пищевых веществ.

На коллаген и другие фибриллярные белки животных тканей коптитые вещества оказывают дубящее действие. Наиболее активным при этом является формальдегид, менее выраженными свойствами обладает уксусный альдегид, окренин и формальдегидные смолы. Основная масса коптитых веществ главным образом фенольных, накапливается во внешнем слое, во центральной части продукта они не обнаруживаются. Наличие фенолов в центральном слое определяется через 15-20 суток после копчения. А общее количество фенольных веществ будет зависеть от густоты дыма. Например, при копчении дымом нормальной густоты их количество во внешнем слое достигло 13-16 мг, а более слабым дымом уменьшалось до 10 мг. Внутри продукта фенольные соединения более интенсивно накапливаются в жировой ткани, нежели в мышечной, и в большей степени во внутренних слоях продукта их содержание в жировой ткани в 1,5-2 раза, а в центре в 3-4 раза выше, чем в мышечной. Неравномерность увеличивается с течением времени.

Большую роль в развитии этих признаков играет вид древесины, являющейся источником дыма. Обладают каким-то вкусом и запахом и для многих из них характерны жгучий и горьковатый вкус и острый сильный запах. В ходе адсорбции коптитых веществ на поверхности продукта и диффузии внутри соотношение между количествами составных частей дыма резко меняется. Из общего числа фенолов, находящегося в коптитом дыме, менее половины способны проникать через колбасную оболочку. После копчения с течением времени вкус и аромат усиливаются. В формировании специфического вкуса копченостей участвуют фракции: фенольная, нейтральных соединений органических кислот, в формировании ароматов – все фракции, за исключением углеводной.

Копчение мясoproдуктов приводит к изменению цвета и внешнего вида. При неправильном режиме копчения может ухудшаться товарный вид продукции. Цвет поверхности может быть либо светлым, создавая впечатление неполной готовности, либо темным. Характерный цвет



поверхности копченых мясopодуктов является следствием осаждения окрашенных компонентов дыма на поверхности продукта и химического взаимодействия некоторых коптильных веществ друг с другом, с составными частями продукта или с кислородом воздуха после осаждения на поверхность.

Коптильные вещества обладают довольно высоким бактерицидным и бактериостатическим действием, умноющим селективный характер. Наибольшей устойчивостью к действию коптильных веществ обладают плесени. Они способны развиваться даже при неблагоприятной температуре и влажности окружающего воздуха, на поверхности хорошо прокопченных продуктов очень устойчивы хотя и в меньшей степени, споры микроорганизмов. Так, споры группы *Subtilis mesentericus* погибали лишь после семичасового воздействия дыма, а споры *Anticis* — через 18 ч. Наиболее чувствительны к действию дыма кишечная палочка, протей и стафилококк. Хотя бактерицидные свойства коптильного дыма не вызывают сомнений, нет оснований приписывать коптильным веществам исключительную роль в устойчивости копченых мясopодуктов к действию гнилостной микрофлоры. Надо отметить, что при сушке сыровяленых колбас, которые вообще не коптят, не отмечается их гнилостной порчи. Гнилостные процессы в глубине продукта тормозятся благодаря развитию бактерий. А бактерицидное действие коптильных веществ распространяется лишь на внешний слой продукта сравнительно небольшой толщины (около 5 мм).

Таким образом, бактерицидный эффект копчения заключается в создании защитной бактерицидной зоны на периферии продукта, предохраняющей его от поражения микрофлоры, и прежде всего плесени извне.

Обезвоживание в процессе копчения имеет положительное значение, поскольку стандартами ограничивается влажность готовой продукции. Вместе с этим возникают нежелательные явления, связанные с неравномерностью распределения влаги по слоям. Вследствие низкой

влагопроводности мясо даже при мягком режиме копчения и сушки. Распределение влажности по сечению неравномерно. Так, при копчении колбас куттизиновой оболочке диаметром 50 мм (температура 21-23°C, влажность воздуха 64-74%) и при обычном режиме сушки имеется существенное различие в содержании влаги (1,5 раза и более) между внешним слоем и нижележащими слоями, которое сохраняется до конца сушки. Степень неравномерности распределения влажности зависит от размеров продукта и интенсивности сушки. Поэтому перепад влагосодержания между центральными и поверхностными слоями, с одной стороны, и размерами продукта и градиентом влажности, с другой можно описать уравнением

$$W = \frac{2}{R \cdot (W_{\text{ц}} - W_{\text{поп}})},$$

где  $W$  – влажностный градиент поверхности %/см;  $R$  – радиус батона, см;  $W_{\text{ц}}$  – влажность в центре, %;  $W_{\text{поп}}$  – влажность в поверхностном слое, %.

Величина – максимально допустимого перепада влажности найдена экспериментально и для периода копчения составляет 20 % на 1 см.

Неравномерность распределения влаги по сечению образца влечет за собой ряд нежелательных явлений, связанных как с изменением структуры, так и свойства готового продукта по его объему.

При удалении влаги возникает градиент влажности, направленный к центру образца, а это влечет за собой усадку и высушивание внешних слоев сильнее, чем внутренних. В результате происходит деформация образца, а это приводит к браку. Другим дефектом, возникающим при неравномерном распределении влаги, является «закал». Он получается в результате резкого уменьшения влажности внешнего слоя до уровня, близкого к адсорбционному. Кроме того, возникновение этого кольцеобразного слоя и его повышенная прочность уменьшают тенденцию к усадке, хотя усадка внутренних слоев продолжается по мере удаления влаги. При этом

происходит разница в уменьшении объемов внутренних и внешних слоев, что вызывает их разрыв, образуются полости, получившие название фонарей.

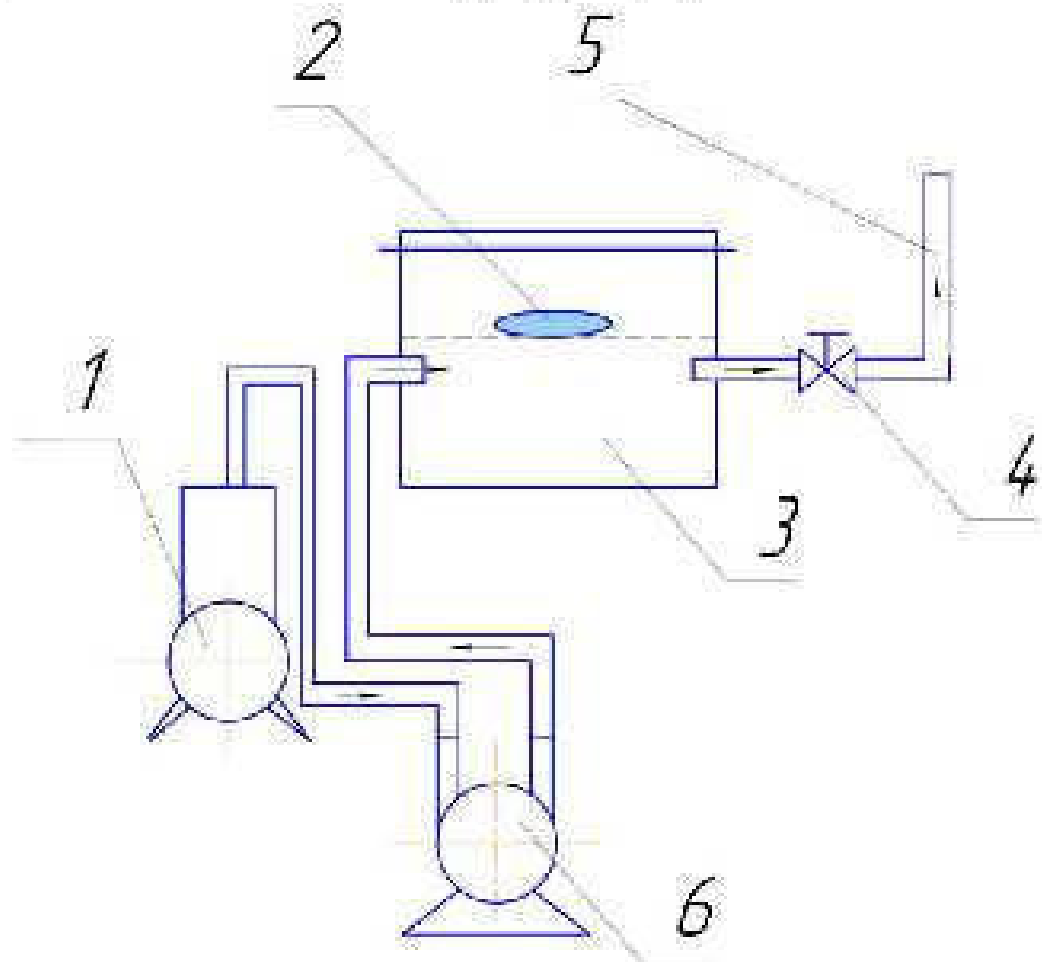
Для исключения этих недостатков необходимо копчение вести при таком режиме, который обеспечит бы возможно более длительное сохранение влажности внешнего слоя по всей длине образца на уровне, необходимом для сохранения его пластичности. В этих условиях образец будет сохранять способность к рассеиванию возникающих в нем напряжений и к необратимой деформации.

В период копчения мясных изделий протекают два сопряженных диффузионных процесса: обезвоживание мяса и насыщение его коптильными веществами. Направление этих процессов противоположно, но скорость каждого из них внутри продукта в значительной мере зависит от одних и тех же факторов. И в первую очередь от температуры среды и структуры мяса. При более высокой температуре процесс собственно копчения (насыщение коптильными веществами) заканчивается значительно раньше.

Таким образом, с точки зрения скорости достижения необходимо бактерицидного эффекта предпочтительно пользоваться горячим способом копчения. Повышение температуры позволяет также значительно ускорить процесс обезвоживания мясных изделий. Кроме того, повышение температуры приводит не только к увеличению скорости внутренней диффузии и испарения, но и к резкому снижению относительной влажности воздуха, поступающего в коптилку. Следовательно, и с точки зрения скорости обезвоживания горячее копчение имеет преимущество перед холодным.

Характер и интенсивность биохимических процессов значительной мере определяются температурным режимом и влажностью среды (мяса), которая должна устанавливаться достаточной на протяжении определенного промежутка времени. Следовательно, скорость обезвоживания в процессе копчения сырых изделий должна быть невысокой. Поэтому в большинстве случаев сырокопченые мяса коптят холодным способом, то есть при 13-20°C.

Иногда сырокопченые колбасы с преимущественным содержанием свинины коптят при  $40^{\circ}\text{C}$ . Температуру копчения устанавливают, поддерживают применительно к техническим требованиям, относительная влажность является функцией температуры, поэтому ход сушки в процессе копчения определяется главным образом скоростью движения воздушно-дымовой смеси в коптилке. В зависимости от влагопроводимости мяса скорость движения колеблется в пределах 8-15 м/с. Продолжительность копчения при соблюдении установленных требований концентрации, воздушно-дымовой смеси и скорости ее движения зависит от температуры воздушно-дымовой смеси, толщины и особенностей структуры продукта.



1 - Котел (дымообразователь), 2 - экстаузер, 3 - регулятор давления, 4 - высолопная труба.

Рисунок 1.6 - Копчение под давлением.

Горячее копчение проводят при 35-50°C, затекание в дым при 70-120°C. В начальной стадии горячего копчения пока температура приближается к оптимуму деятельности ферментов, внутренние процессы ускоряются. По мере дальнейшего ее повышения они замедляются. С приближением температуры к 50°C начинаются процессы, характерные для тепловой обработки. При горячем копчении вареных продуктов изменения ограничиваются проникновением в продукт копильных веществ, их взаимодействием с составными частями продукта, влагообменом между ним и внешней средой. При запекании сырого продукта в дыму наряду с этими процессами на первый план выступает денатурация и коагуляция белков, а также изменения других веществ под влиянием интенсивного нагрева.

Копчение сырокопченых колбас объединяет четыре ряда различных, но взаимосвязанных процессов: собственно копчение, обезвоживание, биохимические изменения, структурообразование. Эти колбасы коптят 18-22°C во избежание денатурации белков и микробной порчи продукта. Продолжительность копчения от 2 до 5 суток в зависимости от сорта колбас. Общее количество фенольных соединений к концу копчения достигает 3,5-6,5 мг % к массе мяса. Распределение их по сечению мяса неравномерное, наибольшее количество во внешнем слое толщиной около 5 мм.

Для копчения колбасы поступают с влажностью 100-150 % к сухому веществу. В ходе копчения в результате испарения удаляется 15-20 % влаги.

Полу копчение и варено-копченые колбасы коптят после варки. Денатурация белков и почти полное уничтожение вегетативной микрофлорой в мясе дают возможность более высокие температуры копчения, а значит, и сокращать продолжительность процесса. Эти колбасы коптят при 35-50°C в течение 24 и 12 ч. Одновременно с собственно копчением продукт обезвоживается.

Штучные изделия, предназначенные к выпуску в копченном виде, коптят после предварительной промывки. Режим копчения зависит от типа продукта. Для соленок, выпускаемых в сыром виде, обычно применяют

холодное копчение. Так, российский и сибирский окорока коптят при 18-22°C в течении 5 суток. При этом российский окорок перед копчением вымачивают 10 суток при 12-18°C. Окорок можно коптить и при 30°C в течении 3-х суток. Остальные копчености, выпускаемые в сыром виде, коптят при 35-45°C: лопатки-1-3 суток, корейки и грудки-12-18 ч, рулеты-2 суток. Перед копчением солёности подсушивают в течении 2-3 часов. Варено-копченые изделия коптят при 35-45°C 10-12 ч.

### **Способ копчения мясных изделий с внешней подачей коптильных ароматизаторов и установка для его осуществления**

Изобретение относится к пищевой промышленности, в частности к области приготовления пищевых продуктов путем их тепловой обработки, и может использоваться преимущественно для приготовления шашлыка, люля-кебаб, порционных кусков мяса, сосисок, сарделек, рыбы, грибов, хлеба с применением копчения. Технической задачей изобретения является разработка способа копчения мясных изделий с внешней подачей коптильных ароматизаторов и установки для его осуществления, позволяющих повысить качество готовых изделий и продолжительность хранения продукта за счет более глубокого проникновения коптильных компонентов, очищенных от канцерогенных веществ, вглубь продукта и обеспечить непрерывность совмещенного процесса кулинарной обработки и интенсификации процесса приготовления мясных продуктов. (Рисунок 1.7). Для решения технической задачи изобретения предложен способ копчения мясных изделий с внешней подачей коптильных ароматизаторов, в котором мясной продукт прогревают в установке для получения копченых мясных изделий с внешней подачей коптильных ароматизаторов, содержащей коптильную камеру, где продукт подвергают термической обработке при атмосферном давлении до температуры 180-190°C в течение 5-10 мин с

целью удаления свободной влаги, затем снижают температуру до 110-120°C и закрывают заслонку для повышения давления в копильной камере,

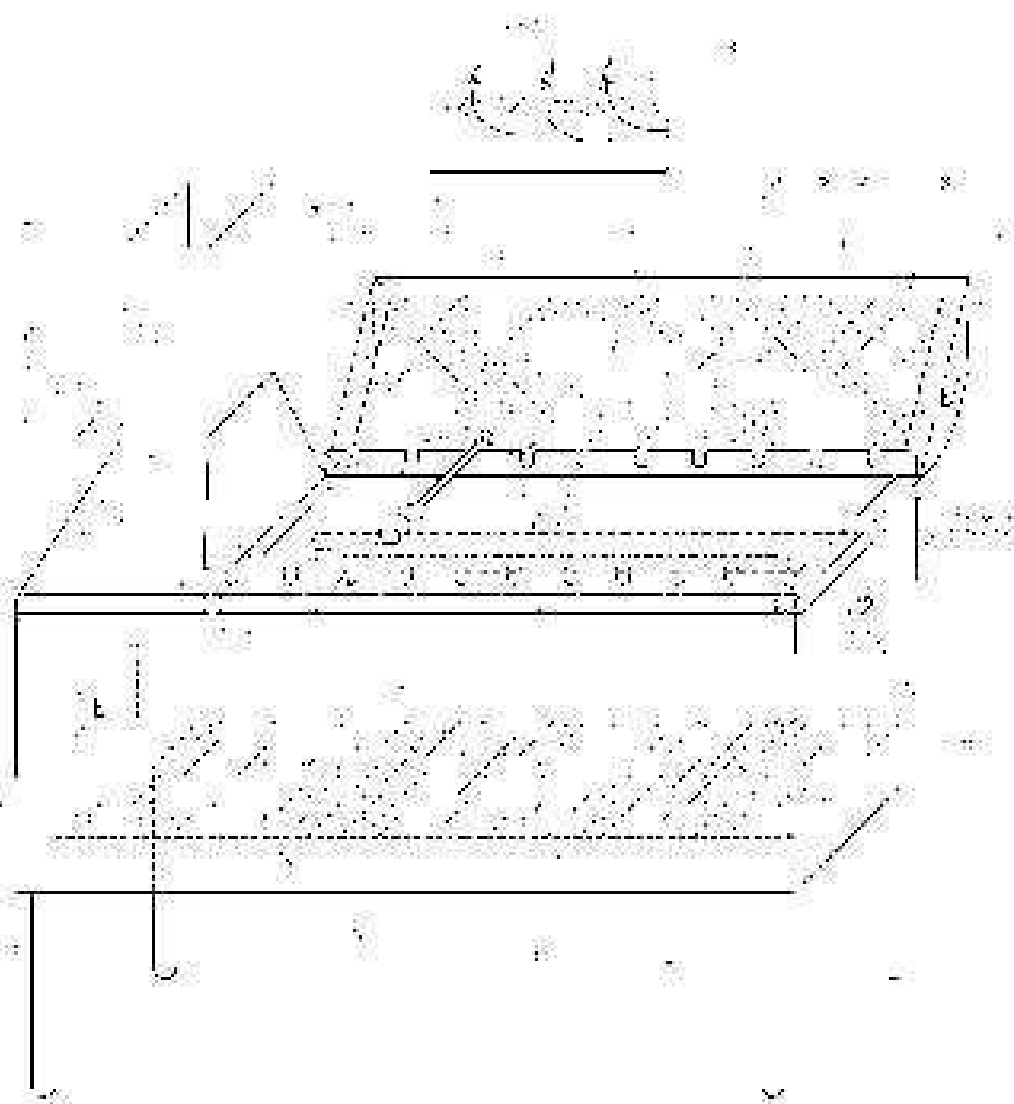


Рисунок 1.7 – Способ копчения мясных изделий с внешней подачей копильных ароматизаторов и установка для его осуществления

после чего обрабатывают продукт копильными ароматизаторами в виде насыщенного пара, испаряясь, копильные ароматизаторы обрабатывают продукт снизу в течение 5-10 мин, затем переворачивают продукт и так повторяют несколько раз в течение 20 мин до полной кулинарной готовности, причем при обработке продукта насыщенным паром он быстрее выделяет теплоту, которая при постоянной температуре создает

эффект термостатирования, который положительно влияет на качество приготовления продукта, а также ускоряет время приготовления.

Установка для получения копченых мясных изделий с внешней подачей коптильных ароматизаторов содержит коптильную камеру, которая снабжена съемными кожками для удобства транспортировки, систему отвода конденсирующих веществ в виде влаги и пара через съемный дымоотвод, который также снабжен заслонкой для повышения внутри камеры давления, нагревательный элемент, расположенный непосредственно в коптильной камере, выполненный с возможностью регулирования температурных режимов со встроенным терморегулятором, над нагревательным элементом расположен змеевик с перфорацией, в который наливается коптильный ароматизатор, который под действием нагревательного элемента испаряется и в виде пара поступает непосредственно к продукту копчения, который нанизан на шампуры и размещен на каркасе в пазах для фиксации шампуров, коптильная камера также снабжена крышкой со средствами ее фиксации и встроенным терморегулятором, предназначенным для контроля температуры, в крышке установлен съемный теплоотражающий экран, образующий термостат, который дополнительно создает условия для более быстрого и равномерного приготовления сочного продукта. Способ копчения мясных изделий с внешней подачей коптильных ароматизаторов и установки для его осуществления позволяют: повысить качество и интенсификацию процесса приготовления пищевых продуктов; увеличить длительность хранения готовой продукции; обеспечить равномерное распределение коптильных веществ по всей толщине продукта; повысить скорость осаждения коптильных ароматизаторов; совместить процесс кулинарной обработки и процесс копчения.



## Способ копчения перепелных яиц в электростатическом поле и установка непрерывного действия для его осуществления

Изобретение относится к пищевой промышленности. Способ копчения перепелиных яиц в электростатическом поле предусматривает мойку яиц, их термическую обработку, очистку от скорлупы, выдерживание в растворе пищевой поваренной соли, копчение. Яйца после выдерживания в 5...7%-ном растворе пищевой поваренной соли в течение 2...3 часов при температуре 15...20°C коптят 20...30 минут при температуре 20...25°C в электростатическом поле. Упаковку яиц производят в герметичную вакуумную упаковку и перед отправкой на реализацию выдерживают при температуре 5...10°C в течение 8...10 часов.

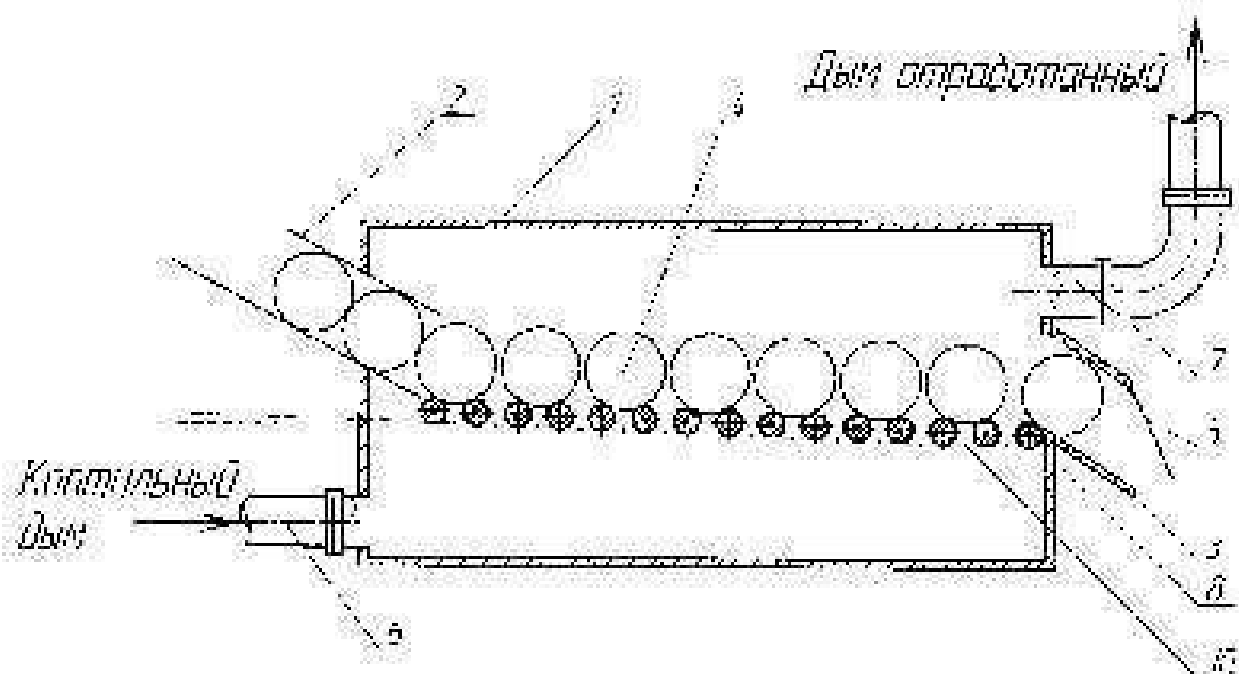


Рисунок 1.7 – Способ копчения перепелиных яиц в электростатическом поле и установка непрерывного действия для его осуществления

Установка непрерывного действия для копчения перепелиных яиц в электростатическом поле содержит коптильную камеру с двойными стенками, входным и выходным элементами для яиц, патрубками подачи и отвода коптильного дыма, коронирующие электроды, наклонный роликовый транспортер с разделительными перегородками для яиц. Роликовый транспортер выполнен с валками, имеющими рифленую поверхность. Разделительные перегородки для яиц выполнены из материала с малым коэффициентом трения и расположены перпендикулярно валкам. Коронирующие электроды расположены между валками и выполнены в виде отрезков металлической проволоки диаметром до 0,5 мм, укрепленных на изоляторах, заключенных в защитные цилиндрические корпуса с избыточным давлением воздуха. Последний поступает в них через отверстие из полости между внешней и внутренней стенками камеры. Выходной элемент для яиц снабжен поворотной заслонкой, препятствующей выходу коптильного дыма из камеры. Это обеспечивает улучшение качества и внешнего вида готовой продукции, позволяет интенсифицировать процесс копчения яиц, повысить производительность оборудования, снизить энергозатраты.

## **2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

### **2.1 Расчет параметров водокольцевого насоса.**

Конструктивно ЖКМ просты. Их устройство, классификации по основным характерным признакам, достоинства и недостатки изложены в широчайшей литературе. Однако механизм работы у них сложнее, чем у других объемных вакуумных насосов и компрессоров. Эта сложность заключается в наличии жидкости, которая является промежуточным звеном при передаче энергии от вращающегося ротора к сжимаемому газу. Ротор машины в области всасывания разгоняет рабочую жидкость, которая в области сжатия и нагнетания передает энергию сжимаемому газу. Таким образом жидкость не только находится в рабочей полости и складывает сжимаемый газ, а непосредственно влияет на рабочий процесс в машине. В пространстве между ротором и корпусом жидкость движется по законам гидродинамики, которые связывают между собой скорость жидкости с давлением по уравнению Бернулли и, исходя из этого определяет форму жидкостного кольца. Все попытки найти форму жидкостного кольца (т.е. в конечном счете, скорость жидкости) из каких-то геометрических предпосылок или предположения постоянства окружной или угловой скорости заранее обречены на не удачу.

### **2.2 Особенности расчета водокольцевого насоса для перемещения дыма.**

Основным топливом для получения дыма для копчения является древесина. 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 -  $V_g=85\%$ ;
- количество углерода -  $C=51\%$ ;
- количество водорода -  $H=6,1\%$ ;
- количество серы -  $S=0\%$ ;
- количество азота -  $N=0,6\%$ ;
- количество кислорода -  $O=42,3\%$ ;
- сухое топливо -  $A=1\%$ ;
- влажность -  $W_p=35\%$

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

Сперва, производим расчет низшей теплотворности

Определение количества в сухом топливе в общей массы балласта:

$$A_p = A_c \frac{100 - W_p}{100}$$

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

Аналогично определяется количество других компонентов топлива в сухом топливе:

$$C_p = C_c \frac{100 - W_p - A_p}{100}$$

$$C_p = 51 \cdot \frac{100 - 45 - 0,55}{100} = 27,77\%$$

$$H_p = H_r \cdot \frac{100 - W_p - A_p}{100}$$

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

$$N_p = N_r \cdot \frac{100 - W_p - A_p}{100}$$

$$N_p = 0,6 \cdot \frac{100 - 45 - 0,55}{100} = 0,327\%$$

$$O_p = O_r \cdot \frac{100 - W_p - A_p}{100}$$

$$O_p = 42,3 \cdot \frac{100 - 45 - 0,55}{100} = 23,157\%$$

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:

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

Подставляя значения получим:

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

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

Необходимое количество воздуха для полного горения определяется формулой:

$$V_0 = 0,0389 \cdot (C_p + \frac{m_c}{m_s} \cdot S_p) + 0,265 \cdot H_p - 0,0333 \cdot O_p$$

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

Подставляя имеющиеся данные получится

$$V_0 = 0,0389 \cdot (27,77 + \frac{m_c}{m_s} \cdot 0) + 0,265 \cdot 3,321 - 0,0333 \cdot 23,157 = 2,5777 \text{ м}^3/\text{кг}$$

Количество составляющих дыма определяется по следующей методике:

$$V_{х.д} = 0,0187 \cdot (\frac{m_c}{m_s} \cdot 0) = 0,0187 \cdot (27,77 + \frac{m_c}{m_s} \cdot 0) = 0,519 \text{ м}^3/\text{кг}$$

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

Минимальный объем сухих газов:

$$V_{c\text{ мин}} = V_{H_2} + V_{H_2O} = 2.037 + 0.519 = 2.556 \text{ м}^3/\text{кг}$$

Объем водяных паров определяется по формуле:

$$V_{H_2O\text{ пар}} = 0.0111 H_p + 0.0124 W_p + 0.016 V_g = 0.11 \cdot 3321 + 45 + 0.016 \cdot 2,578 = 0,3685 + 0,558 + 0,041 = 0,9675 \text{ м}^3/\text{кг}$$

Полный объем продуктов сгорания равен:

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

При горении 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. Меньшую 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.

И так основные требования к вакуумному насосу, предназначенному для перекачки дыма следующие:

- производительность насоса –  $0,25-0,3 \text{ м}^3$ ;
- снижение производительности при помощи регулирующих устройств не менее 5 раз;
- нагнетание газа должно преодолеть противодействие в пределах  $0,3-0,05$  атмосфер;
- плотность рабочей жидкости в пределах  $1,0-1,1$ ;

### 3. КОНСТРУКТИВНАЯ ЧАСТЬ

#### 3.1 Выбор и обоснование конструктивных решений

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

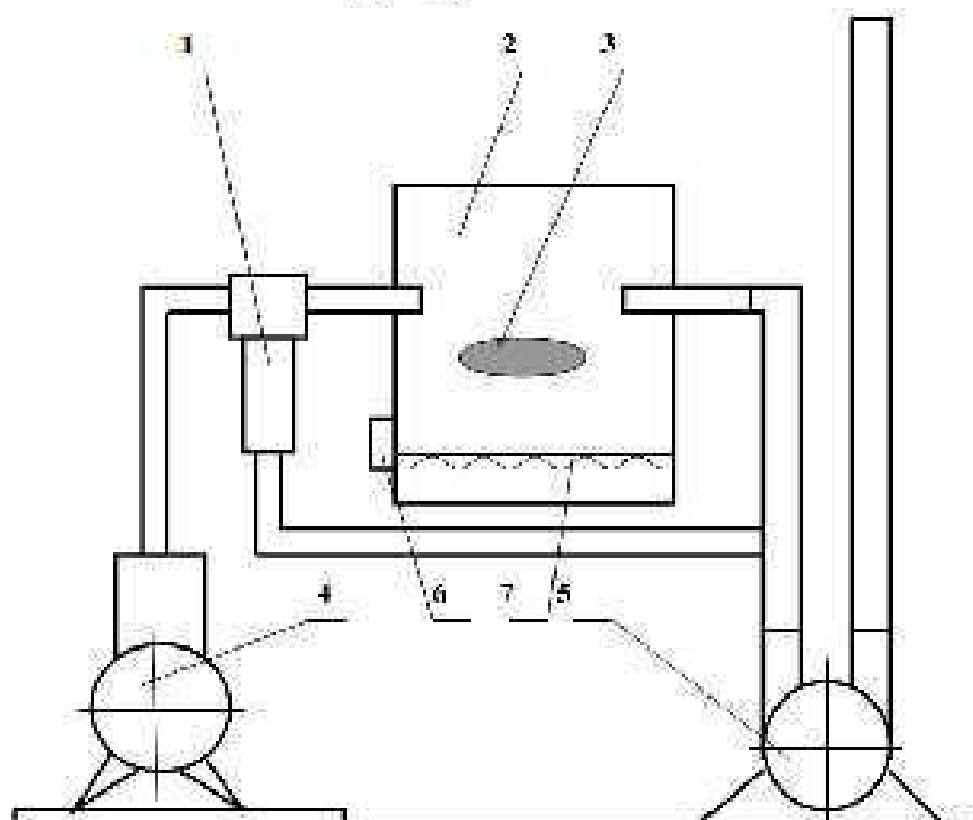
В сочетании с влиянием обезвоживания сушки и действие содержащейся в мясе поваренной соли копчения обеспечивает достаточную устойчивость мясных изделий к действию микроорганизмов.

|               |                |            |         |       |                                              |  |  |
|---------------|----------------|------------|---------|-------|----------------------------------------------|--|--|
|               |                |            |         |       | ВКР.35.03.06.1 37.20.КУ.00.00.ПЗ             |  |  |
| Имя           | Фамилия        | И.о.ф.и.м. | Подпись | Дата  |                                              |  |  |
| Разработчик   | Хасанович Н.И. |            |         | 06.20 | Копильная установка                          |  |  |
| Проверил      | Хасанович Р.Б. |            |         | 06.20 |                                              |  |  |
| И.о. зам. пр. | Хасанович Р.Б. |            |         | 06.20 | Казанский ГАУ<br>Кафедра МОА<br>Эмв.Б.261-04 |  |  |
| Уд.о.д.ф.     | Хасанович Д.И. |            |         | 06.20 |                                              |  |  |



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 копильным дымом проникновение копильных 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  $35-50^{\circ}\text{C}$ ) и при затекании (температура  $70-120^{\circ}\text{C}$ ) происходит сваривание коллагена и частичное денатурация белков, а при холодном копчении (температура  $18-20^{\circ}\text{C}$ ) в продукте развиваются ферментативные процессы, которые так же существенным образом влияют на свойства продукта.

#### Установка копчения под вакуумом.



1-Вакуумо-регулятор; 2-копильная камера; 3-продукт; 4-котель;  
5-вакуумный насос; 6-температурный датчик; 7-обогреватель.

Рисунок 3.1 - Копильная установка под вакуумом.

## Принцип работы устройства

Коптильная установка работает следующим образом. Продукт, который предоставляется копчению после выдержки на солевом растворе и предварительной обработки разными приправами, вставляют в герметичную коптильную камеру.

Котел, которому сжигается древесина или опилка из яблони, вишни, образует дым поступающий в коптильную камеру. Дым из котла, через вакуум-регулятор и водяной фильтр, отсасывается в коптильную камеру.

Вакуум-регулятор регулирует расход дыма, тем самым дает возможность экономить дым. Отсасываемый патрубок насоса соединен с рабочим узлом вакуум-регулятора.

Водяной фильтр очищает дым от сажи и крупных примесей.

Использованный дым из коптильной камеры отсасывается насосом и удаляется.

Обогреватель, который установлен на дне коптильной камеры, дает возможность сохранить необходимую температуру. Обогреватель регулируется термодатчиком.

Холодное копчение проводится в течение 5 суток. При этом температура должна быть не более  $40^{\circ}\text{C}$ . Полу горячее копчение длится в течение 7 часов, температура от  $50$  до  $75^{\circ}\text{C}$ .

## 3.2 Конструктивный расчет.

### 3.2.1 Проверочный расчет болтового соединения вакуума - регулятора

Материал болта Ст3. Класс прочности 3,6

Предел прочности  $T_b=3\ 30=30\ \text{кг/мм}^2=30\ \text{МПа}$

Предел прочности  $T_m=3\ 6=18\ \text{кг/мм}^2=180\ \text{МПа}$

Допустимое напряжение на расстоянии определяется по формуле:

$$[T_r] = \frac{T_m}{[n]}, \quad (3.1)$$

|      |      |          |         |      |                                 |      |
|------|------|----------|---------|------|---------------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ВКР.35.03.06.137.20.КУ.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                                 | 3    |

где  $[n]$  - требуемый коэффициент запаса прочности

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

$$[T_p] = \frac{180}{4,5} = 40 \text{ МПа}$$

Болт поставлен с зазором, в этом случае должно выполняться условие

$$F_{\text{нр}} > Q \quad (3.2)$$

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

где  $P$  - усилие затяжки, МПа;

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

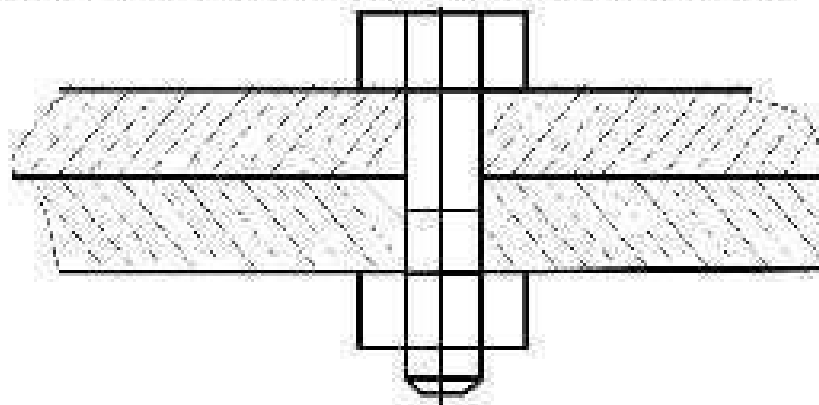


Рисунок 3.2 – Схема болтового соединения

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

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

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

где  $i$  - число болтов

$$P = \frac{1,7 \cdot 400}{(0,1 \cdot 2)} = 3400 \text{ МПа}$$

$$T_p < [T]_p < \frac{4P}{d}$$

Отсюда

$$d_1 > 4P \cdot \frac{13}{(\pi \cdot [T_p])}$$

$$d_1 = \frac{4 \cdot 3400 \cdot 13}{(3,14 \cdot 40)} = 9,9 \text{ мм}$$

Диаметр стержня болта принимаем  $d_1=10$  мм

Проверка на прочность определяется по формуле:

$$T_r < [T_r] \cdot \frac{4P}{(\pi \cdot d_1^3)} \quad (3.6)$$

$$T_r < \frac{4 \cdot 2400}{(3,14 \cdot 10^3)} = 30,5 \text{ МПа}$$

$$30,5 < 40$$

проверка на смятие определяется по формуле

$$T_{см} < [T_{см}] \quad (3.7)$$

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

где  $F_{оп}$  - площадь опорной поверхности стыка, без учета отверстий, мм

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

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

$$0,6 < 14,4$$

Условие выполняется

**3.2.2 Поверхность нагрева определяют из теплового баланса и рассчитывают по уравнению:**

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

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

$\lambda$  - потеря массы продукта в процессе копчения при нагреве, %

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

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.

|      |      |           |         |      |                                 |
|------|------|-----------|---------|------|---------------------------------|
|      |      |           |         |      | Лист                            |
|      |      |           |         |      | 5                               |
| Изм. | Лист | На докум. | Подпись | Дата | ВКР.35.03.06.137.20.КУ.00.00.ПЗ |

$$F=0,5 \text{ м}^2$$

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

$$Q_1 + G \cdot c \cdot t_1 = G \cdot t_2 + Q_2 \quad (3.11)$$

где  $Q_1$  - 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);

$t_1, t_2$  - начальная и конечная температура перерабатываемого продукта, С;

$Q_2$  - потеря теплоты в окружающую среду, кДж/ч.

Из уравнения (3.11) следует:

$$Q_1 = G \cdot c \cdot (t_2 - t_1) + Q_2 \quad (3.12)$$

Мощность нагревательных элементов (кВт)

$$N = \frac{Q_1}{3600} \quad (3.13)$$

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

### 3.2.3 Пример расчета параметров водокольцевого насоса для перемещения дыма

Дано: Производительность  $Q=0,25 \text{ м}^3/\text{мин}$ ,

Рабочий вакуум 50 % (0,05 мПа),

Противодавление 0,05 мПа.

1. По графику предварительно выбирается окружная скорость ротора, так как расчетная степень сжатия равна 4, то

$$U_{on1}=12 \text{ м/с}$$

2. На основании статических данных, приведенных, выбираем коэффициент расхода  $L=0,5$  (возможный диапазон изменения  $L=0,45 \dots 0,52$ ).

3. Отношение ширины ротора к диаметру выбираем равным 0,3.

4. Диаметр ротора определяется по уравнению:

|      |      |          |         |      |                                  |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ВКР.35.03.06.1 37.20.КУ.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                                  | 6    |

$$d_1 = \sqrt{\frac{Q_{\text{г}}}{15 \cdot \left(\frac{B}{d_1}\right) \cdot U \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{0,25}{15 \cdot 0,3 \cdot 12 \cdot 0,5}} = 0,097$$

Принимаем равным  $d=0,1$

5. Число оборотов ротора определяется по формуле:

$$n = 60 \cdot \frac{U}{\pi \cdot d_1} = \frac{60 \cdot 12}{3,14 \cdot 0,1} = 2293 \text{ об/мин}$$

Насосу предусмотрен непосредственный привод от электродвигателя, то принимается число оборотов  $n=2960 \text{ об/мин}$ .

В этом случае определяется истинное значение окружной скорости:

$$U = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,1 \cdot 2960}{60} = 15,5 \text{ м/с}$$

6. Ширина ротора составляет:

$$B = d_1 \cdot 0,1 = 0,03 \text{ м}$$

7. Диаметр втулки ротора принимается

$$d_{\text{вк}} = 0,038 \text{ м}$$

8. Число лопаток принимается  $Z=12$

9. Толщина лопаток принимается из технологических соображений

$$b=0,003 \text{ м}$$

Лопатки изогнуты  $R=0,021 \text{ м}$  и направлены вперед.

10. Входной угол лопаток равен  $30^\circ$ .

11. Угол наклона образующей втулки ротора выбран  $12^\circ$ .

12. Объем газа в ячейках производится по общеизвестным геометрическим формулам исходя из формы ротора. Не приводя объемные расчеты покажем только конечное значение:

$$V_{\text{г}} = 14,04 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

13. Величина основания жидкостного кольца от втулки ротора задается в диапазоне  $Sr2=0,02 \dots 0,05$  (большие значения для роторов малого диаметра, меньшее для роторов среднего и большого диаметров)  $Sr2$  принимаем 14.

Относительная глубина погружения лопаток в жидкость задается в диапазоне 0,02...0,05

принимаем 0,04

15. Минимальное расстояние между ротором и корпусом задается в диапазоне  $D\delta h/2=0,15...0,03$

принимаем  $D\delta h/2=0,02$ .

16. Средняя скорость жидкости в пространстве между ротором корпуса принимается на основе экспериментов. Ранее принято  $U=12$  м/с, окончательно  $U_{ист}=15,5$  м/с.

17. Эксцентриситет определяется по уравнению

$$e = \frac{Z \cdot n}{60} \cdot \frac{V_d - V_{min}}{2 \cdot B \cdot W_1} + \frac{D_0}{2} \cdot \left(1 - \frac{W_1}{W_2}\right) = 6,5 \cdot 10^{-3} \text{ м},$$

18. Теоретическая производительность машины определяется по формуле

$$Q_{th} = \frac{Z \cdot n \cdot (P_1 - P_{min}) \cdot 100}{(100 - B)} = 12 \cdot 2960 \cdot [4,4 \cdot 10^{-3} - 7 \cdot 10^{-3}] = 0,505 \text{ м}^3/\text{мин},$$

19. Диаметр корпуса находим по уравнению

$$D_1 = d_1 + 2(e + D_0) = 100 + 2(6,5 + 0,15) = 113,5 \text{ мм}$$

20. Потребное количество подводимой рабочей жидкости определяется определенная мощность двигателя равна 0,55 кВт, то необходимо 0,55 л/мин воды. Принимаем количество подводимой жидкости 1 л/мин.

Исходя из этих данных выбираем насос ВВН-0,3 с данными:

$n=1420$  об/мин;

$N=1,0$  кВт;

Режим работы - длительный

Подбираемый электродвигатель должен быть  $U=380/220$ , асинхронный.

Выбираем электродвигатель

с мощностью  $N=0,75\text{ кВт}$ ,

марка А471В4УЗ

число оборотов  $n=1500\text{ об/мин}$ .

### 3.3 Требования безопасности труда к конструкции

1. Все работы связанные с ремонтом и технического обслуживания надо проводить по инструкции и в освещенном помещении.
2. Электродвигатель и обогреватель работают под напряжением, поэтому надо соблюдать все меры предосторожности.
3. Помещение должно быть освещено.
4. Все вращающиеся элементы должны быть закрыты защитным кожухом.
5. Котел должен располагаться вдали отгорающих элементов.
6. В помещение должно иметься вентилятор (для вытяжки вредных газов), всегда должен быть в рабочем состоянии.

#### 3.3.1 Охрана окружающей среды

Важным вопросом совершенствования коптильного производства является борьба с загрязнением окружающей среды выбросами коптильных камер. Решить эту проблему можно следующими путями: совершенствование техники и рациональное использование самого коптильного дыма в процессе копчения, применение специальных устройств для очистки и улавливания дымовых выбросов, коренное изменение технологии копчения.

Рациональное использовать коптильный дым и не загрязнять дымовыми выбросами окружающую среду можно с помощью так называемой «замкнутой системы коптильной установки». дым генерирует обычным способом и подают в коптильную камеру. После контакта с продуктом дым направляют в скруббер, где он грубых дисперсных частиц и



случайных механических примесей, после чего очищенный дым рециркулируется частично в дымогенератор, частично в копильную камеру. В результате дымовые выбросы не загрязняют окружающую атмосферу. В настоящее время для очистки дымовых и газовых выбросов промышленных предприятий применяют способы абсорбции, адсорбции, высокотемпературного и каталитического сжигания, жидкостного окисления, электростатического осаждения и комбинированные методы.

### 3.3.2 Действие копченого продукта на организм человека.

Санитарно-гигиенические проблемы совершенствования копильного производства имеют два аспекта: обеспечение максимального благополучия готовой продукции - снижение содержания канцерогенных и проканцерогенных веществ, попадающих в продукт из дыма, до минимума или полная ликвидация таковой возможности, борьба с загрязнением окружающей среды дымовыми выбросами копильных камер. В отдельных случаях предпринимаются попытки комплексного решения обоих аспектов. Наиболее характерным представителем полициклических ароматических углеводород (ПАУ) является 3,4-бензопирен (это соединение называют «индикатором консергенности» копченого продукта). Для снижения его содержания в готовой продукции следует уменьшить или свести до минимума наличие ПАУ в технологическом дыме. Предлагается много способов для решения этой задачи: это предварительная осадка определенной части дисперсной фазы дыма в электростатическом осадителе; предварительное пропускание технологического дыма через циклон с такой скоростью, при которой отделяются наиболее крупные частицы капельно-жидкой фазы, содержащие большую часть канцерогенных соединений. В определенной степени очистка дыма от канцерогенных соединений (а также части балластных и смолистых веществ) достигается совершенствованием способов фильтрации дыма в устройствах, входящих в конструкцию дымогенераторов («водяная завеса», кольца Раунга и др.)

### 3.4 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.

### 3.5 Экономическое обоснование конструкции

Целью технико-экономического обоснования конструкции является установление экономической эффективности конструируемой копильной

установки под вакуумом (с индексом 1) по сравнению с существующей  
вентиляторным (с индексом 0).

### 3.5.1 Расчет массы и стоимости конструкции

Масса конструкции определяется:

$$C = (C_1 + C_2) \cdot r, \quad (3.13)$$

где  $C$  - масса конструкции, кг;

$C_1$  - масса сконструированных деталей, кг;

$C_2$  - масса готовых деталей, кг;

$r$  - коэффициент учитывающий массу израсходованных на  
изготовление конструкции материалов.

Масса спроектированных деталей и узлов, агрегатов сводим в таблицу 3.1

Таблица 3.1- Расчет массы спроектированных деталей

| Наименование изделия | Масса детали, кг | Количество, шт |
|----------------------|------------------|----------------|
| Вакумо-регулятор     | 2,9              | 1              |

Масса спроектируемой детали:  $C_{\text{вак}} = 2,9$ ,

$C_{\text{кп}} -$  масса коптильной камеры, кг;

$C_{\text{н}} -$  масса насоса, кг;

$C_{\text{ф}} -$  масса фильтра для дыма, кг;

$C_{\text{к}} = 300$  кг;

$C_{\text{н}} = 15$  кг;

$C_{\text{ф}} = 12$  кг; Подставляем значения и находим общую массу конструкции.

$r = 1,05$ ;

$C_1 = (2,9 + 300 + 15 + 12) \cdot 1,05 = 371$  кг.

Балансовая стоимость новой конструкции по сопоставимости массы  
определяется

|      |      |          |            |      |                                  |      |
|------|------|----------|------------|------|----------------------------------|------|
|      |      |          |            |      | ВКР.35.03.06.1 37.20.КУ.00.00.ПЗ | Лист |
| И.Э. | Лист | № докум. | Год и мес. | Дата |                                  | 12   |

$$C_{\text{н}} = \frac{C_{\text{ст}} \cdot C_1 \cdot \delta}{C_2}, \quad (3.14)$$

где  $C_{\text{ст}}, C_{\text{н}}$  - балансовая стоимость старой и новой конструкции, руб;

$C_{\text{ст}}, C_1$  - масса старой и новой конструкции, кг;

$\delta$  - коэффициент удешевления конструкции

Принимая во внимание, что  $C_{\text{ст}}=125$  т/руб;  $C_1=871$ кг;  $\delta=0,9 \dots 0,95$ ;  $C_2=800$ кг.

$$C_{\text{н}} = \frac{125000 \cdot 871 \cdot 0,95}{800} = 129289 \text{ руб}$$

Таблица 3.2.- Исходные данные для расчета технико-экономических показателей

|  | Наименование                             | Базовый | Конструктивный |
|--|------------------------------------------|---------|----------------|
|  | Масса, кг                                | 800     | 871            |
|  | Балансовая стоимость, тыс. руб.          | 125     | 129,3          |
|  | Требуемая мощность, кВт                  | 1,5     | 1              |
|  | Количество обслуживающего персонала, чел | 1       | 1              |
|  | Разряд рабочих                           | IV      | IV             |
|  | Тарифная ставка, руб/чел.-ч.             | 13      | 13             |
|  | Норма амортизации, %                     | 10      | 10             |
|  | Норма затрат на ремонт и ТО, %           | 5       | 5              |
|  | Годовая загрузка конструкции, кг         | 9000    | 10200          |

### 3.5.2 Расчет технико-экономических показателей и их сравнение.

Производительность машин берется из конструктивных расчетов.

$$W_{\text{ст}}=1;$$

$$W_1=1,25;$$

Энергоемкость процесса определяется:

|      |      |          |         |      |                                  |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------------|------|
|      |      |          |         |      |                                  | Лист |
|      |      |          |         |      |                                  |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | ВКР.35.03.06.1.37.20.КУ.00.00.ПЗ | 13   |

$$\Xi_e = \frac{N_e}{W}, \quad (3.15)$$

где  $N_e$  - потребляемая мощность, кВт,

$W$  - часовая производительность, кг/ч.

Принимая во внимание, что  $N_{e0}=1,5$ ,  $W_0=1$ , находим

$$\Xi_{e0} = \frac{1,5}{1} = 1,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{кг},$$

Принимая во внимание, что  $N_{e1}=1$ ,  $W_1=1,25$ , находим

$$\Xi_{e1} = \frac{1}{1,25} = 0,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{кг},$$

Металлоемкость процесса определяется

$$M = \frac{C}{W \cdot T_{\text{шт}} \cdot T_c}, \quad (3.16)$$

где  $C$  - масса конструкции, кг,

$T_{\text{шт}}$  - годовая загрузка машины, ч,

$T_c$  - срок службы машины, лет,

Принимаем во внимание, что  $C_1=871$  кг,  $C_0=300$  кг,  $W_1=1,25$ ,  $W_0=1$ ,  $T_{\text{шт}1}=10200$ ,  $T_{\text{шт}0}=9000$ ,  $T_{c1}=10$ , находим

$$M_1 = \frac{871}{1,25 \cdot 10200 \cdot 10} = 0,007 \text{ кг/кг},$$

$$M_0 = \frac{300}{1 \cdot 9000 \cdot 10} = 0,009 \text{ кг/кг},$$

Фондовая стоимость процесса определяется

$$F = \frac{C_0}{W \cdot T_{\text{шт}}}, \quad (3.17)$$

где  $C_0$  - балансовая стоимость конструкции, т/руб.

Принимая во внимание, что  $C_{00}=125000$  руб.,

$C_{01}=129289$  руб.,

находим:

$$F_0 = \frac{125000}{1 \cdot 9000} = 13,89 \text{ руб} / \text{кг},$$

$$F_1 = \frac{129289}{1,25 \cdot 10200} = 10,14 \text{ руб/кг.}$$

Себестоимость работы выполненной с помощью проектированной конструкции и в исходном варианте определяется

$$S = C_m + C_e + C_{\text{рем}} + A, \text{ руб/кг.} \quad (3.18)$$

где  $C_m$  - затраты на оплату труда, руб/кг;

$C_e$  - затраты на ремонт электроэнергию, руб/кг;

$C_{\text{рем}}$  - затраты на ремонт и техническое обслуживание конструкции, руб;

$A$  - амортизационные отчисления на конструкцию, руб/кг.

$$C_m = z \cdot T_e, \quad (3.19)$$

где  $z$  - тарифная ставка, руб/ч;

$T_e$  - трудовое время, чел/кг.

$$T_e = \frac{np}{W_e} \quad (3.20)$$

где  $np$  - количество обслуживающего персонала,

$$T_e = \frac{1}{1} = 1 \text{ чел ч / кг;}$$

$$T_{\text{эл}} = \frac{1}{1,25} = 0,8 \text{ чел ч / кг;}$$

$$C_{\text{рем}} = 13 \cdot 1 = 13 \text{ руб / кг;}$$

$$C_{\text{эл}} = 13 \cdot 0,8 = 10,4 \text{ руб/кг;}$$

$$C_m = C_e \cdot E, \quad (3.21)$$

где  $C_e$  - цена электроэнергии, руб/кВт ч,

$E$  - потребляемая мощность, кВт ч

|      |      |           |         |      |                                   |      |
|------|------|-----------|---------|------|-----------------------------------|------|
|      |      |           |         |      | В КР.35.03.06.1 37.20.КУ.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | На докум. | Подпись | Дата |                                   | 15   |

Принимая во внимание, что  $C_c=2,40 \text{ руб/кВт} \cdot \text{ч}$ ;  $C_{ce}=1,5 \text{ руб/кВт}$ ;  $C_{cl}=1 \text{ руб/кВт}$

$$C_{ce} = 2,4 \cdot 1,5 = 3,6 \text{ руб/кВт},$$

$$C_{cl} = 2,4 \cdot 1 = 2,4 \text{ руб/кВт}$$

Затраты на РТО конструкции определяются:

$$C_{pm} = \frac{C_B \cdot H_{pm}}{100 \cdot W_n \cdot T_{ind}} \quad (3.22)$$

где  $H_{pm}$  - суммарная норма затрат на РТО, %

$$C_{pm6} = \frac{125000 \cdot 5}{100 \cdot 1 \cdot 9000} = 0,69 \text{ руб},$$

$$C_{pm2} = \frac{129289 \cdot 5}{100 \cdot 1,25 \cdot 10200} = 0,51 \text{ руб}$$

Амортизационные отчисления определяются

$$A = \frac{C_B \cdot a}{100 \cdot W_n \cdot T_{ind}}, \quad (3.23)$$

где  $a$  - норма амортизации, %

Принимая во внимание, что  $a_{0,1} = 10\%$  находим:

$$A = \frac{125000 \cdot 10}{100 \cdot 1 \cdot 9000} = 1,39 \text{ руб/кг},$$

$$A_1 = \frac{129289 \cdot 10}{100 \cdot 1,25 \cdot 10200} = 1,01 \text{ руб/кг};$$

Полученные значения подставляем на формулу

$$S_0 = 13 + 3,6 + 0,69 + 1,39 = 18,68 \text{ руб/кг},$$

$$S_1 = 10,4 + 2,4 + 0,51 + 1,01 = 14,32 \text{ руб/кг}$$

Приведенные затраты на работу конструкции определяются

$$C_{np} = S + E_n \cdot K_{np} = S + E_n \cdot F_n, \quad (3.24)$$

|      |      |          |         |      |                                  |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ВКР.3.5.03.06.137.20.КУ.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                                  | 16   |

где  $E_n$  - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений,

$K_{ин}$  - удельные капитальные вложения или фондоемкость.

Принимая во внимание, что  $E_n=0,15$  находим

$$C_{н6} = 18,68 + 0,15 \cdot 13,89 = 20,76 \text{ руб/кг};$$

$$C_{н1} = 14,32 + 0,15 \cdot 12,68 = 16,22 \text{ руб/кг}$$

Годовая экономия определяется

$$\mathcal{E}_{год} = (S_0 - S_1) \cdot W_n \cdot T_{год}, \quad (3.25)$$

где  $T_{год}$  - годовая нормативная нагрузка, кг.

Принимая во внимание, что  $T_{год}=10200$ кг, находим

$$\mathcal{E}_{год} = (20,76 - 16,22) \cdot 1,25 \cdot 10200 = 57885 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект определяется

$$E_{год} = \mathcal{E}_{год} - E_n \cdot \kappa, \quad (3.26)$$

Принимая во внимание, что  $E_n=0,15$ ,  $\kappa = C_1 - C_0$ ,

$$E_{год} = 57885 - 0,15(129289 - 125000) = 57242 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости капитальных вложений определяется

$$T_{ок} = \frac{C_{н1}}{\mathcal{E}_{год}}, \text{ год} \quad (3.27)$$

$$T_{ок} = \frac{129289}{57242} = 2,26 \text{ лет}$$

Коэффициент эффективности капитальных вложений определяется:

$$E_{эф} = \frac{\mathcal{E}_{год}}{C_{н1}} = \frac{1}{T_{ок}}, \quad (3.28)$$

$$E_{эф} = \frac{1}{2,26} = 0,44$$



Таблица 3.3. - Сравнительные технико-экономические показатели эффективности конструкции.

| № | Наименование показателей                     | Ед. изм.  | Базовый | Проектируемый |
|---|----------------------------------------------|-----------|---------|---------------|
| 1 | Часовая производительность                   | кг/ч      | 1       | 1,25          |
| 2 | Фондоемкость процесса                        | руб/кг    | 13,89   | 12,68         |
| 3 | Энергоемкость процесса                       | кВт/ч     | 1,5     | 0,8           |
| 4 | Металлоемкость процесса                      | кг/кг     | 0,009   | 0,007         |
| 5 | Трудоемкость процесса                        | чел.-ч/кг | 1       | 0,8           |
| 6 | Уровень производственных затрат(приведенных) | руб/кг    | 20,76   | 16,22         |
| 7 | Годовая экономия                             | руб       | X       | 57242         |
| 8 | Срок окупаемости                             | лет       | 2,8     | 2,26          |

По технико-экономическим показателям приведенным в таблице 3.3 можно сделать вывод, что проектируемая конструкция экономически эффективно, так как срок окупаемости составляет 2,26 лет, а у базовой конструкции 2,8лет.

### 3.6 Экономическое обоснование выпускной квалификационной работы.

Часовая производительность машин и количество обслуживающего персонала устанавливается на основе норм выработки для машин.

Число часов работы машин в течение года определяется

$$T_M = \frac{\sum_{год} год}{W_ч}, \quad (3.29)$$

где  $\sum_{год}$  – годовой объем работ, кг;

$W_ч$  – годовая производительность машины, кг/ч;

$$\sum_{год} = 10200, \quad W_ч = 1,25,$$

$$T_M = \frac{10200}{1,25} = 8160 \text{ ч.}$$

Годовая производительность одной машины определяется по формуле:

$$W_{год} = W_н \cdot T_{нн} \cdot D_p, \quad (3.30)$$

где  $T_{нн}$  – нормативная производительность машины в течение суток на распоряжку дня, ч;

$D_p$  – количество дней работы машины в течение года, дни.

Принимая во внимание, что  $T_{нн} = 24$ ,  $D_p = 340$ ,

$$W_{год} = 1,25 \cdot 24 \cdot 340 = 10200 \text{ кг.}$$

Потребное количество машин определяется по формуле:

$$M_M = \frac{\sum_{год} год}{W_{год}}, \quad (3.31)$$

$$M_M = \frac{10200}{10200} = 1,$$

Балансовая стоимость машины определяется по формуле:

$$C_n = C_{нн} \cdot M_M \cdot K_{ннн}, \quad (3.32)$$

где  $C_{нн}$  – оптовая цена машины, руб/ед;

$K_{ннн}$  – коэффициент дополнительных расходов, включающих торговую наценку и затраты на ввод машины эксплуатацию [ $K_{ннн} = 1,15$ ]

$$C_{\text{нб}} = 125000 \cdot 1,15 = 143750 \text{ руб}$$

$$C_{\text{нб}} = 129289 \cdot 1,15 = 148682 \text{ руб}$$

Разряд работы устанавливается на основе нормативов тарификации работ, а затраты труда определяется по формуле:

$$T = M_{\text{обс}} \cdot T_{\text{м}}; \quad (3.23)$$

где  $M_{\text{обс}}$  - количество обслуживающего персонала, чел;

$T_{\text{м}}$  - число часов работы машины за год, ч.

Принимая во внимание, что  $M_{\text{обс}} = 1$ ,  $T_{\text{м}} = 8160$  ч.

$$T = 1 \cdot 8160 = 8160 \text{ ч}$$

Затраты на оплату труда определяется по формуле:

$$C_{\text{от}} = \frac{Z \cdot T}{T_{\text{см}}}; \quad (3.24)$$

где  $Z$  - часовая тарифная ставка, соответствующая категории работника и разряду работника руб/час (из  $Z = 13 \text{ руб/час}$ ),

$T_{\text{см}}$  - средняя продолжительность рабочего дня с учетом его сокращения, ч

$$C_{\text{от}} = 13 \cdot 8160 = 106080 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию и себестоимость определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_\text{н} = N_\text{у} \cdot T_\text{м}, \quad (3.24)$$

где  $N_\text{у}$  - мощность установки, кВт;

$T_\text{м}$  - число часов работы машины, ч.

$$N_\text{у} = 1 \text{ кВт}, T_\text{м} = 8160 \text{ ч}$$

$$\mathcal{E}_\text{н} = 1 \cdot 8160 = 8160 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Стоимость электроэнергии определяется по формуле:

$$C_\text{э} = C_\text{э} \cdot \mathcal{E}_\text{н}, \quad (3.25)$$

|      |      |           |         |      |                                 |      |
|------|------|-----------|---------|------|---------------------------------|------|
|      |      |           |         |      | ВКР 35.03.06.137.20.КУ.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | На докум. | Подпись | Дата |                                 | 20   |

где  $C_e$  - отпускная цена электроэнергии, руб/кВтч  $C_e=2,40$ руб/кВтч

$$C_{\text{эл}} = 8160 \cdot 2,40 = 19584 \text{ руб} / \text{Вт} \cdot \text{ч}$$

Амортизационные отчисления и затраты на РТО определяется

$$A = \frac{C_{\text{эл}} \cdot a}{100}, \quad (3.26)$$

где  $a$  - норма амортизационных отчислений, %  $a=10\%$

$$A = \frac{148682 \cdot 10}{100} = 14868 \text{ руб}$$

$$C_{\text{рем}} = \frac{C_{\text{эл}} \cdot H_{\text{рем}}}{100}, \quad (3.27)$$

где  $H_{\text{рем}}$  - норма затрат на ремонт в процентах от балансовой стоимости оборудования.  $H_{\text{рем}}=5\%$

$$C_{\text{рем}} = \frac{148682 \cdot 5}{100} = 7434 \text{ руб}$$

Дополнительные капитальные вложения  $K_{\text{д}}$  определяется как разница между суммарной балансовой стоимостью машин по проекту и по фактическим показателям

$$K_{\text{д}} = C_{\text{пр}} - C_{\text{факт}}, \quad (3.28)$$

$$K_{\text{д}} = 148682 - 143750 = 4932 \text{ руб}$$

Фондовая стоимость производства определяется по формуле:

$$F_{\text{с}} = \frac{C_{\text{ф}}}{\text{ВП}}, \quad (3.29)$$

где ВП - валовая продукция руб

$$\text{ВП}_{\text{пр}} = 10000 \text{ руб}$$

$$\text{ВП}_{\text{ф}} = 9000 \text{ руб}$$

$$F_{\text{с}} = \frac{143750}{9000} = 15,97 \text{ руб} / \text{кг}$$

$$F_e = \frac{148682}{10200} = 14,58 \text{ руб / кг}$$

Энергоемкость производства определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_e = \frac{\mathcal{E}_n + T_n \cdot N_e}{ВП}, \quad (3.30)$$

где  $N_e$  - мощность машин, включенных в технологическую карту, кВт;

$T_n$  - время работы оборудования, ч,

$\mathcal{E}_n$  - суммарные затраты электроэнергии, руб

$$\mathcal{E}_{n1} = 19584 \text{ руб}, \quad T_1 = 8160 \text{ ч},$$

$$\mathcal{E}_{n0} = 19584 \text{ руб}, \quad T_0 = 8160 \text{ ч},$$

$$N_{e1} = 1 \text{ кВт},$$

$$N_{e0} = 1,5 \text{ кВт},$$

$$\mathcal{E}_{e1} = \frac{19584 + 8160 \cdot 1,5}{9000} = 3,54 \text{ кВт ч / кг}$$

$$\mathcal{E}_{e0} = \frac{19584 + 8160 \cdot 1}{10200} = 2,72 \text{ кВт ч / кг}$$

Трудоемкость производства определяется по формуле:

$$T_e = \frac{T}{ВП}, \quad (3.31)$$

где  $T$  - суммарные затраты труда на технологической карте, чел ч

$$T_0 = \frac{16625}{9000} = 1,85 \text{ чел ч / кг}$$

$$T_1 = \frac{16900}{10200} = 1,66 \text{ чел ч / кг}$$

Уровень эксплуатационных затрат определяется по формуле:

$$S = \frac{C_{\text{м}} + C_{\text{с}} + C_{\text{мат}} + A}{ВП}, \quad (3.32)$$

где  $C_{\text{м}}$  - затраты на основную оплату труда, руб;

|      |      |           |         |      |                                 |            |
|------|------|-----------|---------|------|---------------------------------|------------|
|      |      |           |         |      | ВКР.35.03.06.137.20 КУ.00.00.ПЗ | Лист<br>22 |
| Изм. | Лист | На докум. | Подпись | Дата |                                 |            |

$C_{\text{эз}}$  - затраты на электроэнергию, руб,

$C_{\text{рмт}}$  - затраты на РТО, руб.

Все виды затрат устанавливаются по итогов-технологической карте.

$$S_0 = \frac{93600 + 19584 + 7188 + 14375}{9000} = 14,97 \text{ руб / кг}$$

$$S_1 = \frac{106080 + 19584 + 7434 + 14868}{10200} = 14,51 \text{ руб / кг}$$

Уровень приведенных затрат определяется:

$$C_{\text{прмт}} = S + E_n \cdot K_{\text{прмт}} = s + E_n \cdot F, \quad (3.33)$$

где  $E_n$  - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, ( $E_n=0,15$ )

$K_{\text{прмт}}$  - удельные капитальные вложения,

$F$  - фондоемкость, руб/кг

$$C_{\text{прмт}} = 14,97 + 0,15 \cdot 15,97 = 17,37 \text{ руб / кг}$$

$$C_{\text{прмт}} = 14,51 + 0,15 \cdot 14,58 = 16,70 \text{ руб / кг}$$

Годовая экономия определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (S_0 - S_1) \cdot \text{ВП} \quad (3.34)$$

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (14,97 - 14,51) \cdot 10200 = 4692 \text{ руб}$$

Годовой экономический эффект определяется по формуле:

$$E_{\text{год}} = \mathcal{E}_{\text{год}} - E_n \cdot K_{\text{прмт}} \quad (3.35)$$

$$E_{\text{год}} = 4692 - 0,15 \cdot 4932 = 3952 \text{ руб}$$

Срок окупаемости определяется

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{прмт}}}{\mathcal{E}_{\text{год}}}, \text{ лет} \quad (3.36)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{4932}{3952} = 1,2 \text{ лет}$$

|      |      |          |         |      |                                 |      |
|------|------|----------|---------|------|---------------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ВКР.35.03.06.137.20.КУ.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                                 | 23   |

Коэффициент эффективности дополнительных вложений определяется:

$$E_{\text{эф}} = \frac{Э_{\text{нов}}}{K_{\text{н}}} = \frac{1}{То\kappa}, \quad (3.37)$$

$$E_{\text{эф}} = \frac{1}{1,2} = 0,83$$

Результаты расчетов заносятся в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 - Показатели сравнительной экономической эффективности производства копченого мяса

| Наименование показателей                          | Варианты |               |
|---------------------------------------------------|----------|---------------|
|                                                   | базовый  | проектируемый |
| 1. Фондовая стоимость производства, руб/кг        | 15,97    | 14,58         |
| 2. Энергоемкость производства, кВт/кг             | 3,54     | 2,72          |
| 3. Трудоемкость производства, ч/кг                | 1,85     | 1,66          |
| 4. Уровень эксплуатационных затрат, руб/кг        | 14,97    | 14,51         |
| 5. Уровень приведенных затрат, руб/кг             | 3,9      | 3,5           |
| 6. Годовая экономия, руб                          | X        | 4692          |
| 7. Годовой экономический эффект, руб              | X        | 3952          |
| 8. Срок окупаемости, лет                          | X        | 1,2           |
| 9. Коэффициент эффективности капитальных вложений | X        | 0,85          |

Приведенный сравнительный анализ показывает, что способ копчения, а также предложенная технология производства мясopодуkтов по сравнению базовой является экономически эффективной, так как срок окупаемости производства менее чем 1,5 года.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Задачей сегодняшнего дня наряду с получением продукции животноводства, является местное переработка и его хранение.

Перспективным направлением является разработка оборудования модульного типа, когда за основу берется один модуль и число выбирается с размерами производства.

Предлагаемый вид копчения – под вакуумом, при сравнении другими видами имеет некоторые преимущества:

- Процесс копчения происходит под вакуумом, в этом случае мясопродукт коптится быстрее, так как при низком давлении температура кипения воды снижается.
- При сравнении с такой же установкой, но с вентилятором, длительностью копчения пять суток, расход древесины уменьшается в 3 раз.
- Применяемый вакуумный насос при сравнении с эксгаустером, который применяется для копчения мясопродуктов под давлением, по себестоимости ниже и удобен к применению.
- Годовой экономический эффект конструкции составляет 0,9, срок окупаемости 1,1 год.
- Установка универсальна. Позволяет коптить мясопродукт холодным, полуторячим и горячим копчением.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Акурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя, В 3-х томах. Т.1.-5е изд., перераб. и доп.-М.: Машиностроение, 1979-728с., ил.
- 2 Г.Берсан. Машины мясной промышленности: Первая венг.-М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982.-192с.
- 3 Владимиров В.П., Срослава А.А., Шаламова А.А. Технология хранения и переработки с/х продуктов. – М.: Пищевая промышленность, 1973- 224с.
- 4 ГОСТ 12.1.004-76 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
- 5 Гукман А.А. Применение теории подобия к исследованию процессов теплообмена. – М.: Химия, 1971. – 496с.
- 6 Долгин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. – М.: Энергия, 1981. – 408с.
- 7 Инструкция по санитарному содержанию помещений и оборудования производственных предприятий. – М.: Медицина 1976.-68с.
8. Мудров А.Г. М90 Текстовые документы. Учебно-справочное пособие. – Казань: РИЦ «Школа», 2004. – 144с.
- 9 Дипломное проектирование / МГ. Яруллин, Ю.И.Матяшин, А.И.Рудаков, Э.Г.Нуруллин/ - Казань: КГСХА, 2004 – 74с.
- 10.Сюткин А.М. Методические указания по анализу хозяйственной деятельности в дипломных проектах студентов льфакутета механизации сельского хозяйства – Казань – 1995 – 48с.
- 11.Гражданская оборона на объектах АПК. Дмитриев И.М. М. Агропромиздат, 1990-351с.
- 12.Проектирование механических передач. Чернавский С.А. 5-е издание перераб. и доп. – М. Машиностроение, 1984-560 с.
- 13.Методическое указание по оформлению дипломных проектов. Казань, КГСХА, 1999 г.
- 14.Методическое указание по экономическому обоснованию дипломных проектов. Казань, 1995 г.

*СПЕЦИФИКАЦИИ*

# *ПРИЛОЖЕНИЯ*