МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ МЯСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ. МЯСОРУБКИ

РЕКОМЕНДОВАНО К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В УНИВЕРСИТЕТЕ ИТМО

по направлениям подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» и 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» в качестве учебного пособия для реализации основных профессиональных образовательных программ высшего образования бакалавриата



Санкт-Петербург

2018

Пеленко В.В., Демченко В.А., Бобров С.В., Усманов И.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. Мясорубки: Учеб.-метод. пособие. — СПб.: Университет ИТМО; 2018. — 138 с.

Рецензент: доктор технических наук, профессор, М.И Дмитриченко.

Дан обзор и рассмотрены конструкции мясорубок отечественного и зарубежного производства. Приведены основы проектирования и расчета мясорубок.



Университет ИТМО – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 Университет ИТМО участник года программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 в 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового предпринимательского уровня, ПО типу, ориентированного интернационализацию на всех направлений деятельности.

©Университет ИТМО, 2018

© Пеленко В.В., Демченко В.А., Бобров С.В., Усманов И.И., 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

Ведение	4
Глава 1 Общие сведения о мясорубках	14
1.1. Краткие исторические сведения	14
1.2. Назначение, основные параметры и структура мясорубок	17
1.3. Классификация мясорубок	21
1.4. Обзор зарубежных и отечественных мясорубок	22
Глава 2. Работа и особенности устройства мясорубок	39
2.1. Работа мясорубок	39
2.2. Механизм подачи, экструдирования и резания	43
2.3. Корпус для шнека	47
2.4. Шнек мясорубки	50
2.5. Подрезная решетка	54
2.6. Измельчительные решетки	55
2.7. Ножи мясорубок	61
2.8. Устройство для набивки колбас	65
2.9. Привод мясорубок	66
Глава 3. Теоретические основы расчета и проектирования	71
мясорубок	
3.1. Особенности процессов экструдирования	71
и измельчения сырья в мясорубках	
3.2. Зависимость производительности мясорубки от основных	73
параметров. Математическое моделирование процесса	
измельчения	
3.3. Программное обеспечение математической модели	81
3.4. Результаты численного эксперимента	82
3.5 Анализ суммарной длины режущих кромок отверстий решетки,	86
полезной площади решетки и суммарной площади	
цилиндрических стенок отверстий решетки	
3.6. Динамика площадей полезных сечений механизмов	88
экструдирования и резания	
Глава 4. Расчет и проектирование мясорубок	93
4.1 Общие сведения	93
4.2. Расчет и проектирование измельчительных	94
и подрезной решеток	
4.3. Расчет и проектирование ножей	106
4.4. Расчет и проектирование шнека	121
4.5. Расчет и проектирование корпуса для шнека	123
ЛИТЕРАТУРА	126

ВВЕДЕНИЕ

Пищевая промышленность страны определяет продовольственную безопасность И обеспечивает здоровье народонаселения. мясной Производство продукции занимает значительную долю в общем потреблении продовольствия, при этом основным видом оборудования для переработки мясного сырья являются волчки.

Как можно видеть из рисунка 1, отражающего динамику потребления мяса и мясопродуктов в Российской Федерации, исходя из информации электронных источников, в 90-е годы российский рынок мяса и мясной продукции претерпел обвальное сокращение, а в период с 2000 по 2008 годы показал восстановительный рост. С 2010 года отечественный рынок мясной продукции вошел в период устойчивого развития, постепенно приобретая стабильность, характерную для экономик развитых государств.

В период с 1999 по 2012 годы персональное потребление мясопродуктов в стране поднялось на 62,1 %. Вопреки незначительной государственной поддержке сельского хозяйства производства, рост отечественного мясного рынка был обеспечен развитием сетевой розничной торговли, ростом реальных доходов населения, общим оздоровлением экономики страны.

Как следует из статистических данных электронных информационных интернет ресурсов, приведенных на рисунках 2-12, совокупный объем производства мясопродуктов в РФ оценивается сегодня более, чем в 10 млн. тонн, при среднедушевом потреблении мяса в 2013 г. около 75 кг. Последующие четыре года эта цифра колебалась незначительно, находясь в области 72,8-73,7. [63]

В 1990 году распределение потребления мясного сырья по видам характеризуется статистическими данными Мясного союза РФ: 43 % относится к говядине, 35 % к свинине, 18 % к мясу птицы. В 2013 году доля потребления свинины составила 35,5 %, говядины 22,0 %, мяса птицы составила 38,8 %.

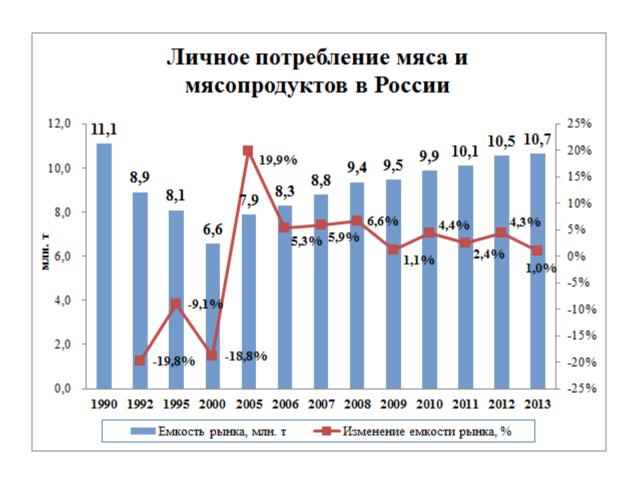


Рис.1. Динамика потребления мясопродуктов в РФ

Рынок мяса в РФ сохраняет ощутимую зависимость от импорта. Так, по итогам 2013 г. доля импорта в структуре мясопотребления составила 21,5 %. Тем не менее, начиная с середины 2000 годов, прослеживается четкая тенденция снижения доли завозимого мяса и перебалансировка объемов в пользу продукции отечественного производства.



Рис.2. Динамика производства мясопродуктов в РФ

В период с 2000 по 2012 годы производство скота и птицы на убой в хозяйствах всех категорий по России в целом увеличилось на 80 %.В текущем году также отмечается устойчивый рост во всех секторах мясного животноводства за исключением сектора КРС. По итогам трех кварталов 2013 г. на убой в хозяйствах всех категорий РФ было отправлено 8,1 млн. т скота и птицы в живом весе, что на 6 % превышает соответствующий показатель января-сентября 2012 г. Производство мяса птицы увеличилось на 6,1 %, свинины – на 12,5 %, говядины – снизилось на 1,1 %.

В 2013 году усилилась тенденция сокращения производства мяса на убой в хозяйствах населения и роста доли сельхозпредприятий в общем объеме выпуска.

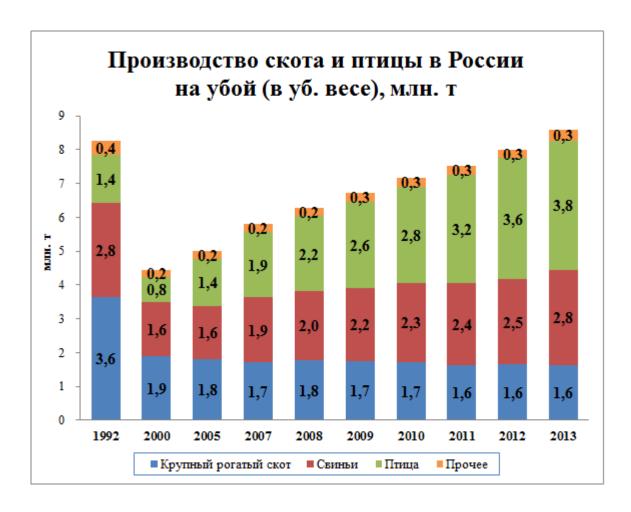


Рис.3. Динамика производства свинины, крупного рогатого скота и птицы в РФ

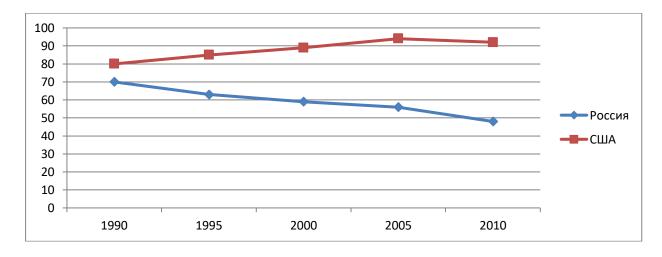


Рис. 4. Динамика потребления мясной продукции на душу населения в США и РФ, %

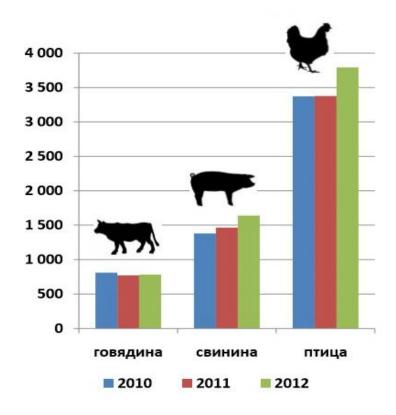


Рис.5. Динамика потребления мяса в РФ в 2010-2012 г., тыс.тонн

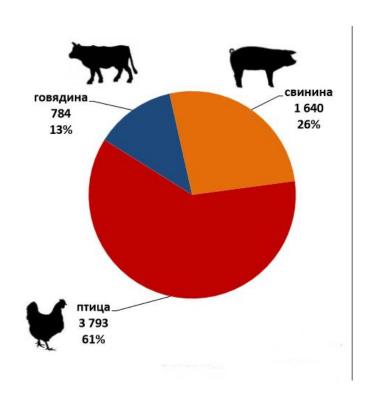


Рис.6. Структура потребления мяса в РФ, тыс.тонн

Таблица 1 Изменение потребления мясной продукции, кг на душу населения

Страна	1970 – 1972 г.	1992 – 1995 г.	2009 – 2012 г.
Развитые страны	63	76	90
Развивающиеся страны	11	20	32
Восточная Азия	9	28	50
Южная Азия	4	5	12
Латинская Америка	33	45	49

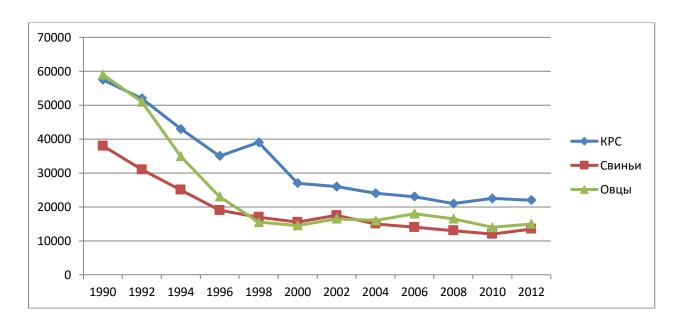


Рис.7. Динамика поголовья скота в РФ

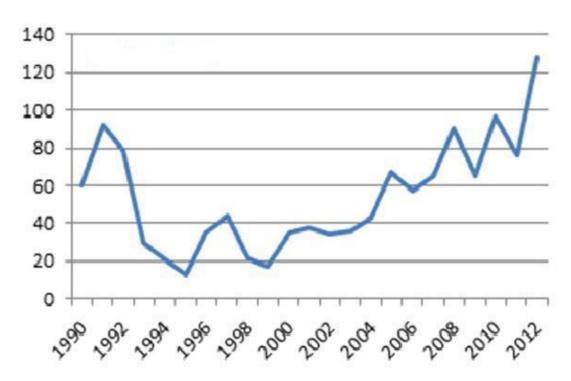


Рис. 8. Экспорт мяса и мясопродуктов из России, тыс. тонн

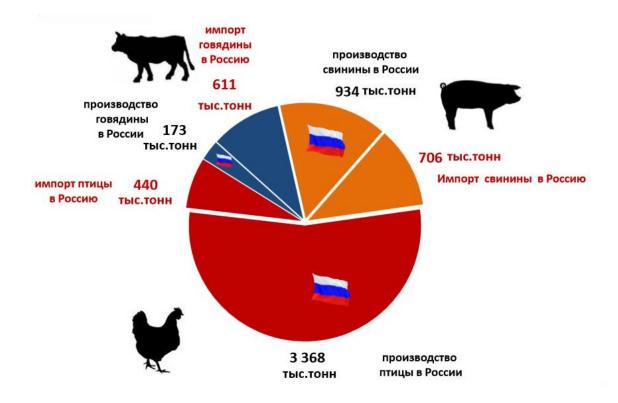


Рис.9. Производство и импорт мяса в РФ. тыс.тонн

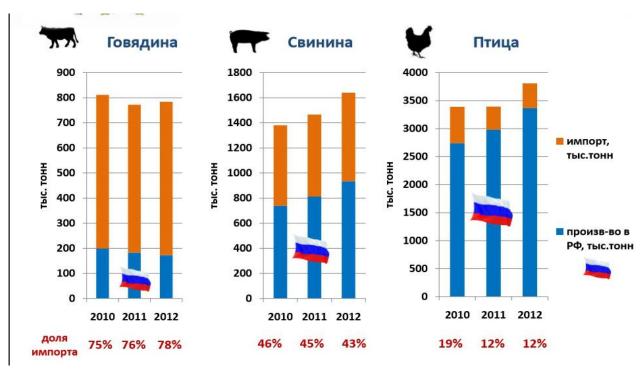


Рис.10. Доля импорта мяса в РФ. тыс.тонн

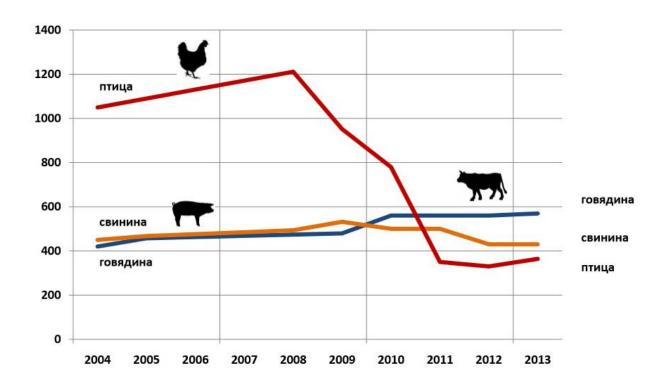


Рис.11. Динамика установленных квот на импорт мяса в Россию

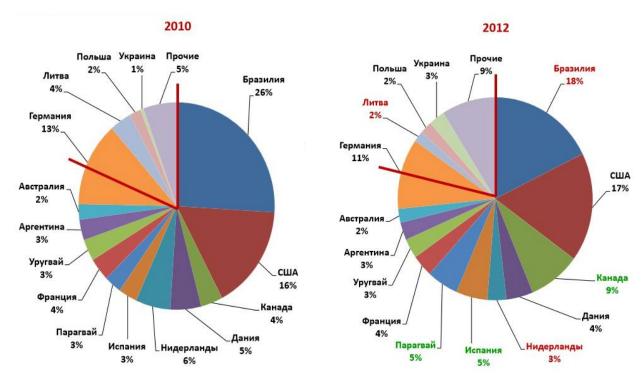


Рис.12. Импорт всех видов мяса в РФ. тыс.тонн. Динамика объемов между странами 2010-2012 г.

В 2020 году подушевое потребление мяса и мясопродуктов в РФ установится на уровне 78 кг, собственное производство определяющих видов такого мясного сырья, как свинина, говядина, птица, баранина в совокупности достигнет 9,6 млн. тонн.

Немалую роль в решении этой сложной задачи играет развитие Действительно, машиностроения. сегодня эффективная экономическая деятельность базовых предприятий пишевой промышленности обеспечивается своевременным перевооружением производства. Эффективное пишевое гарантирует машиностроение только продовольственную не безопасность РФ, но и ее лидирующее место и ведущую роль в глобальных экономических мировых процессах. В последнее время устаревший парк оборудования пищевых предприятий России заменяется на импортное, дорогостоящее оборудование, требующее запасных частей. что всегла экономически дефицитных стратегически не выгодно, тем более при импорте изделий пищевого назначения, которые представляют собой технические системы невысокого и среднего уровня сложности.

В связи с этим совершенствование отечественного пищевого оборудования на базе последних технико-технологических разработок, и в первую очередь оборудования для переработки

мясного сырья, является чрезвычайно актуальным и своевременным. Сегодня в РФ, с увеличением числа малых и средних предприятий и переходом на рыночные отношения, широкое применение получили волчки с невысокой мощностью, около 1-3 кВт. Разработка, включая научное обоснование, производство и тиражирование волчков не достигли необходимого уровня. Оптовые и розничные магазины, переполнены торговые салоны, выставочные экспозиции зарубежными образцами в то как техники, время загрузка собственных машиностроительных предприятий осуществляется не в полной мере. В настоящее время в РФ созрели все условия для полномасштабного тиражирования наукоемкой разработки И измельчительно-режущего оборудования, в том числе и волчков. Эффективное совершенствование измельчительного оборудования мясного сырья требует от инженерной науки и практики развития и расчета, поиска прогрессивных, углубления теории обоснованных конструктивных инженерных решений, применения численных расчетных современных методов И компьютерных технологий, расширения перечня применяемых прогрессивных материалов, современных технологий изготовления. При этом нельзя совершенствовании имеющейся нормативной забывать И документации на соответствующее оборудование, узлы и элементы.

Теория измельчения мясного сырья имеет глубокую историю, ей посвящены работы таких ученых как С.Т. Антипов, А.В. Горбатов, В.П. Горячкин, А.Н. Даурский, Н.А. Зуев А.М. Искандарян, Л.М. Корнюшко, В.Д. Косой, М. Лонцин, Ю.А. Мачихин, М. Мерсон, А.Н. Остриков, А.И. Пелеев, А.Н. Познышев, Н.Е. Резник, И.А. Рогов, М.П. Семенов, И.А. Тиме, Ю.А. Фатыхов, В.М. Хромеенков, Т.В. Чижикова и многие другие специалисты. Работы названных ученых являются основополагающими в области теории и практики создания оборудования и техники для измельчения мясного сырья.

ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЯСОРУБКАХ

1.1. Краткие исторические сведения

Мясорубку изобрел в начале XIX века немец Карл Фридрих Христиан Людвиг барон Дрез фон Зауэрбронн (1785-1851 гг.). Вслед за ним подобную конструкцию предложил австрийский изобретатель Петер Миттерхофер (1822-1893 гг.).

До изобретения мясорубки, да и позже, пока она не получила широкого распространения, для приготовления мясного фарша применяли специальный двуручный, изогнутый полукругом нож, показанный на рисунке 1.1.



Рис. 1.1. Двуручный нож

Для производства колбас, где требовалось большое количество вначале применяли машину, В которой ряд ножей механически поднимался и опускался над круглой деревянной вращающейся колодой. Ha колоду укладывали мясо, автоматически поворачивалась на небольшой угол, при каждом подъеме блока ножей и при опускании ножей мясо рубилось в новом месте. Ось вращения колоды не совпадала с линией реза, линия реза проходила по хорде, что обеспечивало как продольное, так и поперечное измельчение мясных волокон. Эта машина измельчала около 40 килограммов фарша в час и приводилась в действие вначале лошадью, позднее, развитием технических электродвигателем мощностью 0,75 лошадиной силы.

В другом варианте старинной промышленной мясорубки мясо, предварительно нарезанное на куски, помещалось в эксцентрично вращающийся чан, в котором вращались три ножа.

Производительность этого измельчителя составляла по говядине - 150 кг/час, по свинине – 180 кг/час.

Ближе к современной мясорубке, хотя бы внешне, стоит измельчитель, показанный на рисунке 1.2. В цилиндрическом корпусе вращается от рукоятки вал с закрепленными на нем стальными штифтами. Штифты, расположенные по винтовой линии, продвигают нарезанные куски мяса через ряд коротких ножей, выступающих сверху и снизу половинок корпуса. Попадая между этими ножами, мясо измельчалось и выходило с другого конца цилиндра. Вал со штифтами, расположенными по винтовой линии, явился подобием современного винтового шнека мясорубки.

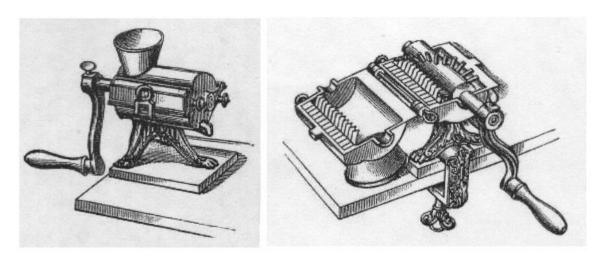


Рис.1.2. Измельчитель мяса со штифтами, закрепленными по винтовой лини

Термином «волчок» называют промышленные высокопроизводительные мясорубки. Исторически название «мясорубка» закрепилось как за малопроизводительными и домашними, так и за промышленными высокопроизводительными мясорубками.

Первые мясорубки имели ручной привод. Затем появились мясорубки с электроприводом. Появление электромотора многое изменило в трудоемком процессе измельчения мяса. Прежде всего, он просто заменил мускульную силу человека. Первые электрические мясорубки появились в начале XX века. Они были довольно громоздки, поэтому в бытовых условиях не применялись. Модели меньшего размера стали выпускаться позднее. На протяжении последних столетий конструкция мясорубки постоянно совершенствовалась. Необходимость интенсификации производства

мясной продукции потребовала создания высокопроизводительных мясорубок, облегчающих ручной труд. Создание новых видов мясной продукции, разнообразных колбасных изделий, привело к появлению многих конструктивных усовершенствований мясорубки и ее рабочих элементов — корпуса, шнека, ножей, зажимной гайки и решеток.

Ранее мясорубки выполнялись из наиболее доступных по тому времени металлов - чугуна, простых сталей. В дальнейшем, с развитием технического прогресса, детали мясорубок стали изготавливать из легированных сталей, алюминиевых материалов и полимерных композиций.

В течение всего периода выпуска волчков и мясорубок постоянному совершенствованию подвергались, как отмечалось, механизмы измельчения, привод, появляются специальные ножи и решетки. измельчительные В приводе используются однофазные трехфазные многоскоростные И электромоторы, различные ременные, зубчатые и волновые редукторы, и современные электромоторы с частотными преобразователями, позволяющими осуществлять плавную регулировку скорости вращения шнека.

В конце XX века появляются агрегатированные мясорубки, объединяющие процессы измельчения, перемешивания и порционирования мясного сырья. Из простейшего механического устройства мясорубка превратилась в высокопроизводительный агрегат с рядом автоматических устройств, компьютерной системой управления, охлаждением термонапряженных рабочих зон, автоматической мойкой, сенсорной клавиатурой. В последнее время при проектировании мясорубок стало уделяться большее внимание их эргономике и промышленному дизайну.

1.2. Назначение, основные параметры и структура мясорубок

Мясорубки предназначены для измельчения и превращения в фаршеобразное состояние охлажденного, замороженного, вареного мяса, жира, жиросодержащих материалов, вареных свиных кож, рыбы, субпродуктов, овощей, фруктов и других пищевых материалов. Мясорубки могут использоваться для измельчения сушеных продуктов. При использовании специальных насадок на волчках можно набивать колбасы и получать профилированное тесто.

Основными техническими характеристиками мясорубок являются:

- производительность, кг/ч;
- установленная мощность электропривода, кВт;
- диаметр измельчительных решеток, мм;
- масса, кг;
- габариты (длина, ширина, высота), мм;
- напряжение питающей сети, В;
- срок службы, лет;
- коэффициент технического использования.

Волчки должны изготавливаться в соответствии с ГОСТ 28532-90 "Волчки. Общие технические требования". При измельчении мяса температура переработанного продукта не должна превышать температуру исходного продукта более, чем на 5 °C.

Мясорубки должны эксплуатироваться в закрытых производственных помещениях при температуре окружающей среды от 5 до 35 °C и относительной влажности не более 80 % при температуре 25 °C. Однако, учитывая необходимость переработки мясной продукции при пониженных температурах, рекомендуется температура на уровне нижней границы.

На мясоперерабатывающие цеха мясо крупного и мелкого скота поступает в виде полутуш, отрубов или блоков охлажденных или замороженных. Для измельчения замороженного мяса обычных мясорубках их предварительно размораживают, а для замороженного сырья используют измельчения специально предназначенные волчки с усиленным режущим инструментом и операцией приводом. Обязательной перед измельчением незамороженного мяса является обвалка и жиловка. При этом мясо освобождают от костей, хрящей и сухожилий, разрезают на куски по размеру в зависимости от диаметра входного отверстия загрузочного бункера волчка. Наличие внутри кусков мяса замороженных участков, а также костей, сухожилий, приводит к преждевременному затуплению ножей и кромок отверстий решеток или к полному разрушению ножей.

Независимо от конструкции и производительности принцип устройства волчков одинаков:

- привод, состоящий из электромотора, редуктора (или моторредуктора), ременной или зубчатой передачи;
- механизм измельчения, содержащий корпус для шнека, шнек, приемную решетку, ножи, измельчительные решетки и центральную гайку;
 - загрузочный бункер;
 - корпус с пультом управления.

На рисунке 1.3 показана структурная схема мясорубок.

При хранении, транспортировке и измельчении из мяса выделяется сок, который является благоприятной питательной средой для любой микрофлоры при плохо контролируемой температуре. В современном оборудовании переработки мясных продуктов применяются специальные охладители, которые позволяют поддерживать постоянно низкую температуру рабочих плоскостей, соприкасающихся с продуктом.

Конструкция волчка должна обеспечивать возможность гигиенического содержания волчка, доступность для осмотра, санитарной обработки составных частей. Рабочие органы мясорубки (шнеки, ножи, решетки) должны быть съемными.

Органы управления (кнопки, рукоятки и т.п.) должны иметь информирующие символы о назначении, соответствующие требованиям ГОСТ 27487.

Волчки, как и другое продовольственное оборудование, имеют две зоны - продуктовую и техническую. Продуктовая зона - зона, контактирующая с пищевым продуктом. Техническая зона - зона, не соприкасающаяся с пищевым продуктом. Например, подмоторная плита — техническая зона, загрузочный бункер — продуктовая зона.

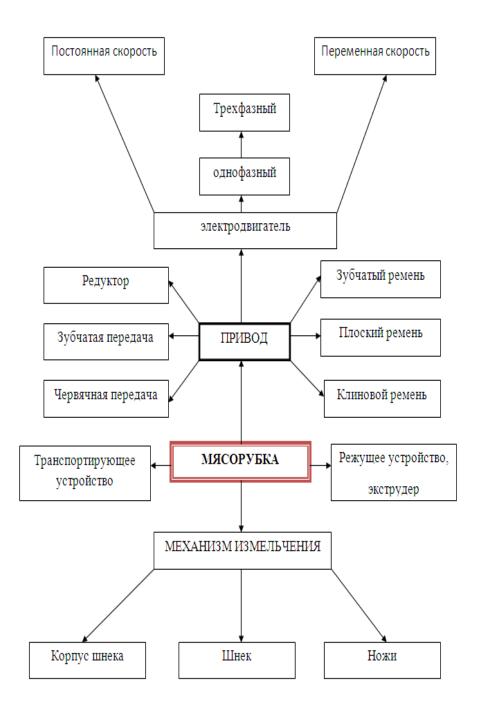


Рис.1.3. Структурная схема мясорубок

В волчках детали продуктовой зоны должны изготавливаться из материалов стойких к коррозии и разрешенных к применению органами здравоохранения.

Шероховатость поверхностей, соприкасающихся с пищевыми продуктами, должна быть не более Ra 2,5 мкм по ГОСТ 2789. Уплотнительные устройства валов должны исключать возможность

проникновения продукта и моющих средств в механизмы привода и смазочных средств в продукт.

Срок службы мясорубки — не менее 10 лет, коэффициент технического использования — не менее 0,92.

Волчки должны соответствовать требованиям безопасности ГОСТ 12.2.003 и ГОСТ 12.2.064.

Степень защиты электрооборудования должен быть не ниже 1Р 54 по ГОСТ 14254

Эквивалентный уровень звука не должен превышать 80 дБ. Фактическое значение виброскоростей на рабочих местах не должны превышать значений, установленных ГОСТ 12.1.012. Станина мясорубки должна иметь заземление по ГОСТ 21130. Сопротивление между заземляющим зажимом и любой металлической деталью не должно превышать 0,1 Ом. Сопротивление изоляции проводников должно быть не менее 1,0 Мом.

Волчки, имеющие высоту корпуса более 1500 мм, должны иметь откидную площадку (подножку, ступень) на высоте 200 мм от пола для обслуживания волчка. При высоте корпуса свыше 1800 мм в удобном месте должна быть скоба для удержания рукой. Если оператор не может наблюдать уровень заполнения бункера с пола, то волчок должен иметь устройство в виде стального зеркала для визуального контроля. Уплотнения (манжеты валов) должны быть изготовлены из материалов разрешенных органами здравоохранения, как материалы, контактирующие с пищевым продуктом. Волчки должны быть оснащены защитным устройством для предотвращения травмирования обслуживающего персонала при работе с решетками, имеющими отверстия диаметром 8 мм и более. На каждом волчке, изготовленном в России, должна быть табличка (шильдик) по ГОСТ 12969, содержащая: товарный знак и (или) наименование предприятия - изготовителя, обозначение, заводской номер изделия, год и месяц выпуска, обозначение стандарта (ГОСТ) или технических условий Мясорубку должен обслуживать оператор, прошедший обучение и инструктаж по технике безопасности, изучивший руководство по эксплуатации обслуживаемого волчка.

К работе на мясорубках допускается оператор, имеющий санитарную книжку, одетый в спецодежду, предусмотренную технологической инструкцией, действующей на предприятии.

1.3. Классификация мясорубок

По назначению мясорубки подразделяются на четыре основные группы:

- мясорубки бытовые, используемые в домашних условиях;
- мясорубки для малых и средних предприятий;
- мясорубки однопроцессные для крупных предприятий;
- мясорубки многопроцессные (агрегатированные) для крупных предприятий.

Бытовые мясорубки выпускаются двух типов — с ручным приводом и электрическим. Диаметр решеток в этих мясорубках, как правило, 50 мм, мощность электродвигателя — 0.4 - 3 кВт.

Мясорубки для малых и средних предприятий, супермаркетов, магазинов, предприятий общественного питания, воинских частей, санаториев, больниц и пр. изготавливаются двух исполнений — настольное и напольное. Некоторые модели напольных мясорубок имеют в основании корпуса ролики (колеса) для перемещения мясорубки. Диаметр решеток в этих мясорубках 70 - 82 мм, мощность электродвигателя 1-3 кВт.

Мясорубки однопроцессные для крупных предприятий могут выполняться в вариантах для измельчения замороженного или свежего мяса, могут комплектоваться вертикальными гидравлическими или кулачковыми загрузочными устройствами, передвижным наклонным конвейером иметь 2-х или 3-х скоростные двигатели (для переработки свежего и замороженного мяса). Диаметр решеток -114-400 мм, мощность электродвигателя -5-125 кВт.

Мясорубки многопроцессные (агрегатированные) для крупных предприятий могут выполняться во всех вариантах однопроцессных и иметь кроме процесса измельчения процессы перемешивания, порционирования, наполнения и упаковки фарша. Диаметр решеток -114-400 мм, мощность электродвигателя -5-125 кВт.

1.4. Обзор зарубежных и отечественных мясорубок

До распада СССР оборудование для мясопереработки выпускалось в основном в Российской федерации, Украине и Белоруссии по ГОСТам и нормативно-техническим документам. В настоящее время в этих странах осуществляется самостоятельная политика по проектированию и выпуску этого оборудования. Новые экономические отношения открыли свободный доступ на российский рынок мясоперерабатывающего оборудования из Германии, Испании, Финляндии, Китая и др. стран.

Ведущее место в мире по производству оборудования для мясоперерабатывающей промышленности занимают немецкие производители, которые экспортируют около 80 % изготовленных ими машин.

В последние годы у зарубежных производителей мясоизмельчительного оборудования появилась тенденция создания альтернативы волчкам, а именно - многофункциональных машин для комплексной переработки мясного сырья: измельчения, перемешивания, шприцевания, порционирования.

Волчки-мешалки предназначены для перемешивания и измельчения многокомпонентной смеси, состоящей из различных сортов мяса и функциональных ингредиентов. Волчки-мешалки выпускаются с различной производительностью, с разными диаметрами решеток и емкостью дежи в зависимости от мощности производства мясопродуктов.

Волчок-мешалка МВ 130 немецкой фирмы «Кремер-Гребе» имеет диаметр измельчительных решеток 130 мм, жилующее приспособление для отвода твердых частиц, ёмкость дежи — 0,145 м³, единовременная загрузка — 100 кг. Эта же фирма выпускает угловые волчки с двумя шнеками: измельчительным и подающим, расположенными под углом 90°. Диаметры измельчительных решеток — 160 и 200 мм. Волчок с решеткой 200 мм может иметь односкоростной двигатель 45 кВт или двухскоростной мощностью 31/40 кВт. Производительность — 14 т/час охлажденного мяса.

Немецкая фирма «Karl Schnell GmbH & Co», уже более 50 лет выпускающая мясоперерабатывающее оборудование, сегодня производит волчок-смеситель КS типа 751, представляющий комбинацию интегрированного волчка и смесителя. Основная область

применения таких установок – производство фарша, колбас, плавленых сыров.

Волчок немецкой фирмы «K+G Wetter» U200 при диаметре производительность имеет охлажденного мяса 11 т/час, замороженного – 2 т/час. Мощность привода - 35 кВт. Волчок G160 этой же фирмы при диаметре решетки 160 мм. имеет производительность измельчения охлажденного мяса 8 т/час, замороженного - 1,5 т/час. Мощность привода - 30 кВт. Эти волчки имеют по два шнека. Из донной части загрузочной воронки мясные куски сначала попадают в подающий шнек, который транспортирует их к рабочему шнеку. Каждый шнек имеет свой привод. Волчок управляется от сенсорной клавиатуры и имеет три скорости вращения шнека. Третья – низшая скорость служит для замороженного измельчения Сенсорная мяса. клавиатура безопасность, надежность обеспечивает И гигиеничность оборудования. Имеющиеся на пальцах оператора частицы фарша не загрязняют кнопки, которые при традиционном исполнении трудно и со временем это приводит к нарушению их работоспособности. С плоской и гладкой (сенсорной) клавиатурой ничего подобного не происходит, она легко очищается.

Волчки-смесители производства фирмы «K+G позволяют производить измельчение предварительным перемешиванием неоднородного по мясного сырья с составу добавлением ряда ингредиентов. Преимуществами комбинации волчка со смесителем являются сокращение продолжительности технологического процесса и исключение мешалки из состава линии. Перемешивание продукта выполняется технологической смесительным валом с лопастями, расположенными над подающим перемешивании подающий шнек направлении, противоположном рабочему, что позволяет повысить эффективность перемешивания. После переключения на измельчение меняется направление вращения смесительного вала, и подающий шнек передает обрабатываемый материал на расположенный ниже рабочий шнек, который подводит материал к режущей насадке. Во время процесса перемешивания рабочий шнек не вращается. Установка может функционировать как в режиме волчка-смесителя, так и в режиме обычного волчка. Для предотвращения износа и нагревания ножей и решеток осуществляется задержка пуска вращения рабочего шнека. Когда оператор нажимает кнопку запуска волчка, приходит движение подающий шнек, В

транспортирует мясо к участку передачи между подающим и рабочим шнеками, а рабочий шнек остается неподвижным и приводится в движение лишь после того, как оператор отпускает кнопку старта. Волчок оснащен загрузочным устройством, которое поднимает тележку с сырьем, фиксирует ее над загрузочной воронкой и опрокидывает.

Немецкая фирма «Vemag Maschinenbau GmbH» выпускает машину ММР 229, она представляет собой интегрированную систему волчка «Vemag», в которой процессы измельчения и сепарирования интегрируются и трансформируются непосредственно в наполнение и порционирование. Имеется устройство для порционирования фарша. Выдавливаемый устройством для порционирования поток продукта бумажную автоматически укладывается на ленту. порционирование без бумажной подложки. Конвейерная лента транспортирует Вертикально продукта поток ножам. К расположенный нож управляется путевыми датчиками шприца. Система управления позволяет подключать контрольные весы.

Немецкая фирма «Risko» изготавливает волчок-наполнитель RS70, интегрированной с вакуумными шприцами RS 3005 и RS5005. Возможность выполнения таких рабочих операций, как измельчение, порционирование, набивка, перекручивание и клипсование в одной машине превращает волчок в универсальную машину. Для улучшения качества, обеспечения длительности хранения фарша измельчение может производиться в среде двуокиси углерода.

Волчок «Ultra MEW 726» фирмы «Maschinenfabrik Dornhan Германия, оснащается системой перемешивания большеобъемной загрузочной чаше, расположенной перед камерой наполнения. Производительность – 1,4 т/ч при решетке диаметром 114 мм. Привод мясорубки – двухскоростной с возможностью реверса. В производственную программу этой фирмы входят восемь моделей автоматических волчков серии «Ultra». Базовая модель MEW 620 имеет одну постоянную скорость для подающего и рабочего Последующие модели шнеков. имеют возможность скорости вращения подающего и рабочего шнеков. Волчки могут устройством сепарирования. Производительность оснащаться выпускаемых моделей составляет от 1 до 8 т/ч.

Волчки фирмы "Bizibera", Германия, FW-N 32 и FW-N 98 выпускаются в виде настольных или передвижных напольных установок имеют приемную ванну вместимостью 50 л. Производительность - от 350 до 1100 кг/ч.

Для работы в торговых залах, супермаркетах или на минипроизводствах фирма изготавливает волчки моделей FW-N 22 и FW-N 82 вместимостью чаши 8 и 13 л.

Особый интерес представляют волчки-смесители производства немецкой фирмы «Kilia», оснащенные автоматической системой мойки. Размещенные в крышке машины сопла имеют угол распыления 120°, что обеспечивает доступ ко всей внутренней поверхности Корпус чаши. шнека очищается при помощи снабженного соплами стержня. В зависимости степени загрязненности можно выбрать различные программы чистки. Установка c помощью компьютерной управляется системы, позволяющей регламентирующей чистку И производить документирование, что важно для сертификации в соответствии со стандартом ISO 9000.

Немецкая фирма «Seydelmann» выпускает волчки WD 114, AD114, ME130, ME130B, AE130 для измельчения свежего (не замороженного мяса). Техническая характеристика этих волчков приведена в таблице 1.2. Для измельчения замороженного мяса (блоки) выпускаются волчки GW 300 и GW 400. На рисунке 1.8 показан волчок для измельчения замороженного мяса GW 300. В таблице 1.2. приведена техническая характеристика волчков для измельчения замороженного мяса. На них может перерабатываться как замороженное, так и свежее мясо. Волчки могут быть оснащены столбным загрузочным устройством и наклонным загрузочным устройством. На рисунке 1.4 показан волчок GW 300 для замороженного мяса со столбным загрузочным устройством, на рисунке 1.5 - с наклонным транспортером. Нержавеющее столбное загрузочное устройство укомплектовано 200-литровой тележкой для загрузки блоков замороженного мяса.



Рис.1.4. Волчек GW 300 для замороженного мяса немецкой фирмы Зейдельман

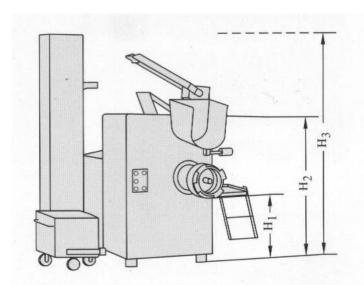


Рис.1.5. Волчек GW 300 для замороженного мяса со столбным загрузочным устройством

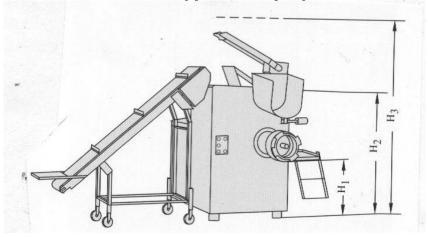


Рис. 1.6. Волчек GW 300 для замороженного мяса с наклонным транспортером

В производственных линиях волчки соединяются компонуясь с оборудованием с помощью передвижных наклонных конвейерных устройств, что позволяет весь ассортимент мясной продукции как, например, вареная, сырокопченая колбасы и паштеты изготавливать в автоматическом конвейерном режиме. Правильное положение мяса на конвейере, подающем мясо обеспечивается ремнями с подкосами, расположенными на ленте, а также фотодатчиками контроля высоты и расположения мясных мяса. В волчках имеется блоков И кусков гидравлическое прижимающее устройство, которое прижимает глубокозамороженные блоки мяса к специальному шнеку, тем самым обеспечивая качество захвата и высокую производительность переработки. На рисунке 1.7 изображен шнек для измельчения замороженного мяса на подкатной тележке, на рисунке 1.8 – шнек для измельчения свежего мяса на подкатной тележке.

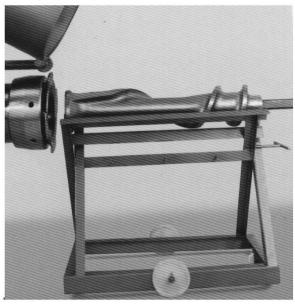


Рис.1.7. Шнек для замороженного мяса на подкатной тележке

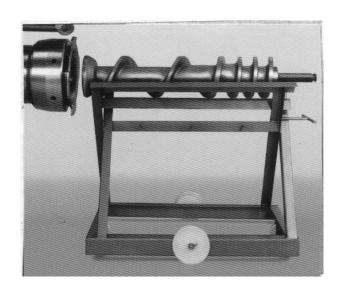


Рис. 1.8. Шнек для измельчения свежего мяса на подкатной тележке

Волчки оснащены гидравлическим выталкивателем шнека. Посредством кнопочного выключателя весь режущий инструмент со шнеком, находящиеся в корпусе шнека, перемещаются вперед и легко извлекаются для чистки и мойки. В случае перегрузки, обусловленной случайным попаданием костей ИЛИ посторонних предметов, электроблокировкой. защищен Конструкция двигатель волчка выполнена из нержавеющей стали, все кромки закруглены, волчок легко поддается чистке и мойке. Корпус шнека имеет внутреннюю закалку, исключает его преждевременное изнашивание. что Приспособление для защиты рук, показанное на рисунке 1.9, является обязательным оснащением волчка.

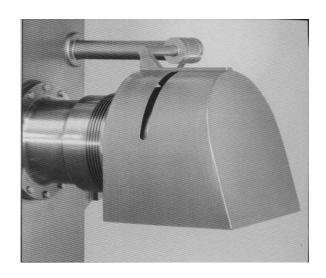


Рис. 1.9. Приставка для защиты рук

Электрическая блокировка исключает возможность работы без этого приспособления. Волчки фирмы «Seydelmann» сертифицированы по норме ISO 9001.

Таблица 1.2 Техническая характеристика волчков немецкой фирмы" Зайдельманн" для измельчения свежего мяса

Марка волчка	WD114	AD114	ME130
Мощность главного двигателя кВт	6	9	18
Мощность двигателя смесителя, кВт	-	1,2	1,8
Производительность кг/час	1000	1500	3000
Диаметр решетки, мм.	114	114	200
Число шнеков, шт.	1	2	2
Вес, кг	260	560	650

Таблица 1.3 Техническая характеристика волчков немецкой фирмы "Зайдельманн" для измельчения замороженного мяса

Марка волчка	GW 300 Столбное загрузочное и прижимное устройства	GW 300 Наклонное загрузочное и прижимное устройства	GW 300 Столбное загрузочное устройство	GW 300 Наклонное загрузочное устройство	GX 400 Столбное загрузочное и прижимное	GX 400 Наклонное и прижимное устройство	GX 400 Столбное загрузочное устройство	GX 400 Наклонное загрузочное устройство
Мощность двигателя, квт	90 78/105*	90 78/105*	90 78/105*	78/105*	125	125	125	125
Производит ельность, кг\час	8000	8000	8000	8000	12000	12000	12000	12000
Габариты блоков мяса, мм	900x500x1 50	900x500x1 50	900x 500x 150	900x500 x150	900x500 x200	900x 500x 200	900x 500x 200	900x 500 x200
Вес волчка, кг	3150	3150	2970	2970	37000	37000	3520	3520
Ширина станины B1, мм	1260	1260	1260	1260	1260	1260	1260	1260
Ширина станины В2, мм	2360	4800	2360	4800	2360	4800	2360	4800
Расстояние от стены В3, мм	2860	2860	2860	2860	2860	2860	2860	2860
Глубина станины Т1, мм	1810	1810	1810	1810	1810	1810	1810	1810
Общая глубина Т2, мм	2800	2800	2800	2800	2950	2950	2950	2950
Подкатная высота H1, мм	750	750	750	750	750	750	750	750
Расстояние от пола до воронки H2, мм	1940	1940	1940	1940	1940	1940	1940	1940
Высота потолка, мм	3000	3000	3000	2600	3000	3000	3000	2600

^{*} две скорости

На рынке мясоперерабатывающего оборудования имеются образцы, выполняющие переработку мяса с охлаждением. В процессе обработки температура фарша увеличивается под воздействием отрицательно что воздействует давления, органолептические свойства, гигиеничность производства, пищевую усвояемость продукта, его сохранность и Итальянская фирма «La Minerva» выпускает охлаждаемые волчки. В этих волчках мясо в процессе переработки и транспортировки касается только холодных поверхностей (температура от 1 до 5 °C), сохранение органолептических обеспечивает свойств питательной ценности мяса, а также повышает гигиеничность технологического процесса.

Английская фирма *KENWOOD* выпускает более десятка моделей мясорубок различного технологического назначения. Испанская фирма *«Fatosla»* более 30 лет производит оборудование для мясоперерабатывающей, рыбной и консервной промышленности. Модель PA-130 производительностью 3 т/час при весе 0,59 т имеет диаметр измельчительной решетки 130 мм. Модель PA-160 имеет производительность 5 т/час, вес 1,3 т и диаметр измельчительной решетки 160 мм. Модель PA-200 имеет производительность 8 т/час, вес 1,5 т и диаметр измельчительной решетки 200 мм.

Датская фирма "Вольфкинг" выпускает волчки-мешалки с диаметром решеток 160 и 250мм Производительность волчка-мешалки с диаметром измельчительной решетки 250 мм - 18 т/ч. Особенностью этого волчка является то, что между подающим шнеком и измельчительным механизмом установлен лопастной насос, состоящий из корпуса, эксцентрика и двух лопастей. Мощность привода волчка – 55 кВт, мешалки – 4 кВт.

Финская фирма "Конетеоллисуусф" (КТ) производит широкий ассортимент мясоперерабатывающего оборудования с 1938 года. Фирма торгует этим оборудованием во многих странах мира. Волчки фирмы КТ соответствуют требованиям Европейского Стандарта, предъявляемым к волчкам (European Standard Draft prEN 12331 Mincing Machines March 1996). В таблицах 1.3 и 1.4 приведены технические характеристики волчков фирмы КТ.

Таблица 1.3 **Техническая характеристика волчков финской фирмы КТ**

МАРКА	LM-5/P	LM-10/P	LM-22/P LM-82/P	LM-32/L LM-98/L	LM-42 LM-130
Производительность, кг/ч.	100	200	300	750	1500
Диаметр решетки, мм	53	70	82/83	98/100	130
Мощность, кВт	0,55	1,55	1,5	3	7,5
Вес, кг	22	42	44	90	310

В волчках LM-5/P, LM-10/P, LM-22/P, LM-32/L, LM-42 ось ножа - эллипс, в волчкахLM-82/P, LM-98/L, LM-130 ось ножа - квадрат.

Таблица 1.4

Техническая характеристика волчков финской фирмы КТ с автоматической подачей мяса и наличием смесителя

Модель	LM-22/A	LM-32A	LM-42/A
Производительность кг/час	660	1150	1600
Мощность главного двигателя кВт	3	3	7,5
Мощность двигателя смесителя, кВт	-	1,1	1,1
Диаметр решетки, мм	82	100	130
Вес, кг	180	230	380

На рисунке 1.10 приведены геометрические параметры волчков фирмы KT.

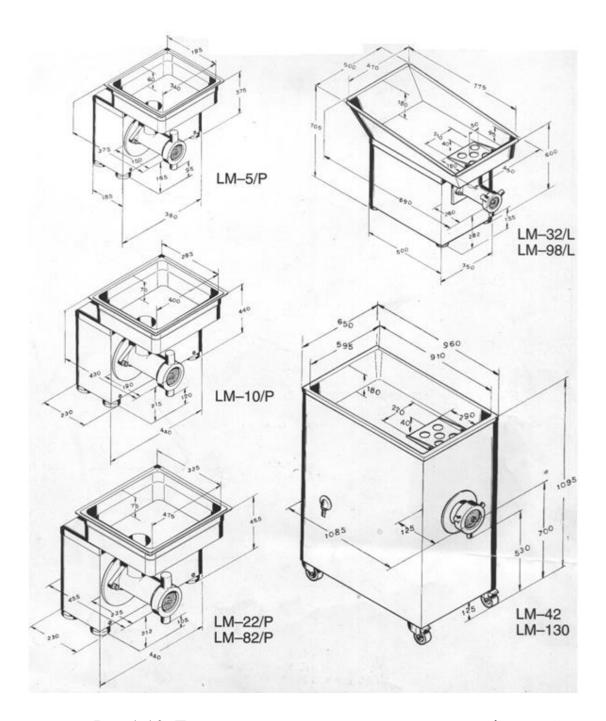


Рис.1.10. Геометрические параметры волчков финской фирмы KT

Широкое распространение имеет оборудование австрийской фирмы «Laska», которая выпускает волчки «Super Grinder WWB» для измельчения охлажденного и замороженного мяса со столбовым подъёмником и опрокидывающейся тележкой.

Диаметр решеток - 130-220мм. Угловой волчок-мешалка марки BMB-1330 имеет измельчительную решетку 130 мм. Над питающим шнеком установлена дежа ёмкостью 0,2м 3 с двумя

лопастными валами. Привод волчка имеет двигатель мощностью 11 кВт, двигатель мешалки — 4 кВт. Угловой волчок-мешалка BMB-1680 имеет измельчительную решетку 160 мм и мешалку с дежой ёмкостью 0,55 м³. Угловой волчок-мешалка BMB-2012 имеет измельчительную решетку 220 мм, дежу мешалки 0,8М³.

Волчки МИМ300, МИМ350 и МИМ600 выпускает ПО «Белорусторгмаш». Они имеют невысокий технический уровень (корпус изготовлен из окрашенной листовой стали, шнек и корпус шнека - из алюминиевых сплавов). Угловая мясорубка МИМ350, в отличие от МИМ300 и МИМ600, имеет червячный редуктор, режим реверса, облицовку из нержавеющей стали.

Таблица 1.5 **Техническая характеристика волчков белорусской фирмы "Белорусторгмаш"**

МАРКА	МИМ-300	МИМ – 350	МИМ – 600
Производительность, кг/ч	100	350	600
Мощность, кВт	1,9	1,5	2,2
Частота вращения шнека, об/мин.	250	185	250
Габариты, мм	680x400x441	560x520x420	765x450x576
Масса, кг	47	42	56

Широкую гамму волчков представляет Полтавский машиностроительный завод.

Волчок К6-ФПВ-120 имеет измельчительный и подающий шнеки установленные в одну линию, но измельчительный шнек и насаженные на пальце ножи вращаются быстрее. В корпусе шнека на подшипниках установлен промежуточный полый вал, в котором вращается приводной вал измельчительного шнека. Спираль подающего шнека соединена с полым валом и вращается снаружи вала измельчительного шнека. Диаметр измельчительной решетки — 120 мм, Мощность электродвигателя — 18,5 кВт. Производительность 2,5 т/ч.

Волчок МП-1-160 имеет измельчительный и подающие шнеки, установленные параллельно в горизонтальной плоскости. Волчек

имеет решетки диаметром 160 мм. Электромотор мощностью 14 кВт с частотой вращения 24 c^{-1} через двухступенчатый редуктор обеспечивает частоту вращения измельчительного шнека и ножей 3-4,6 c^{-1} , подающего шнека -2-1,18 c^{-1} Производительность -3 т/ч.

Волчок ФПМ-2-120 имеет электродвигатель мощностью 10 кВт и частоту вращения 24 с $^{-1}$. Частота вращения измельчительного шнека 5с $^{-1}$, подающего -0.52 с $^{-1}$. Диаметр измельчительной решетки -120 мм. Производительность волчка -2 т/час. Масса машины -500 кг.

Угловой волчок К6-ФВЗП-200 имеет измельчительный шнек, вращающийся в стальной гильзе со спиральными ребрами внутри поверхности. Перпендикулярно к корпусу измельчительного шнека прикреплен корпус двух подающих шнеков-спиралей. Установленная суммарная мощность — 18,5 кВт. Производительность — 4,5 т/ч., масса машины — 1,2 т.

Угловой волчок К6-ФПВ-160 имеет раздельный привод ножей и измельчительного шнека с переменным шагом. Подающий шнек выполнен в виде одновитковой спирали и имеет автономный привод. Измельчительный шнек полый внутри и через него проходит ножевой вал. Ножи вращаются с частотой $8,3\,\mathrm{c}^{-1}$, а подающий шнек $-3,3\,\mathrm{c}^{-1}$.

Решетки измельчительного механизма закреплены в съёмной гильзе, установленной в цилиндрическом корпусе. Диаметр измельчительной решетки -160 мм. Производительность 5 т/ч., Суммарная мощность привода -32, 2 кВт, масса -1200 кг.

В последние годы на международном рынке появились мясорубки китайской фирмы "Юаньчан продмаш". Эти мясорубки по своей конструкции и производительности не отличаются от европейских аналогов. На прилавках магазинов сегодня можно встретить мясорубки многих зарубежных фирм, которые изготавливаются в Китае.

Таблица 1.6 Техническая характеристика волчков китайской фирмы «Юаньчан продмаш»

Модель	J120	JR160 (два шнека)	JR200
Производительность кг/час	1500	3000	5000
Мощность, кВт	7,5	33	45
Частота вращения шнека, об/мин	118	160	200

Масса, кг	260	1660	1801

Из отечественных новых разработок на рынке появились мясорубки производства Ленинградского завода полиграфических машин. Выпускаются модели волчков с диаметром решеток 82 мм: 4ММ (4ММА), 8ММ (8ММА) и с диаметром решетки 114 мм: мясорубка ММ. Основные параметры этих мясорубок приведены в таблице 1.7.

Таблица 1.7 Техническая характеристика волчков ОАО «ЛЕНПОЛИГРАФМАШ»

Марка	M MM	44MM	M8M	8MM
Параметры	101 101101	7711111	IVIOIVI	GIVIIVI
Производительность, кг/час	11500	2300	200	300
Диаметр решеток, мм	1114	882	70	82
Скорость вращения шнека, об/мин	2275	2242	250	242
Установленная мощность, кВт	55,5	11	0,65	1
Напряжение, Вольт	3380	3380	380/220	380/220
Наличие реверса шнека	нет	да	да	да
Привод	клинорем.	зубчатый	клинорем.	клинорем.
Масса, кг	4440	653	50	60
Габариты	8870x740x122	6620x430x360	500x400x600	710x360x590

Мясорубки 4ММ (рис. 1.11) и 8ММ (рис. 1.12) предназначены для малых и средних предприятий. Они работают в воинских частях, предприятиях общественного питания, больницах, санаториях и пр. Мясорубки ММ применяются, как правило, на крупных предприятиях. Мясорубки 4ММ и 8ММ отличаются компоновкой. Мясорубка 8 ММ более высокая, но занимает меньшую площадь и может устанавливаться на маленьком столе или прилавке магазина. По спецзаказу мясорубки могут выполняться с алюминиевым шнеком и корпусом для шнека или из нержавеющей стали (более дорогие).

К особому классу мясорубок относятся мясорубки бытовые. Эти мясорубки выпускаются по ГОСТ 20469-95. Сегодня эти мясорубки вытесняются электромясорубками, оснащенными

электродвигателями, позволяющими исключить ручной труд и повысить производительность. Электромясорубки изготавливаются на номинальное напряжение 220 В и номинальную частоту 50 Гц. Размеры решеток и ножей – по ГОСТ 4025.



Рис.1.11. Мясорубка 4ММ



Рис.1.12. Мясорубка 8 ММ

Мясорубки могут комплектоваться приставками для резки и шинковки, для приготовления сока, помола кофе, для формовки макаронных изделий, для начинки колбас, для профилирования теста.

К типичным представителем бытовых электромясорубок можно отнести немецкую мясорубку EN-107, мощностью 1,2 кВт. (рис.1.13). Мясорубка удобна в обслуживании, имеет реверс, красивые формы но, как недостаток, можно отметить её повышенный шум при работе.



Рис. 1.13. Немецкая мясорубка EN – 107

На отечественном рынке мясорубок имеется значительное количество импортных мясорубок производства Украины, Белоруссии, Германии, Франции, США, Италии, Испании, Финляндии, Китая и других стран. На прилавках специализированных и непрофильных магазинов сегодня можно найти от 5 до 25 моделей импортных мясорубок.

Импортные мясорубки имеют достаточно высокий технический уровень, хорошее исполнения и качество измельчаемого продукта. Однако цена импортных волчков с транспортными и дилерскими расходами, высокая стоимость запасных частей, ножей и решеток в сравнении с отечественным оборудованием значительно удорожает выпускаемый продукт переработки мясного сырья. Закупки импортного оборудования (как и сырья) не способствуют созданию рабочих мест, развитию отечественного производства и обеспечению продовольственной безопасности страны.

К XXIначалу произошло века значительное измельчителей. совершенствование конструкции Волчки изготавливаются уже не в однопроцессном исполнении (только измельчение), многофункциональном (смешивание В подготовленного сырья, измельчение, формование, шприцевание). Применяются новые технологические процессы при измельчении – охлаждение, изолирование диоксидом углерода, вакуумирование, автоматическая мойка. Применяются исключительно нержавеющие стали для корпусов изделий и продуктовой зоны оборудования, значительно снижена металлоемкость, большое внимание уделяется эргономике и конфигуративным формам, применяются современные электроавтоматики, сенсорные средства ПУЛЬТЫ управления, современные пластические массы и прогрессивные процессы обработки деталей.

ГЛАВА 2. РАБОТА И ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА МЯСОРУБОК

2.1. Работа мясорубок

Работа различных мясорубок осуществляется по общей технологической схеме. Предварительно нарезанное на части мясо (по размеру для прохода в горловине корпуса для шнека) поступает в приемный бункер. Из бункера сырье перемещается в корпус для шнека, в корпусе транспортируется шнеком к подрезной решетке. Параметры измельчения и перемещения сырья зависит от количества установленных ножей и решеток.

Установка ножей и решеток в соответствии с общепринятой международной схемой определяется двумя системами: UNGER (Унгер) и ENTERPRISE (Энтерпрайз). В системе унгер устанавливаются: подрезная решетка, 2х сторонний нож, решетка с крупными отверстиями, 2х сторонний нож, решетка с мелкими отверстиями. В системе энтерпрайз устанавливаются: подрезная решетка, 2х сторонний нож и выходная решетка.

При первой схеме (унгер) сырье, вращаясь вместе со шнеком и перемещаясь вдоль оси корпуса, разрезается на части лезвиями подрезной решетки, неподвижно закрепленной в корпусе. Затем сырье измельчается вращающимся первым двухсторонним ножом, перемещается к первой (крупной) решетке, проталкивается через нее, измельчается вторым двухсторонним ножом, проталкивается через вторую (мелкую) решетку и падает в приемную емкость (лоток или тележку).

При второй схеме (энтерпрайз) сырье, вращаясь вместе со шнеком и перемещаясь вдоль оси корпуса, разрезается на части лезвиями подрезной решетки, неподвижно закрепленной в корпусе. Затем сырье измельчается двухсторонним ножом, перемещается к решетке, проталкивается через нее и падает в приемную емкость (лоток или тележку).

Высокопроизводительные мясорубки имеют принудительную подачу сырья в бункер. Мясо в мясорубки может загружаться по спуску, транспортером механическим, гидравлическим или пневматическими погрузчиками. Большинство промышленных мясорубок (волчков) имеют принудительную подачу сырья в корпус

для шнека. В мясорубках упрощенной конструкции сырьё в корпус для шнека загружается самотеком или с помощью толкателя.

Основными параметрами волчков (мясорубок), определяющими производительность, является диаметр измельчительной решетки. Для мясорубок, используемых на малых предприятиях и в торговой сети, он равен 82 или 110 мм. Производительность этих мясорубок 150-800 кг/ч, а мощность электродвигателя 1-4 кВт. Для мясорубок средних и крупных предприятий применяются измельчительные решетки 114-250 мм, при этом производительность 800-12000 кг/ч., а мощность электродвигателя 5-80 кВт.

В бытовых электромясорубках диаметр измельчительной решетки, как правило, равен 55 мм при мощности 1-3 кВт. Производительность этих мясорубок — до 300 кг/час.

Скорость вращения ножей в тихоходных мясорубках -100-200 об/мин, для средних 200-300 об/мин. для быстроходных 300-400 об/мин.

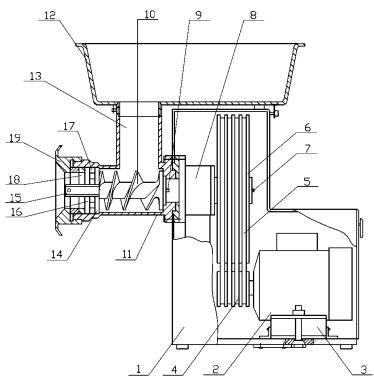


Рис.2.1. Мясорубка с одним рабочим шнеком

На рисунке 2.1 показана мясорубка с одним рабочим шнеком для малых и средних предприятий. На корпусе (станине) 1 закреплен

электродвигатель 2, расположенный на подмоторной плите 3. Вращение от шкива 4 электродвигателя клиновыми ремнями 5 передается шкиву 6, насаженному на ось 7 подшипникового корпуса 8. Ось 7 с торца имеет паз 9, в который вставляется шнек 10. Шнек находится в корпусе для шнека 11. При подаче сырья в бункер 12 сырье через горловину бункера 13 попадает в витки шнека и транспортируется к подрезной решетке 14. Подрезная решетка не вращается, она насажена на вращающийся палец 15 и шпонкой закреплена в корпусе для шнека. При прохождении через подрезную решетку сырьё обрезается ножом 17 и проталкивается через измельчительную решетку 16. При наличии второго ножа мясо проталкивается дополнительно измельчается, через вторую измельчительную решетку и падает в приемный лоток или тележку. прижимаются Ножи решетки плотно друг компенсационным кольцом 18 путем навинчивания центральной гайки 19.

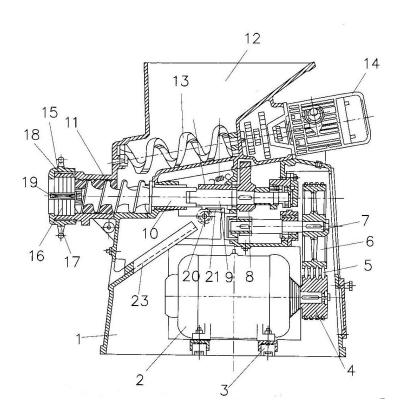


Рис. 2.2. Мясорубка с рабочим и транспортирующим шнеками

На рисунке 2.2 показана мясорубка с рабочим и транспортирующим шнеками. На станине 1 закреплен электродвигатель 2, расположенный на подмоторной плите 3.

Вращение от шкива 4 клиноременной передачей 5 передается на шкив 6, насаженный на промежуточный вал 7 редуктора 8. С торцом 9 выходного вала редуктора соединен измельчительный шнек 10, расположенный в корпусе для шнека 11. При подаче сырья в бункер 12 сырьё транспортируется двумя загрузочными шнеками 13, приводимыми во вращение от электродвигателя 14. Затем сырьё попадает в витки измельчительного шнека 10, транспортируется к подрезной решетке 15, ножами 16, прижатыми центральной гайкой 17 к решеткам 18.

Для устранения неполадок, результате возникших накручивания жил и пленок на нож и санитарной обработки устройства из корпуса для шнека извлекается шнек с режущим Извлечение инструментом инструментом. шнека режущим \mathbf{c} затруднительно, т.к. частицы сырья налипают на детали. Для удобства съема шнека отвинчивают гайку 17. В пальце шнека 19 имеется отверстие, за которое специальным крючком вытаскивается шнек с режущим инструментом. Снятие шнека может также выполняться с помощью выталкивателя, рукоятка которого закреплена на зубчатом секторе 20. При повороте рукоятки зубчатый сектор 20 передвигает зубчатую втулку 21 и выталкивает шнек. Пружина 22 возвращает зубчатую втулку 21 в исходное положение. Для сбора мясного сока служит поддон 23.

Перед началом работы на мясорубке устанавливают ножи и решетки в соответствии с заданием техпроцесса. Получение фарша обеспечивается измельчения степени специальных решеток, отличающихся диаметрами отверстий и их количеством. После установки ножей и решеток их запирают навинчивающейся центральной гайкой 17. Ножи и решетки по плоскостям могут прилегать не по всей поверхности по различным причинам (слабая затяжка центральной гайки, деформация, отверстий, центральных неплоскостность шлифовка некачественная решеток, повреждение режущего инструмента мелким костями или посторонними предметами).

центральной При слабой затяжке гайки снижается производительность и качество резания, так как лезвия ножа не плотно прижаты к решетке и зазор ухудшает условия резания. увеличивает трение ножей затяжка ПО повышенный их износ, нагрев ножей, решеток, фарша и вызывает неизбежное попадание в фарш продуктов истирания режущего инструмента. Поэтому для ножей и решеток должны использоваться стали, не содержащие трудно выводимые из организма человека элементы, такие, как никель, хром.

Запрещается работа мясорубки при отсутствии сырья в корпусе для шнека, так как это может привести к отжигу ножей, всухую трущимся по решеткам. Во избежание попадания пальцев под нож запрещается устанавливать измельчительную решетку с диаметром отверстий более 8 мм на выходе без ограничительного ограждения.

В случае неожиданного прекращения измельчения (привод включен, мясо загружено, но фарш не выходит из решетки) необходимо нажать кнопку «Стоп», отвернуть центральную гайку механизма измельчения, извлечь шнек с насаженными на его ось ножам и решетками, очистить их от намотанных пленок и жил, после чего вставить шнек с ножами на место, навернуть гайку и продолжить работу.

В большинстве современных мясорубок для ускорения процесса очистки при закупорке режущего механизма используется реверс (вращение шнека в противоположную сторону). Для этой цели следует нажать кнопку «Стоп», затем кнопу «R» реверс. Шнек будет проворачиваться в обратном направлении, разрыхляя сырьё, и очищаться от жил, затрудняющих работу мясорубки. Включать реверс можно только после полной остановки вращения шнека. Если функция реверса не сработает, следует отключить кнопкой «Стоп» привод, после чего очищают шнек вручную обычным способом.

Для облегчения съема режущего инструмента после работы и для мойки можно при снятой центральной гайке узла резания включить реверс. При этом шнек с режущим инструментом продвинется вперед и может быть легко вынут с остатками сырья в решетках и корпусе для шнека.

2.2. Механизмы подачи, экструдирования и резания

Механизм подачи, экструдирования и резания состоит из корпуса для шнека, шнека с пальцем, подрезной решетки, измельчительных решеток, ножей и центральной прижимной гайки. Производительность, качество измельчения и надежность зависят от устройства и режима работы этого механизма. Степень измельчения зависит от диаметра отверстий измельчительных решеток.

Оператор, в соответствии с техпроцессом на изготовление конкретной продукции, производит установку необходимого

режущего инструмента. Для крупного или мелкого измельчения при небольшом объеме сырья (когда не требуется высокая производительность) устанавливаются одна подрезная решетка, один нож и одна измельчительная решетка (система энтерпрайз). При большом объеме устанавливаются подрезная решетка, двухсторонний нож, решетка с крупными отверстиями, второй двухсторонний нож и решетка с мелкими отверстиями (система унгер).

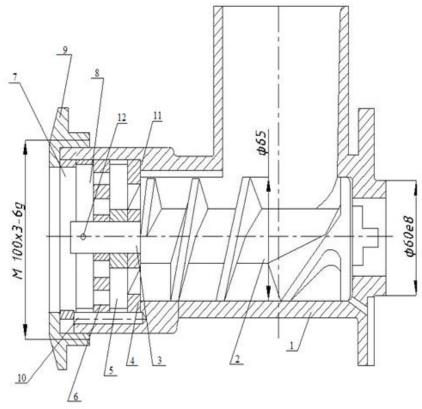


Рис. 2.3. Схемы установки режущего инструменты в системе Энтерпрайз

На рисунке 2.3 показана схема установки режущего инструмента в системе энтерпрайз с подрезной решеткой, одним ножом и одной измельчительной решеткой. В корпусе для шнека 1 находится шнек 2 с пальцем 3. На палец шнека насажены приемная решетка 4, нож 5, измельчительная решетка 6. Ножи и решетки плотно прижаты с помощью прижимных колец 7 и 8 центральной гайкой 9 к упору 11 корпуса для шнека. При уменьшении толщины решеток и ножей после переточки плотный прижим обеспечивается увеличением числа прижимных колец или заменой на более широкие и величиной завинчивания центральной гайки 9.

В корпусе для шнека запрессована шпонка 10, препятствующая вращению приемной и измельчительной решеток, насаженных на палец 3 шнека.

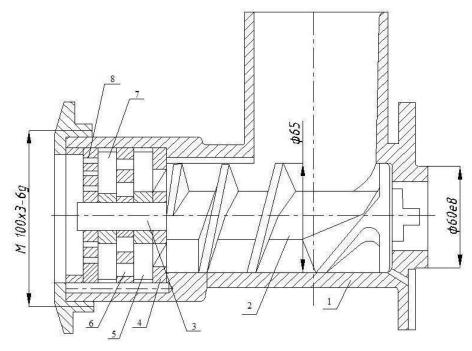


Рис.2.4. Установка режущего инструмента в системе Унгер

На рисунке 2.4 показана схема установки режущего инструмента в системе Унгер с подрезной решеткой 4, первым двухсторонним ножом 5, первой решеткой 6 с крупными отверстиями, вторым двухсторонним ножом 7 и второй подрезной решеткой 8 с мелкими отверстиями.

Мясо из загрузочного бункера через приёмную горловину попадает в витки шнека и транспортируется вдоль корпуса для шнека. На внутренней поверхности корпуса для шнека нарезаны винтовые некоторых конструкциях канавки канавки расположены параллельно). Канавки удерживают проворачивание сырья при вращении шнека. Шаг шнека уменьшается витков продвижения сырья к приёмной решетке, сырьё уплотняется, исчезают пустоты, сырьё подходит к приёмной решетке в виде сплошной спрессованной массы, что обеспечивает работу ножей с полной загрузкой.

Под давлением витков шнека сырьё продавливается через отверстия подрезной и измельчительных решеток и измельчается ножом. Процесс продавливания сырья через матрицу, в данном

случае решетку, называется экструзией. Экструзия – греческое слово – продавливание.

Резание в мясорубке выполняется по схеме ножниц, когда лезвия подвижного ножа и неподвижной решетки имеют острый или прямой угол.

При использовании двух ножей и двух решеток после первой решетки сырьё измельчается крупно, после второй — более мелко. Применение двух ножей и двух измельчительных решеток повышают производительность процесса, что особенно важно при мелком измельчении, так как мелкое измельчение более трудоёмко. Повышение производительности достигается увеличением суммарной длины режущей кромки ножей. Использование двухножевой схемы требует повышенной мощности привода.

Применение режущего инструмента рекомендуется в следующей последовательности:

Для крупного помола небольших объемов:

- приемная решетка,
- нож,
- измельчительная решетка с диаметром отверстий 6, 8 или 10 мм. Для крупного помола больших объемов:
- приемная решетка,
- нож
- измельчительная решетка с диаметром отверстий 10 или 14 мм
- нож,
- измельчительная решетка с диаметром отверстий 6 или 8 мм Для мелкого помола небольших объемов:
- приемная решетка,
- нож,
- измельчительная решетка с диаметром отверстий 2, 3 или 5 мм. Для мелкого помола больших объемов:
- приемная решетка,
- нож,
- измельчительная решетка с диаметром отверстий 8 или 12 мм.
- нож,
- измельчительная решетка с диаметром отверстий 2, 3 или 5мм.

При необходимости более тонкого измельчения допускается повторное измельчение фарша. Для этой цели может быть установлена выходная решетка диаметром отверстий 2 или 3 мм.

2.3 Корпус для шнека

Корпус для шнека является ответственной деталью, от конструкции которой зависит качество измельчаемого сырья (повышение температуры при транспортировке и измельчении, отжим сока из сырья, перетирание, структура фарша) так и производительность. В корпусе для шнека вращается шнек с ножами и закреплены приемная и измельчительные решетки. Ножи и решетки прижимаются центральной гайкой корпуса шнека.

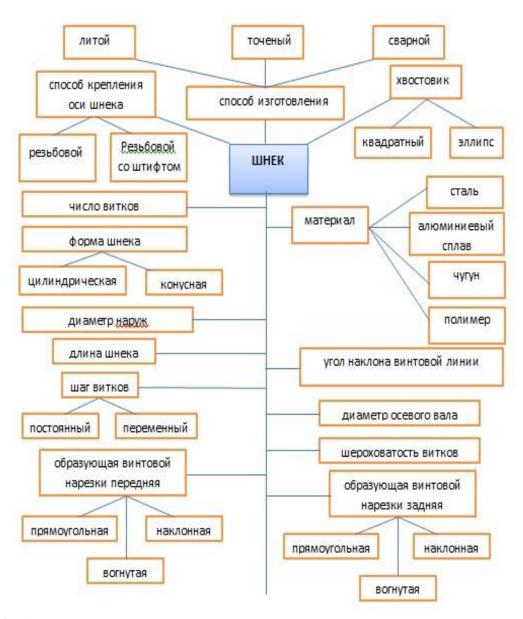


Рис. 2.5. Структурная схема конструктивных параметров корпуса для шнека

На рисунке 2.5 показана структурная схема конструктивных параметров корпуса для шнека. Конструкцию корпуса для шнека характеризуют: внутренний диаметр, шероховатость внутренней поверхности корпуса, длина корпуса, шаг винтовой нарезки канавок по внутреннему диаметру, число канавок, направление винтовой нарезки (правое, левое, прямое), глубина и ширина канавок, материал корпуса шнека (алюминиевый сплав, сталь, чугун, полимер), способ изготовления (литой, составной сварной), способ фиксации решетки в корпусе (шпонка, закрепленная по внутреннему диаметру корпуса или паз в корпусе в который входит выступ решетки), форма корпуса (цилиндр или конус), наличие охлаждения или рубашки для обогрева при измельчении жирового сырья.



Рис. 2.6. Корпус шнека мясорубки 8ММ

На рисунке 2.6. показано фото корпуса для шнека мясорубки 8ММ, Особенность этого корпуса заключается в том, что с целью более качественной санитарной обработки, канавки винтовой нарезки корпуса не имеют прямых углов, что обеспечивает требование ГОСТ (плоскости, сходящиеся в пространственном угле продуктовой зоны, должны быть округлены радиусом). Корпус шнека изготовлен из стали 20Х13Л ГОСТ 997-88 методом литья по выплавляемым моделям. С целью технологичности отливки и снижения её веса цилиндрическая часть корпуса выполнена с утончением стенок в

местах отсутствия канавок. Поверхности, не соприкасающиеся с сырьём, не обработаны.

После отливки корпуса шнека он подвергается струйной обработке стеклянными шариками, которые очищают поверхность и придают ей товарный вид. Если обработку выполнять пескоструйным методом обычными стальными шариками или песком, то стальная дробь или песок внедряются в металл и создают серый с разводами непривлекательный вид. Стальная дробь мельчайшими частицами внедряется в нержавеющую поверхность и спустя некоторое время окисляется, создавая вид ржавого корпуса.

Большое значение имеет точное выполнение соосности внутренней поверхности цилиндра корпуса и отверстий для хвостовика шнека и решеток. При отклонении от соосности шнек может соприкасаться со стенками корпуса, что приведёт к износу и попаданию металлических опилок в сырьё.

В процессе работы усилие прижима ножей к решеткам выполняется цеприжимной гайкой, показанной на рисунке 2.7.



Рис.2.7. Прижимная гайка

Для облегчения снятия корпуса для шнека со станины при санитарной обработке корпус шнека имеет байонетное крепление. Для съема корпуса достаточно ослабить болты крепления и повернуть корпус на пазах до выхода шляпок болтов из отверстия.

2.4. Шнек мясорубки

В основе построения шнеков лежат винтовые поверхности, которые транспортируют сырье вдоль корпуса шнека к измельчительному механизму. Поверхность называется винтовой, если она образуется совокупностью двух перемещений образующей линии - вращательного и поступательного вдоль оси.

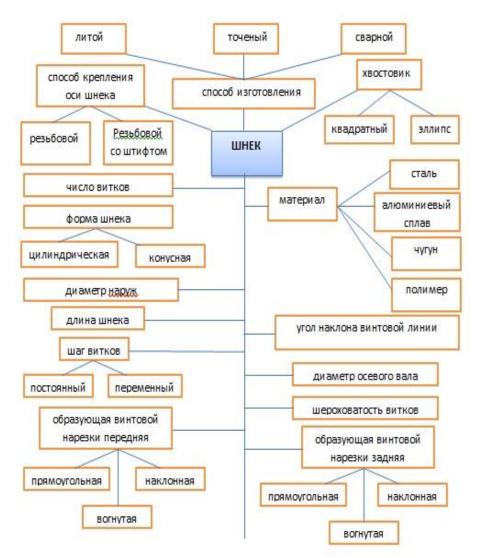


Рис. 2.8. Структурная схема конструктивных параметров шнека

На рисунке 2.8 приведена структурная схема конструктивных параметров шнека мясорубок. Конструкцию шнека характеризуют:

- диаметр наружный;
- диаметр осевого вала;
- форма шнека (цилиндрическая или конусная);
- шаг витков (постоянный, переменный);

- число витков;
- образующая винтовой нарезки, передняя (прямоугольная, наклонная, вогнутая);
- образующая винтовой нарезки, задняя (прямоугольная, наклонная, вогнутая);
- тип хвостового крепления ножа на оси шнека (квадрат, эллипс);
- длина шнека;
- -материал (сталь, чугун, алюминиевый сплав, полимер);
- способ изготовления (литой, точеный, сварной);
- -шероховатость рабочей поверхности витков шнека;
- угол наклона винтовой линии;
- способ крепления оси шнека (заливка в материал шнека, запрессовка);
- коэффициент вариации шага винтовой линии.

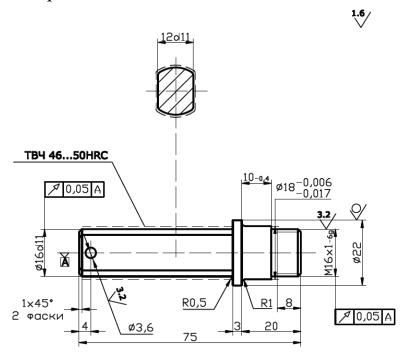


Рис. 2.9. Корпус шнека и палец

Корпус шнека и палец (рисунок 2.9) изготавливаются раздельно и соединяются с возможностью разборки. Это вызвано тем, что шнек практически не изнашивается и без ремонта может служить много лет, а палец шнека, на который насажены ножи, подвергается значительной нагрузке и срок его службы незначителен. Поэтому при ремонте заменяется только палец.



Рис.2.10. Шнек мясорубки 8ММ

На рисунке 2.10 показан шнек мясорубки 8ММ. Шнек изготавливается литьём по выплавляемым моделям из стали 30Х13Л. Эта сталь разрешена санитарными органами к применению в контакте с пищевыми средами, она не подвергается коррозии и в сравнении с легированными сталями, содержащими никель и титан (например, Х18Н10Т) значительно дешевле. После отливки заготовка шнека подвергается токарной и фрезерной обработке посадочных отверстий. Плоскости витков и центрального вала не обрабатываются.

На конце шнека находится хвостовик, который вставляется в корпус для шнека и в ведущий вал для передачи вращения.

Данная конструкция шнека типична для любых шнеков мясорубок, в которых могут меняться только геометрические размеры в зависимости от производительности. Шнек мясорубки может быть изготовлен не только литейным способом, но и механической обработкой. Однако шнек не может быть изготовлен на обычном токарном станке, т.к. шаг витков переменный. Шнек вытачивают на станках с программным управлением, где по программе задаётся переменный шаг для витков шнека. Механическая обработка весьма трудоемка и применяется только для единичного или мелкосерийного крупносерийного производства производства, ДЛЯ изготавливаются литейным способом. В некоторых конструкциях волчков применяются шнеки, изготовленные из особо прочных полимерных композиций. В эксплуатации находят применение сварные шнеки, изготовленные сваркой из штампованных дисков. Эти шнеки не имеют товарного вида из-за сварных швов и плохо промываются. В массовом производстве они не пригодны из-за

большой трудоёмкости. Шнек независимо от материала и способа обеспечивать перемещение изготовления должен сырья измельчительному механизму в щадящем режиме, т.е. не перетирать сырьё, не выжимать сок не нагревать его. При проектировании шнека размерная цепочка и допуска должны обеспечивать гарантированный зазор между подрезной решеткой и торцом шнека. Шнек при работе не должен передним торцом соприкасаться с подрезной решёткой. Это исключает трение шнека о подрезную решётку, исключает зажим шнека при затяжке центральной гайки. Число витков шнека влияет на режим работы. При малом числе витков (двух-трех) обратный поток сырья значителен, давление в корпусе шнека не большое. При противопоток уменьшается, витках четырех-пяти давление производительность увеличивается. При большем числе витков стабилизируется, производительность НО увеличиваются энергозатраты и перетирание сырья.

Витки шнека не должны соприкасаться со стенками корпуса достигается точностью изготовления подшипниковых отверстий. Для исключения износа шнека и корпуса для шнека между наружным диаметром шнека и внутренней поверхностью корпуса для шнека должен быть зазор не более 0,5 мм. При большем зазоре у стенок корпуса образуется зона скопления сырья, увеличивается противопоток. Наилучшие условия работы шнека обеспечиваются полировкой витков шнека, прямоугольной винтовой нарезкой, что уменьшает трение сырья по виткам и уменьшает прокручивание сырья В корпусе. значительное количество исследований по обоснованию параметров шнеков мясорубок до настоящего времени нет единого решения по профилированию винтовой нарезки шнека. Известны конструкции шнеков, где образующие винтовой линии имеют углы от 60° , 70° , 80° , до 90°, в некоторых конструкциях образующая винтовой линии имеет серповидную форму. В патентной литературе описан шнек, состоящий из двух зон – зона приема сырья (профиль образующей серповидный для захвата) и зона транспортировки с прямоугольной винтовой нарезкой.

2.5. Подрезная решетка

Подрезная решетка (иногда ее называют неподвижным ножом) представляет собой диск с радиально расположенным или серпообразными лезвиями. Подрезная решетка (Рисунок 2.11) устанавливается в корпусе для шнека первой по направлению движения сырья и служит для резания и предварительного крупного измельчения.

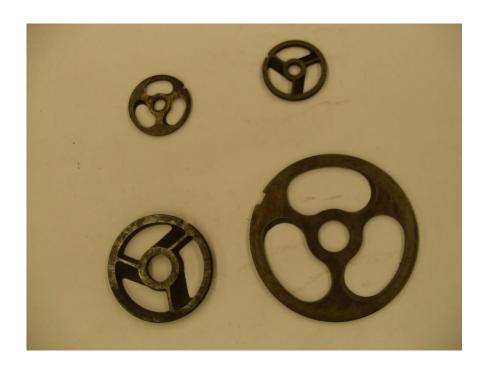


Рис. 2.11. Подрезные решетки

Решетка одевается центральным отверстием на палец шнека и от поворота удерживается шпонкой, запрессованной в корпусе для шнека. К подрезной решетке плотно прижимается двухсторонний нож, лезвия решетки и ножа образуют режущую пару наподобие ножниц. В мясорубках применяются односторонняя или двухсторонняя подрезные решетки. При установке односторонней решетки она должна быть обращена остриём лезвия к шнеку для обеспечения резания. Двухсторонняя решетка может устанавливаться любой стороной т.к. при установке решетки с любой стороны лезвие всегда будет направлено в сторону резания.

Твердость материала приемной решетки после термообработки должна быть 58-64 HRC с тем, чтобы лезвие ножа, твердость которого 48-56 HRC. Не врезалась в решетку. Даже при незначительном врезании лезвия происходит поломка ножа. Вероятность врезания

лезвия подрезной решетки в нож маловероятна, т.к. конец лезвия решетки закреплен на наружном ободе. Подрезная решетка, как и ножи, подлежит регулярной заточке методом шлифования по плоскостям. Наиболее эффективной является подрезная решетка с лезвием, заточенным под углом 30 - 45° и имеющая наибольшую площадь проходного сечения. Подрезные решетки изготавливаются из ст. 45, У8А, У10А, 98Х18, ШХ15, 40Х13.

2.6. Измельчительные решетки

Измельчительные решетки мясорубок, показанные на рисунке 2.12, представляет собой диски с отверстиями, как правило, круглыми, расположенными по спирали (архимедова, логарифмическая, гиперболическая), в шахматном порядке, по окружности, по контуру квадрата или треугольника.

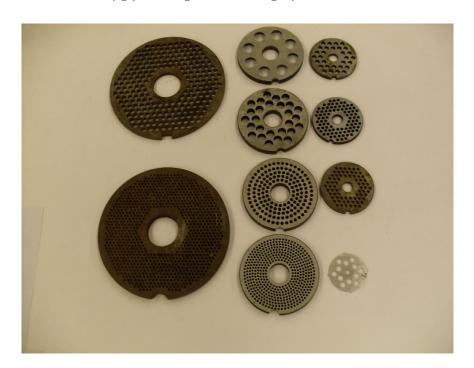


Рис. 2.12. Измельчительные решетки

Для получения различной конфигурации измельчаемого продукта (фигурные вкрапления в колбасные изделия, овощные и мясные салаты) применяются одновременно две решетки с параллельными пазами, причем решетки смещаются под углом друг к другу (рисунок 2.13).

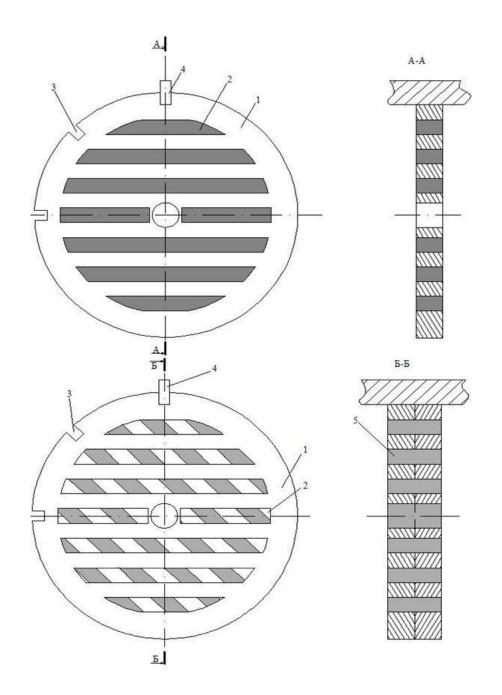


Рис.2.13. Решетки с пареллельными пазами

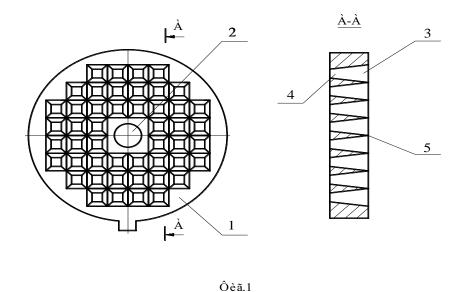


Рис.2.14. Измельчительная решетка с квадратными отверстиями и наружной шнонкой

На рисунке 2.14. показана измельчительная решетка с квадратными отверстиями и наружной шпонкой. По способу фиксации решеток в корпусе шнека существует два типа решеток: со шпоночным пазом к центру решетки (рис. 2.12) и с наружной шпонкой (рис.2.14). Наружная шпонка решетки фиксируется в пазу корпуса для шнека. Второй вариант предпочтительнее, так как позволяет на решетке выполнить дополнительный ряд отверстий, что увеличивает площадь полезного сечения и позволяет увеличить длину лезвий ножа при сохранении габаритов корпуса шнека. Такая решетка не требует применения фиксирующей шпонки на корпусе для шнека, а предусматривает паз в корпусе для шнека.

Измельчительные решетки изготавливаются в соответствии с ГОСТ 28533-90 «Режущий инструмент волчков. Типы, основные размеры и технические требования».

На рисунке 2.15. показана структурная схема конструктивных параметров измельчительных решеток. От этих параметров зависит производительность мясорубок, качество и степень измельчения, срок службы режущего инструмента, трудоемкость изготовления.

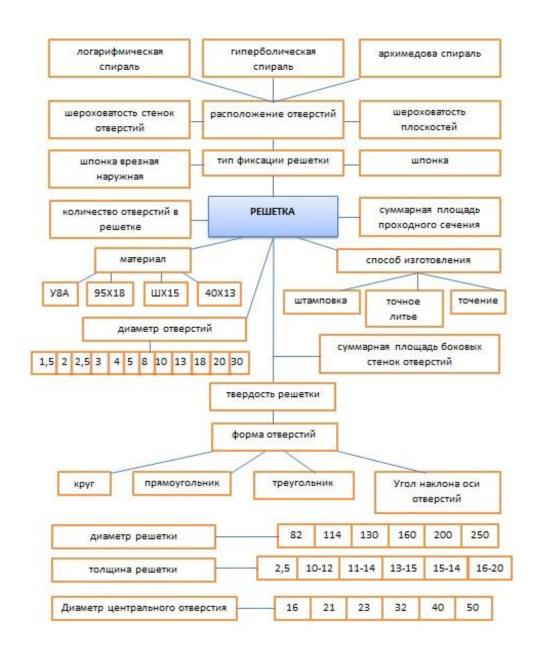


Рис 2.15. Структурная схема конструктивных параметров измельчительных решеток

Конструкцию измельчительных решеток характеризуют:

- материал;
- коэффициент использования полезной площади;
- диаметр решетки;
- толщина решетки;
- диаметр центрального отверстия;
- твердость решетки;
- суммарная площадь боковых стенок отверстий;
- способ изготовления (литой, штампованный, токарный);
- способ фиксации решетки в корпусе;

- шероховатость стенок отверстий;
- шероховатость плоскостей;
- расположение отверстий;
- количество отверстий;
- диаметр отверстий;
- форма отверстий.

Решетки в зависимости от необходимой степени измельчения изготавливаются с диаметром отверстий от 1,5 до 30 мм.

Решетки изготавливаются: сталь 45, У8А, У10А, 98Х18, ШХ15, 40Х13 и др. Выбор материала зависит от наличия на производстве необходимого ассортимента, отвечающего требованиям работоспособности (твердость), При выборе марки стали необходимо учитывать технологические возможности производства (возможность закалки, шлифовки, сверления). Следует предусматривать передовые технологии металлообработки, такие как подводная полировка, автоматизация процесса сверления, точное литьё и пр.

От диаметра решетки и диаметра отверстий в решетке зависит производительность мясорубки. С увеличением диаметра решетки увеличивается производительность. Например, в мясорубках с диаметром решетки 82 мм. Максимальная производительность — 350 кг/час, а в мясорубках с диаметром решетки 114 мм - 1100 кг/час. С уменьшением диаметра отверстий в решетке уменьшается производительность. Например, в волчке с решетками диаметром 114 мм и отверстиями 12 мм производительность составляет 1100 кг/час, а при решетке с отверстиями 3 мм — 700 кг/час.

Эффективность работы решетки оценивается коэффициентом η использования полезной площади решетки. Этот коэффициент зависит от диаметра решетки D, диаметра отверстий d, числа отверстий K.

$$\eta = \frac{S_p}{S_o}$$

где S_p - площадь решетки; S_o - суммарная площадь отверстий.

$$S_p = \frac{\pi D^2}{4},$$

$$S_o = \frac{\pi D^2 \cdot k}{4}.$$

Пропускная способность измельчительной решетки зависит от площади полезного сечения. Площадь полезного сечения зависит от диаметра решетки, числа и диаметра отверстий. Число отверстий зависит от диаметра отверстий, схемы их расположения и толщины

стенок между отверстиями. Для каждого диаметра решеток и для каждой решетки с различным диаметром отверстий расположение и число отверстий различны. Современное оборудование и инструмент позволяют выполнять стенки между отверстиями толщиной до 0,1 мм.

Твердость решетки после термообработки 58 — 64 HRC. Твердость решетки должна быть выше твердости ножа, при этом условии лезвие ножа даже при незначительной неплоскостности прилегания ножа к решетке не сможет врезаться в решетку. На практике иногда встречаются решетки по термообработке не отвечающие требованиям твердости. В этих случаях при незначительных перекосах лезвие ножа врезается в металл решетки и происходит разрушение ножа.

При экструдировании (продавливании) сырья через отверстия решетки измельчение сырья выполняется лезвиями ножа, скользящими по поверхности решетки.

Расположение отверстий и форма лезвий ножа оказывают влияние на производительность измельчения, качество измельчения, на энергоемкость. Расположение отверстий на рабочей поверхности решеток влияет на коэффициент η использования их площади. При расположении отверстий по квадрату $\eta = 0.28-0.3$, по треугольнику $\eta = 0.34-0.36$.

Лезвия ножа также могут иметь различные профили. До настоящего времени нет единого оптимального решения совместного профилирования лезвий ножа и расположения отверстий измельчительной решетки. Различные профили лезвий ножа имеют различную длину лезвия, следовательно, эти лезвия имеют различные контакты с выходящими из отверстий решетки сырьём.

В некоторых зарубежных волчках (фирма Зайдельманн, Германия) применяются решетки с отверстиями, просверленными под острым углом к её плоскости. Теоретически оправдано сверление отверстий решеток под углом, при этом образуется режущая кромка решетки с острым углом. Это снижает усилие резания и, как следствие, снижает энергоёмкость и повышает производительность. Сверление в решетках отверстий под углом или на конус из-за сложности выполнения не нашло широкого применения.

Большое значение в измельчительных решетках играет чистота (шероховатость) поверхностей, как плоскостей решетки, так и боковых стенок отверстий. Высокая чистота обработки плоскостей решетки обеспечивает хорошее прилегание ножей, снижение трения и

уменьшение нагрева, как режущего инструмента, так и, как следствие, Стенки отверстий измельчаемого сырья. должны иметь не более *Ra* 0,8 мкм. Однако такую шероховатость сверлением не получить, а развертывание или протяжка весьма трудоёмки. Подводная полировка (электрополировка) решает эту проблему. При этом чтобы избежать скругления острых кромок, необходимо подводную полировку отверстий выполнять ДО шлифовки по плоскостям.

Плоские поверхности решеток также должны быть обработаны до чистоты не более $Ra~0.8~{\rm mkm}$. Эта обработка снижает трение при вращении ножа и снижает повышение температуры, что весьма важно для качества измельчаемого сырья.

Измельчительные решетки изготавливают точением, штамповкой Точеные решетки большую И литьем. имеют трудоемкость. Штампованные решетки, как правило, незначительной выдерживают небольшое число подвергаются деформации при измельчении мясного сырья. Литые решетки менее трудоемки. Для литых решеток отливают заготовку (диск) с отверстиями с припуском на сверловку отверстий, шлифовку по плоскостям и проточкой по диаметру.

Важным этапом при конструировании мясорубок является расчет измельчительной решетки на прочность и жёсткость (деформативность).

2.7 Ножи мясорубок

Ножи мясорубок (волчков), как и измельчительные решетки, изготавливаются по ГОСТ 28533-90 «Режущий инструмент волчков. Типы, основные размеры и технические требования». Этот ГОСТ не определяет конструкцию ножей, он только регламентирует основные размеры и технические требования.

В процессе измельчения одновременно участвуют две кромки ножа — входная и выходная. На выходе из решеток, продавленное через неё измельченное сырьё имеет форму цилиндров. Лезвие ножа, вклиниваясь в эти цилиндры, вызывает на поверхности стыка давление, деформирует и разрушает волокна. Энергосиловые показатели процесса измельчения мяса и качество продукции во многом зависят от параметров ножа.

На рисунке 2.16 показана структурная схема конструктивных параметров ножей мясорубок.

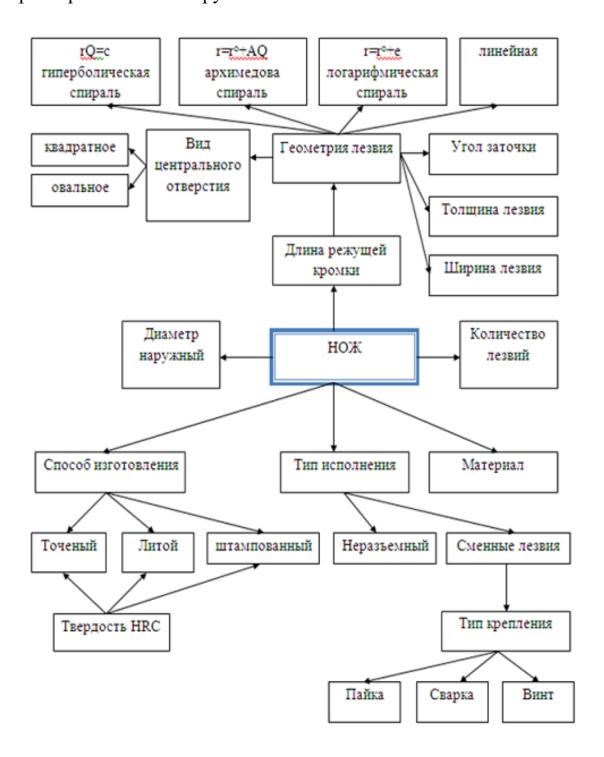


Рис. 2.16. Структурная схема конструктивных параметров ножей



Рис. 2.17. Ножи с четырьмя лезвиями.

На рисунке 2.17 показаны ножи с четырьмя лезвиями Нож насаживается на ось шнека, посадочное отверстие ножа имеет препятствующие повороту ножа вокруг вращается вместе с осью и лопастями, прижатыми к решеткам, обрезает выдавливаемое из отверстий решеток сырьё. Лезвия ножа могут быть прямыми и криволинейными. Центральное отверстие ножей в различных моделях может быть квадратным или овальными с плоскостями. Фирмы изготовители зачастую изготавливают ножи и решетки с посадочными отверстиями, характерными только для этой фирмы с тем, чтобы конкурирующие фирмы не поставляли запчасти на эти волчки. Ножи и решетки перетачиваются после 20 -30 часов работы, при этом становятся все тоньше и тоньше. Поэтому за год приходится неоднократно заказывать ремонтные комплекты. Угол заточки на различных моделях различен. Он изменяется от 90°до 30°. неблагоприятный Угол заточки 90° самый ДЛЯ обеспечивает высокую производительность, вызывает повышенную энергоемкость, но наиболее прост в изготовлении и обладает высокой стойкостью и большим сроком между переточками. Угол заточки 30° обеспечивает лучшие условия резания, снижение энергозатрат, но подвержен быстрому затуплению и разрушению при попадании твердых частей измельчаемого сырья.

Для обеспечения высокой производительности важна ширина лезвия, так как лезвия ножа прижимаются к решетке и перекрывают

их отверстия. Длина режущей кромки ножа зависит от диаметра решетки и формы лезвия.

По способу изготовления ножи делятся на литые, точеные и штампованные. Литые ножи изготавливаются при больших партиях, они обладают хорошей прочностью и невысокой трудоемкостью. Точеные ножи выпускаются только мелкими партиями и имеют высокую трудоёмкость. Штампованные ножи имеют низкую трудоёмкость, но требуют изготовления дорогостоящих штампов и их толщина ограничена возможностями штамповки.

Ножи могут быть сплошными или составными. В первом случае их изготавливают целиком из высококачественной стали и по мере переточки до недопустимых по прочности размеров заменяют новыми. Нож со сменными лезвиями имеет корпус, к которому различными способами крепят съемные лезвия, изготовленные из особо прочных материалов (инструментальные стали, керамические материалы).

Твердость лезвия ножа после термообработки должна быть в пределах $48-56\ HRC$.

В новейших разработках применяется нож с криволинейным лезвием специальной формы, показанный на рисунке 2.17. и нож с отверстиями в лопастях, показанный на рисунке 2.18.



Рис. 2.18. Нож с кроволинейным лезвием

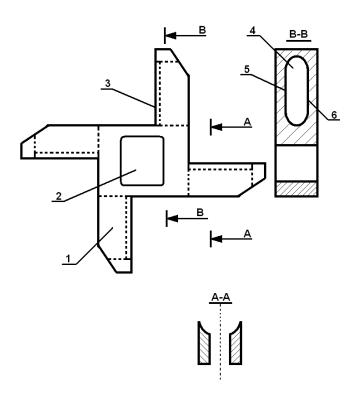


Рис. 2.19. Нож с отверстиями в лопастях

2.8. Устройство для набивки колбас

На малых предприятиях при изготовлении колбасных изделий небольших объемов для наполнения оболочек используется специальное устройство. На мясорубках вместо комплекта режущего инструмента устанавливается устройство, показанное на рисунке 2.19.

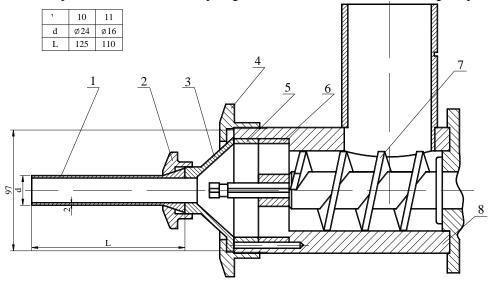


Рис. 2.20. Устройство для набивки колбас

Для набивки колбас на трубку 1 надевают оболочки. Трубка цанговым зажимом 2 крепится к воронке 3, которая центральной гайкой 4 прижимается к корпусу для шнека 8. Для поддержки шнека 7 в корпус для шнека вставлена втулка 6. Воронка 3 прижимается к втулке 6 прижимным кольцом 5. В приемный лоток загружается колбасный фарш, который после включения мясорубки шнеком подается в трубку и, перемещаясь, набивает колбасную оболочку. Для изготовления различных колбасных изделий (сосиски, колбасы разного диаметра) в состав комплекта устройства входят трубки разного диаметра.

Это достаточно простое устройство позволяет исключить применение дополнительной шприцмашины для набивки колбас и используется также в домашних условиях.

2.9 Привод мясорубок

В мясорубках (волчках) привод характеризуется мощностью, типом двигателя, видом передач, вращающим моментом на валу шнека и его угловой скоростью.

Привод мясорубки работает в спокойном равномерном режиме. Конструкции приводов мясорубок весьма разнообразны.

Привод может выполняться различными передачами: моторредуктором, редуктором, зубчатой передачей, червячной передачей, клиновыми или плоскими ремнями (гладкими или зубчатыми) или различными комбинациями указанных типов передач.

В современных приводах всё большее распространение получают электромоторы с переменной скоростью вращения с частотными преобразователями. Некоторые модели мясорубок имеют привод вращения ножей и привод шнека, выполненные раздельно, причем ножи вращаются быстрее шнека.

Наличие многих вариантов приводов мясорубок обусловлено различными условиями работы, стоимостью комплектующих изделий, металлоёмкостью, трудоёмкостью изготовления, сроком службы, затратами на эксплуатацию, удобством обслуживания, габаритами.

Для получения необходимого передаточного отношения от электродвигателя к измельчительному механизму необходимо применять ременные и зубчатые передачи. Причем их выбор определяет габариты, массу и трудоемкость изготовления мясорубки.

Например, при мощности электродвигателя 1 кВт при использовании клиноременной передачи необходимо 4 ремня типа О или два ремня типа А. При этом минимальный диаметр ведущего шкива электромотора для ремня типа О должен быть не менее 62 мм, а для клинового ремня типа А не менее 92 мм. При передаточном отношении 3 для уменьшения частоты вращения с 1000 до 333 об/мин. диаметр ведомого шкива в первом случае будет 186 мм, а при использовании ремня А диаметр ведомого шкива увеличивается до 276 мм. Второй вариант увеличивает габариты и массу мясорубки.

Этот пример показывает один из возможных вариантов уменьшения габаритов и массы мясорубки при подборе типа ремней. Такие же примеры могут быть рассмотрены при выборе в приводе различных видов зубчатых, червячных и других передач.

Существующие приводы мясорубок представлены следующими схемами расположения шнеков:

- 1. Один рабочий шнек расположен горизонтально;
- 2. Рабочий и транспортирующий шнеки расположены в одну линию и вращаются с одинаковой скоростью;
- 3. Рабочий и транспортирующий шнеки расположены в одну линию, а скорости их вращения различны;
- 4. Рабочий и транспортирующий шнеки расположены параллельно, их скорости вращения могут быть равны или различны;
- 5. Рабочий и транспортирующий шнеки расположены под углом, как правило, 90° .

На рис. 2.21. показана кинематическая схема привода мясорубки с одним шнеком, расположенным горизонтально, где 1 - электромотор, закрепленный на подмоторной плите 2. Вращение от шкива 3 электродвигателя передается клиновым ремнем 4 ведущему шкиву 5. Шкив приводит во вращение вал 6, в который вставлен хвостовик горизонтально расположенного измельчительного шнека 7. На конце шнека неподвижно крепится нож 8. Палец 9 шнека вращается в центральном отверстии решетки 10, неподвижно закрепленной в корпусе шнека 11. Для натяжения клиновых ремней привода служит винт 12 и гайка 13.

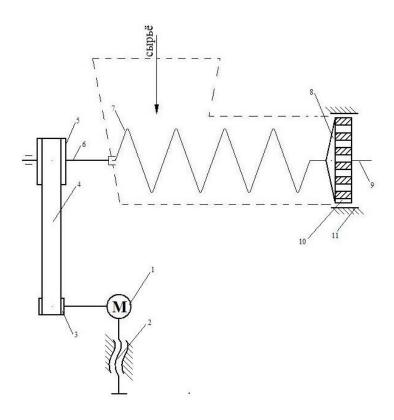


Рис. 2.21. Кинематическая схема привода мясорубки с одним шнеком, расположенным горизонтально: 1 — электромотор; 2 — подмоторная плита; 3 — шкив; 4 — клиновый ремень; 5 — ведущий шкив; 6 — вал; 7 — измельчительный шнек; 8 — нож; 9 — палец шнека; 10 — центральное отверстие решетки; 11 — корпус шнека; 12 — винт; 13 — гайка

На рис 2.22 показана кинематическая схема привода мясорубки с рабочим и транспортирующим шнеками, расположенными горизонтально в одну линию и вращающимися с одинаковыми скоростями, где 1 - электромотор, закрепленный на подмоторной плите 2 передает вращение от шкива 3 клиновым ремнем 4 шкиву 5.

Шкив приводит во вращение вал 6, в который вставлен хвостовик горизонтально расположенного транспортирующего шнека 7. Транспортирующий шнек вращает измельчительный шнек 8. Оба шнека вращаются с одинаковыми скоростями. Такая схема применена в мясорубке $M\Pi-82$.

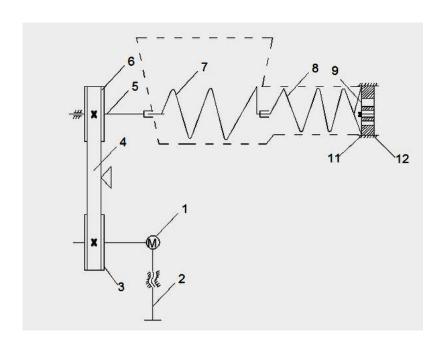


Рис. 2.22. Кинематическая схема привода мясорубки с рабочим и транспортирующим шнеками, расположенными горизонтально в одну линию и вращающимися с одинаковыми скоростями:

1 — электромотор; 2 — подмоторная плита; 3, 5 — шкив; 4 — клиновый ремень; 6 — вал; 7 — транспортирующий шнек; 8 — измельчительный шнек

На рис 2.23. показана кинематическая схема привода мясорубки с транспортирующим и измельчительными шнеками, расположенными в одну линию и вращающимися с разными скоростями. Вращение от электродвигателя 1, закрепленного на подмоторной плите 2 передается шкивам 3 и 4.

Шкив 3 клиновым ремнем 5 передает вращение шкиву 6, неподвижно соединенному с подающим шнеком 7. Шкив 4 клиновым ремнем 8 передает вращение шкиву 9. Вал 10 расположен внутри корпуса шнека 7 и передает вращение измельчительному шнеку 11, на конце которого неподвижно закреплен нож. Такая схема применена в мясорубке К6-ФПВ-120.

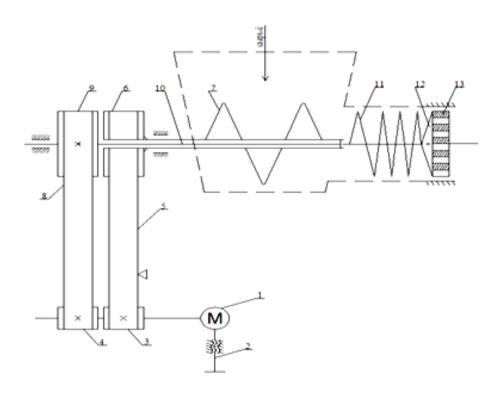


Рис. 2.23. Кинематическая схема привода мясорубки с рабочим и транспортирующим шнеками, расположенными в линию и вращающимися с разными скоростями:

1 — электродвигатель; 2 — подмоторная плита; 3, 4, 9 — шкив; 5 — клиновый ремень; 6 — неподвижно соединенный шкив; 7 — подающий шнек; 8 — клиновый ремень; 10 — вал; 11 — измельчительному шнеку

ГЛАВА 3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЯСОРУБОК

3.1 Особенности процессов экструдирования и измельчения сырья в мясорубках

Измельчение мясного сырья процесс энергоемкий Измельчение необратимый. мясорубках В сопровождается уменьшением размера частей продукта, увеличением площади их поверхности, сжатием, перетиранием, выделением перемешиванием, трением кусков о стенки корпуса, трением кусков между собой, трением о поверхность шнека, трением деталей режущего механизма, повышением температуры.

Процессу измельчению сырья в мясорубках предшествуют процессы транспортирования и экструдирования. Эти процессы предопределяют условия измельчения и качество готовой продукции.

Экструзия (extrusio — выталкивание, выдавливание) применительно к мясорубкам представляет собой процесс выдавливания мясного сырья через отверстия измельчительных решеткок (матрицы) по поверхностям которых решеток вращаются прилегающие к ним лезвия ножей. В мясорубках сырьё витками шнека (шаг витков, как правило, уменьшается по направлению продвижения сырья) транспортируется вдоль канала корпуса для шнека, уплотняется, проталкивается через систему измельчительных решеток и подрезается ножами.

Экструзия является разновидностью процесса прессования. При прессовании под действием давления происходит изменение свойств Ha продукта. процесс прессования влияют прессуемости, удельное давление прессования, коэффициент трения о витки шнека, коэффициент трения о корпус шнека, коэффициент стенки отверстий решетки, площадь поверхности корпуса для шнека, площадь поверхности шнека, площадь полезного сечения шнека, площадь полезного сечения ножей, площадь полезного сечения решеток, суммарная площадь поверхностей боковых стенок отверстий решетки.

При равной степени измельчения сырья, но при различных условиях транспортировки, компоновки узлов режущего механизма, конструкции и материала корпуса для шнека, конструкций шнека, ножей, решеток, энергозатраты могут изменяться от 2,5 до 12 кВт ч/т, а сопротивление резанию изменяется в пределах 0,5 - 2,5 кг/см. От

взаимосвязи работы механизма экструдирования и механизма измельчения зависит производительность и качество готовой продукции.

Процесс экструдирования и измельчения в волчках – один из сложных механических процессов пищевой технологии, так как включает течение вязко-пластичных неоднородных санизатропных продуктов, сопровождающееся компонентов пищевых биохимическими, физическими и структурными, и изменениями реологической системы. Известные математические модели процесса экструзии и измельчения пищевых продуктов базируются на многочисленных допущениях, лишь приблизительно качественно и количественно описывают процесс, трудно применимы к реальным условиям конструирования и эксплуатации мясорубок и требуют дальнейшего совершенствования.

Отличия измельчительного узла мясорубки от обычного экструдера заключаются в том, что в мясорубках вместо формующей головки (матрицы) применяется многоступенчатый блок с решетками, ножи которого влияют на работу матрицы (решетки), так как плоскости лезвия ножей перекрывают отверстия матриц и задерживают поступательное движение продукта через матрицу. Кроме того, процесс продавливания сопровождается резанием лезвиями ножа обрабатываемого продукта.

Несмотря на то, что ведущие фирмы достигли высокого уровня совершенства конструирования и производства экструзионной и измельчительной техники, научное обеспечение процесса экструзии и измельчения является недостаточным ДЛЯ полноценного проектирования волчков. Многочисленная вариативность параметров волчков измельчения и отсутствие обоснованности применения приводят к невозможности унификации, препятствуют себестоимости снижению изготовления И эксплуатации оборудования.

При одноножевом (UNGER) или двухножевом (ENTERPRISE) вариантах компоновки при измельчении участвуют две кромки ножа — передняя и задняя. Продавливаясь через решетки сырьё, приобретает форму цилиндров, лезвие ножа, вклиниваясь в эти цилиндры, вызывает на поверхности резания давление, деформирует и срезает волокна.

Конструкция загрузочной и транспортной зоны существенно влияет на производительность измельчения, так как обеспечивает непрерывность потока, поступлениям сырья к ножам, влияет на

пустоты сырья и давление сырья перед измельчением. Сырье поступает в витки шнека в неуплотненном виде, с пустотами, обусловленными различной формой, размерами и ориентацией загружаемых кусков. Захваченные куски мяса под давлением витков шнека перемещаются к решеткам. По мере уменьшения шага витков шнека при приближении к решеткам сырье постоянно уплотняется. Вращение витков шнека вынуждает сырье помимо поступательного движения выполнять еще и вращательное движение. Однако имеющиеся канавки в корпусе для шнека препятствуют этому вращению. Известно, что любое сдавливание, перекручивание мясного сырья изменяет его структуру, ведёт к выдавливанию мясного сока, что ухудшает технологические и пищевые качества Только щадящий режим обеспечивает продукта. получение продукции высокого качества. Поэтому ЛУЧШИМ транспортировки сырья на этом этапе является режим наименьшего перекручивания и давления.

На пути перемещения сырья для обеспечения щадящего режима не должно быть резких перепадов давления и концентрированных усилий, прилагаемых к сырью.

3.2 Зависимость производительности мясорубки от основных параметров. Математическое моделирование процесса измельчения

Производительность и энергосиловые показатели мясорубок зависят от мощности двигателя, диаметра измельчительных решеток, диаметра отверстий в решётках, числа отверстий и геометрии их расположения, толщины решеток геометрии заточки лезвия ножа, формы лезвийной кромки, числа лезвий, чистоты обработки рабочих поверхностей, физико-механических (реологических) показателей сырья, скорости вращения шнека и ножей.

Известны различные варианты расчета производительности и других параметров мясорубок [62,83]. Эти расчеты непрерывно уточнялись, дополнялись и видоизменялись. Однако до настоящего времени не сложилась единая теория расчета основных параметров измельчительно-режущего оборудования. Одним из главных направлений в исследовании мясорубок является определение зависимости производительности от конструктивных параметров.

При проектировании новых мясорубок, ее отдельных узлов и рабочих инструментов (шнеков, ножей и решеток) производительность не рассчитывают, т.к. она задается и является исходным параметром. Задачей проектирования является определение основных параметров узлов и рабочих инструментов в зависимости от заданной производительности.

В работах Пелеева А.И. производительность M определяется:

$$M = \frac{\varphi F}{F_1},\tag{3.1}$$

где ϕ - коэффициент использования режущей способности механизма; F – режущая способность механизма, M^2/Ψ ; F_1 – поверхность раздела при измельчении единицы веса продукции, M^2/Ψ г.

Режущая способность F определяется по формуле:

$$F = 60n \frac{\pi D^2}{4} (k_1 \varphi_1 + k_2 \varphi_2 + ... + k_Z \varphi_Z), \, M^2/\Psi, \qquad (3.2)$$

где D – диаметр решетки, мм;

n – число оборотов ножей в минуту;

ф - коэффициент использования площади решетки;

k - число лезвий;

z – число режущих плоскостей.

Данный расчёт не позволяет определить параметры ножа (формы лезвия, угла заточки, ширины лезвия и пр.), параметры шнека (шаг и профиль винтовой нарезки), параметры решеток (число и диаметр отверстий, толщина решетки, шероховатость рабочих поверхностей) и их влияние на производительность на производительность.

Известный учёный по теории резания лезвием Н.Е. Резник считает, что «режущей способностью называется способность лезвия выполнять свою функцию». Понятие режущей способности лезвия вытекает из его физической сущности, т.е. формы лезвия, угла заточки и пр. Режущая способность также зависит от параметров измельчительной решетки. Например, условия резания с обычной измельчительной решеткой (отверстия перпендикулярны плоскости решетки) и условия резания с решеткой, в которой отверстия наклонные и создают острый режущий угол значительно отличаются.

При создании режущего устройства следует стремиться к сокращению усилий и работы, необходимых для резания сырья, т.е. к высокой режущей способности лезвия.

В работе [83] при определении производительности мясорубки не раскрыто влияние конкретных параметров режущего инструмента. В соответствии с формулой (3.2) производительность мясорубки

прямо пропорциональна увеличивается с увеличением числа лезвий, что неверно. При увеличении числа лезвий увеличивается площадь перекрытия отверстий решетки, что снижает производительность.

В работе [62] производительность определяется по пропускной способности шнекового механизма.

$$Q = F_0 \cdot v_0 \cdot \rho \cdot \varphi, \tag{3.3}$$

где F_0 - суммарная площадь отверстий в первой решетке, M 2;

 v_0 - скорость прохождения продукта через отверстия первой решетки, м/с;

 ρ - плотность продукта, кг/м³;

ф - коэффициент использования площади отверстий первой решетки;

Зависимость производительности мясорубки от основных параметров следует рассматривать во взаимосвязи производительности шнекового и измельчительного механизмов.

Производительность шнекового механизма (количество сырья на выходе из шнека) без учета противодавления

$$Q_{III} = 0.785(D^2 - d^2)(H - L)\phi \cdot n \tag{3.4}$$

где D – диаметр шнека;

d — диаметр вала шнека;

H – шаг витков шнека;

L — толщина витков шнека;

ф – коэффициент заполнения объема витков шнека продуктом;

n — частота вращения шнека;

Производительность Π_1 с учетом противодавления

$$\Pi_1 = \Pi_{\text{mp}} - \Pi_{\text{ok}} - \Pi_{03},$$
 (3.5)

где Π_{np} - прямой поток продукта вдоль канала;

 $\Pi_{\text{ок}}$ – обратного поток продукта вдоль винтового канала под действием противодавления;

 $\Pi_{\mbox{\tiny 03}}$ – обратный поток через зазоры между витками и корпусом.

Учитывая незначительность обратных потоков, ими можно пренебречь. Экспериментально доказано, что при измельчении 10 кг мясного сырья противопотоком перемещается не более 30 г сока.

Возможны три варианта совместной работы шнекового и измельчительного механизмов:

$$\prod_{III} < \prod_{II}$$
;

$$\Pi_{\text{III}} > \Pi_{\text{II}};$$
 $\Pi_{\text{III}} = \Pi_{\text{II}}.$

где $\Pi_{\text{ш}}$ — производительность шнекового механизма; $\Pi_{\text{и}}$ — производительность измельчительного механизма.

При первом варианте производительность мясорубки ограничена производительностью шнекового механизма. Это не целесообразно, т.к. шнековый механизм не имеет ограничений по производительности. Производительность шнекового механизма определяется скоростью вращения шнека.

При втором варианте превышение производительности шнекового механизма приводит к излишней подаче продукта к ножам, которые не могут измельчить продукт, что вызывает увеличение давления, противодавления и перетирание продукта.

При третьем варианте последовательно расположенные шнековый и измельчительный механизмы будут работать в спокойном режиме.

Производительность измельчительного механизма и шнекового рассматриваются самостоятельно и приравниваются $\Pi_{\text{m}} = \Pi_{\text{m}}$.

Для осуществления корректного расчета, проектирования, изготовления и эксплуатации волчков и мясорубок необходима разработка эффективной математической модели их функционирования.

О необходимости разработки корректной математической модели расчета конструктивных элементов волчков и параметров измельчения свидетельствует процесса недостаточное обоснование разрабатываемых вариантов измельчителей, подтверждаемое скудным освещением теории резания в литературе, а также тем многообразием резательной техники, которая переполняет предприятий розничной витрины И оптовой торговли оборудованием. Такое положение дел обусловлено рядом объективных обстоятельств, среди которых определяющим является то количество характеристик, по которому необходимо осуществлять оптимизацию волчков.

Одним из подходов, позволяющих учесть влияние на процесс измельчения максимального количества определяющих факторов, является энергетический. Таким образом, будем прописывать математическую модель процесса в форме уравнения движения измельчаемого материала начиная от загрузочной камеры и до его истечения из выходной решетки после резания.

Рассмотрим схему сил, действующих на элементы волчка в процессе перемещения сырья и его резания, представленную на рисунке 3.1.

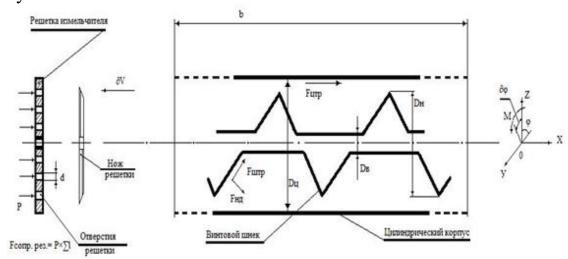


Рис. 3.1. Расчетная схема волчка (мясорубки)

На выходе из волчка силами привода преодолеваются силы сопротивления, обусловленные усилиями разрушения измельчаемого сырья о лезвийные кромки ножа и кромки отверстий ножевой решетки при продавливании его винтовым шнеком, а также силами трения продукта о внутреннюю поверхность отверстий, поверхность шнека, поверхность корпуса и силами упругопластического сопротивления конструктивных элементов, уменьшающих проходное сечение, как в осевом, так и в радиальном направлениях перемещения продукта.

Основными конструктивно-технологическими характеристиками волчка являются следующие параметры.

Внутренний диаметр цилиндрического корпуса $D_{\rm u}$; наружный диаметр червяка (шнека) $D_{\rm H}$; внутренний диаметр шнека $D_{\rm B}$; количество ребер (выступов, канавок, шлицев) противоскольжения цилиндрического корпуса t; размеры сечения угол наклона образующей ребра к противоскольжения $\Delta_{\text{шл,вшл}}$; продольной цилиндрического корпуса оси $\beta_{\text{шл}};$ цилиндрического корпуса b; количество витков шнека k; угол наклона передней винтовой поверхности шнека к его оси у; количество отверстий измельчительной решетки п; толщина измельчительной решетки б; коэффициент трения скольжения сырья по поверхности шнека f; длина лезвийной кромки ножа l; ширина лезвия ножа Δ ; толщина лезвия ножа $\delta_{\rm H}$; количество перьев ножа m; угол скольжения α ; угол заточки лезвия ножа β ; диаметр слепого пятна решетки d_{cn} ;

угловая скорость вращения шнека ю; удельное усилие разрушения сырья кромкой отверстия решетки P; плотность измельчаемого материала ρ ; крутящий момент на валу шнека M_{κ} , момент затяжки гайки решетки $M_{\rm 3at}^{\rm p}$, который предопределяет величину момента трения в паре нож-решетка.

Для описания процесса перемещения мясного сырья цилиндре волчка и резания при продавливании через выходную решетку воспользуемся уравнением сохранения энергии в форме уравнения баланса мощностей. При этом в структуре сложных процессов экструзии и резания выделим следующие основные составляющие потерь мощности волчка:

- мощность резания при продавливании через отверстия выходной решётки ($N_{\rm pes}^{\rm ott}$);
- мощность трения мясного сырья при прохождении сквозь отверстия $(N_{\rm Tp}^{\rm otb})$;
- мощность трения мясного сырья внутреннюю поверхность цилиндрического корпуса $(N_{\rm rp}^{\rm u})$;
- мощность трения мясного сырья о винтовую поверхность шнека $(N_{\rm Tp}^{\rm ш})$;
- мощность деформации мясного сырья в процессе перемещения внутри цилиндрического корпуса волчка $(N_{\text{деф}})$;
- мощность резания мясного сырья лезвийными кромками
- мощность деформации мясного сырья в межперьевом пространстве ножа $(N_{\text{нож}}^{\text{деф}})$.

трения $(N_{\rm rp}^{\rm ц})$ целесообразно выразить Мощность компонентами:

- осевая $(N_{\text{тр.ос}}^{\text{ц}})$;
- окружная $(N_{\text{тр.окр.}}^{\text{ц}});$ $(N_{\text{тр}}^{\text{ц}}) = (N_{\text{тр.ос}}^{\text{ц}}) + (N_{\text{тр.окр.}}^{\text{ц}}).$

Принимаемое за обобщённые координаты продольное перемещение X мясного сырья вдоль оси цилиндрического корпуса волчка и угловое перемещение ω вокруг этой оси, запишем уравнение сохранения энергии в каждый момент времени в следующем виде:

$$F_{\text{pe3}}^{\text{отв}}dV + F_{\text{тр}}^{\text{отв}}dV + M_{\text{тр}}^{\text{ц.ок}}d\omega + F_{\text{тр}}^{\text{ц.ос}}dV + F_{\text{тр}}^{\text{ш}}dV + F_{\text{деф}}dV + M_{\text{нож}}^{\text{pe3}}d\omega + M_{\text{нож}}^{\text{pe3}}d\omega + M_{\text{нож}}^{\text{деф}}d\omega = M_{\text{прив}}d\omega$$
(3.6)

$$dV = \frac{M_{\text{прив}} - M_{\text{тр}}^{\text{ц.ок}} - M_{\text{нож}}^{\text{pes}} - M_{\text{нож}}^{\text{деф}}}{F_{\text{pes}}^{\text{отв}} + F_{\text{Tp}}^{\text{отв}} + F_{\text{Tp}}^{\text{ц.ос}} + F_{\text{Tp}}^{\text{ш}} + F_{\text{леф}}} d\omega,$$
(3.7)

 $dV = \frac{M_{\text{прив}} - M_{\text{тр}}^{\text{ц.ок}} - M_{\text{нож}}^{\text{рез}} - M_{\text{нож}}^{\text{деф}}}{F_{\text{рез}}^{\text{отв}} + F_{\text{тр}}^{\text{тр}} + F_{\text{тр}}^{\text{ц.ос}} + F_{\text{тр}}^{\text{ш}} + F_{\text{деф}}} d\omega, \tag{3.7}$ где $dV = d\left(\frac{dx}{d\tau}\right)$ - вариация линейной скорости перемещения мясного сырья, м/с; $d\omega = d\left(\frac{d\phi}{d\tau}\right)$ - вариация угловой скорости перемещения винтового шнека, с $^{\text{-1}}$; τ - время, c; $M_{\text{прив}}$ - крутящий момент на валу привода.

Обобщенные силы и моменты имеют следующий вид:

$$F_{\text{отв}}^{\text{pes}} = \pi dn P; \tag{3.8}$$

$$F_{\text{OTB}}^{\text{TP}} = \frac{4\pi dn \delta P}{(d - 4\delta f_p)}; \tag{3.9}$$

$$F_{\text{отв}}^{\text{рез}} = \pi dn P; \qquad (3.8)$$

$$F_{\text{отв}}^{\text{тр}} = \frac{4\pi dn\delta P}{(d-4\delta f_p)}; \qquad (3.9)$$

$$F_{\text{деф}}^{\text{мяс}} = \frac{P^2 (1+\cos 2\gamma)^2 \pi (D_{\text{H}}^2 - D_{\text{B}}^2) \cos(\gamma - \beta)}{2E(d-4\delta f_p)^2 [2(1+f_{\text{II}}\sin 2\gamma) - \mu(1-\cos 2\gamma)^2]} \qquad (3.10)$$

$$F_{\text{u.ok}}^{\text{Tp}} = \frac{2P\mu(\cos\gamma)^2 \pi D_{\text{u}} f_{\text{u.oc}} bnd^2}{(d-4\delta f_n)[(1+f_{\text{u}}\sin2\gamma) - \mu(\sin\gamma)^2]}$$
(3.11)

$$F_{\text{III}}^{\text{TP}} = \frac{\frac{2P\mu(\cos\gamma)^2\pi D_{\text{II}}f_{\text{II,OK}}bnd^2}{(d-4\delta f_p)[(1+f_{\text{III}}\sin2\gamma)-\mu(\sin\gamma)^2]}}{(D_{\text{H}}+D_{\text{B}})(d-4\delta f_p)\sin\gamma\sqrt{\left\{[(1+f_{\text{III}}\sin2\gamma)-\mu(\sin\gamma)^2]^2+(f_{\text{II,OK}}\mu\cos\gamma)^2\right\}}}$$

$$M_{\text{TP}}^{\text{II,OK}} = \frac{\frac{\mu P\pi D_{\text{II}}^2bf_{\text{II,OK}}(\cos\gamma)^2}{(d-4\delta f_p)[(1+f_{\text{III}}\sin2\gamma)-\mu(\sin\gamma)^2]}}$$

$$M_{\text{TP}}^{\text{II,OK}} = \frac{\mu P\pi D_{\text{II}}^2bf_{\text{II,OK}}(\cos\gamma)^2}{(d-4\delta f_p)[(1+f_{\text{III}}\sin2\gamma)-\mu(\sin\gamma)^2]}$$

$$(3.13)$$

$$M_{\rm Tp}^{\rm II,OK} = \frac{\mu P \pi D_{\rm II}^2 b f_{\rm II,OK} (\cos \gamma)^2}{(d - 4\delta f_n)[(1 + f_{\rm II} \sin 2\gamma) - \mu(\sin \gamma)^2]}$$
(3.13)

$$M_{\text{HOW}}^{\text{pe3}} = \frac{mP(D_{\text{H}}^2 - D_{\text{B}}^2)}{4}$$
 (3.14)

$$M_{\text{HOW}}^{\text{Деф}} = \frac{2P^2 \mu^2 (D_{\text{H}}^2 - D_{\text{B}}^2) (\cos \alpha)^2}{E(d - 4\delta f_p)^2} \left[\frac{\pi (D_{\text{H}} + D_{\text{B}})}{2} - m S_{\text{Лезв}} \right] \delta_{\text{Лезв}}$$
(3.15)

$$M_{T,D}^{H,p} = M_{3aT}^{p} M_{TD}^{H,p} = f(M_{3aT}^{p})$$
 (3.16)

где d, n — диаметр и количество отверстий выходной решетки;

P – удельное усилие разрушения мясного сырья, H/M;

 δ – толщина выходной решетки;

μ – коэффициент Пуассона мясного сырья;

b – длина рабочего цилиндра корпуса;

ρ – плотность мясного сырья;

 α — угол заточки лезвия ножа;

 $f_{\mathrm{u,oc}}$ – коэффициент трения скольжения о поверхность цилиндра в осевом направлении перемещении мясного сырья;

 $f_{ ext{ iny u.ok}}$ — коэффициент трения (сопротивления) о поверхность цилиндра при окружном перемещении мясного сырья;

 f_{III} – коэффициент трения мясного сырья о поверхность винтового

 f_p – коэффициент трения мясного сырья о поверхность отверстий решётки;

 $D_{\rm H},\,D_{\rm B}$ — наружный диаметр и диаметр впадин винтового шнека;

E — модуль продольной упругости мясного сырья;

m — количество лезвий ножа;

 $S_{\text{лезв.}}$ — ширина лезвия ножа;

 $\delta_{\text{лезв.}}$ — толщина лезвия;

ω – угловая скорость вращения винтового шнека и ножа волчка.

Производительность волчка определяется соотношением:

$$Q = \rho V F$$
,

где ρ – плотность мясного сырья, кг/м³;

V – скорость истечения, м/с;

F – площадь истечения, м².

Считая обобщенные силы независимыми от обобщенных скоростей, после интегрирования выражения (3) получим:

$$V = \frac{M_{\text{прив}} - M_{\text{тр}}^{\text{ц.ок}} - M_{\text{нож}}^{\text{pe3}} - M_{\text{нож}}^{\text{деф}} - M_{\text{тр}}^{\text{н.р}}}{F_{\text{отв}}^{\text{pe3}} + F_{\text{отв}}^{\text{тр}} + F_{\text{тр}}^{\text{ц.ос}} + F_{\text{тр}}^{\text{ш}} + F_{\text{деф}}} \omega$$
(3.17)

Записывая уравнение движения сырья в процессе его подачи внутри цилиндрического корпуса шнековым механизмом и резания многоперьевым ножом, а также учитывая диссипативные потери энергии на трение и деформацию, получаем выражение (3.22) для производительности волчка в зависимости от его основных конструктивных параметров.

$$Q = \rho \frac{M_{\text{прив}} - M_{\text{тр}}^{\text{ц.ок}} - M_{\text{нож}}^{\text{pes}} - M_{\text{тр}}^{\text{неф}} - M_{\text{тр}}^{\text{н.р}}}{F_{\text{отв}}^{\text{pes}} + F_{\text{отв}}^{\text{тр}} + F_{\text{деф}}^{\text{мяс}} + F_{\text{ц.ос}}^{\text{тр}} + F_{\text{ш}}^{\text{тр}}} \cdot \frac{\pi d^2}{4} n \cdot \left[1 - \frac{4mS_{\text{лез}}}{\pi (D_{\text{H}} - D_{\text{B}})} \right] \cdot \omega$$
 (3.18)

Структурный анализ измельчительного оборудования показывает, что основных параметров оптимизации его конструкции и процесса измельчения насчитывается более 20, а общее количество этих переменных приближается к 30 наименованиям. В данном случае удалось создать математическую модель, устанавливающую зависимость производительности измельчительно-режущего оборудования от 20 влияющих факторов - его конструктивных параметров и физико-механических характеристик мясного сырья.

3.3 Программное обеспечение математической модели

Для количественной оценки производительности волчков от влияющих параметров, может быть использована программа расчета по полученной математической модели:

🌃 Расчет производительности волчка			
Диаметр отверстий выходной решотки, (d) Количество отверстий выходной решотки, (n) Удельное усилие разрушения мясного сырья,Н/м,(P) Число Пи, (Pi) Толщина выходной решотки, (h) Безразмерный козффициент пропорциональности, (Fp) Угол подъема винтовой линии шнека, (у) Длина рабочего цилиндра корпуса, (b) Диаметр впалин винтового шнека, (Dв) Наружный диаметр винтового шнека, (Dн) Козффициент трения мясного сырья о поверхность винтового шнека, (Fш) Козффициент Пуассона (бокового давления) мясного сырья, (m)	0,003 38 500 3,1415926535 0,004 0,05 60 0,15 0,015 0,06 0,05 0,45	Модуль продольной упругости мясного сырья, (E) Внутренний диаметр цилиндра корпуса волчка, (Dц) Коэфициент трения скольжения о поверхность цилиндра в осевом, направлении перемещении мясного сырья, (Fц. ос.) Угол заточки лезвия ножа, (а) Ширина лезвия ножа, (S лезв.) Толщина лезвия ножа, (h лезв.) Плотность мясного сырья, (Pc) Колличество лезвий ножа, (k) Угловая скорость вращения винтового шнека и волчка, (w) Момент привода волчка, (М прив.)	0,062 0,062 0,05 0,3 0,007 0,002 1000 4 10
F Pes.Отв. 179,0707812495 F Tp.Отв. 1302,33295454182 F Mяс.Деф. 0,0862793428023618 F Tp.U.oc. 7,78470829506776E-6 F тр.ш. 12,7146731472405 М U.ok. тр. 1,63446940886859 М Pes.Нож. 1,6875 М деф. нож. 1,26813328219706E-5 Q 124,534567522497 кг/ч			

Рис. 3.2 *Print Screen* математической модели волчка (мясорубки)

3.4 Результаты численного эксперимента

На рисунке 3.2 приведен пример конкретного расчета с соответствующими результатами, а на рисунках 3.3-3.8 показаны полученные функциональные зависимости:

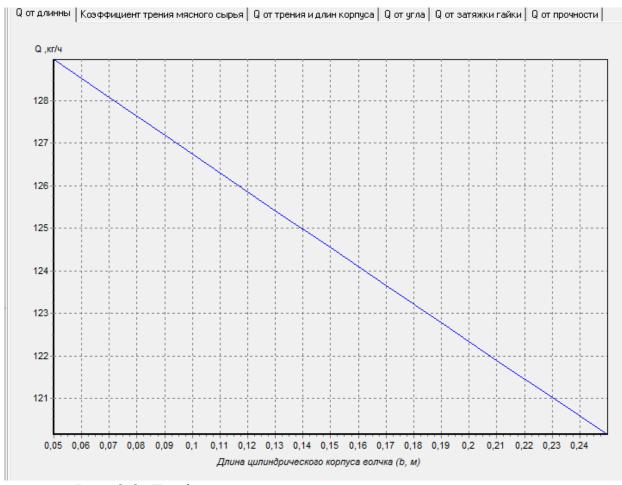


Рис. 3.3. График зависимости производительности от длины цилиндрического канала корпуса для шнека

Крутящий момент 500 Нм; число отверстий ножевой решетки 38; угол наклона винтовой линии шнека 60° .

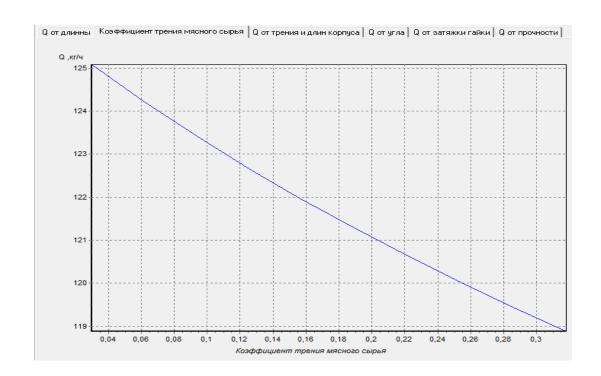


Рис.3.4. График зависимости производительности от коэффициента трени мясного сырья

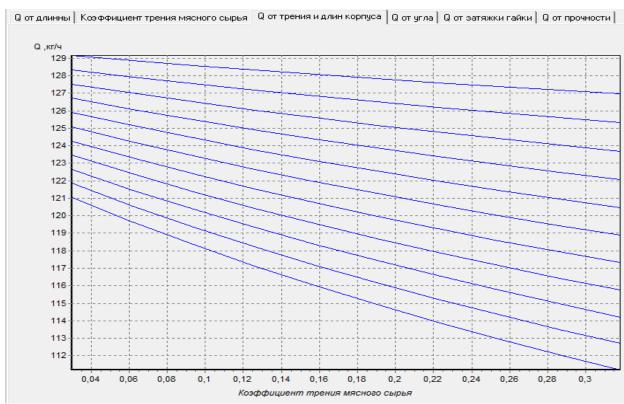


Рис. 3.5. График зависимости производительности от коэффициента трения мясного сырья

Серия кривых относится к различным значениям длин корпуса волчка: от 0.06м до 0.24 м с шагом 0.018м и нарстанием снизу вверх.

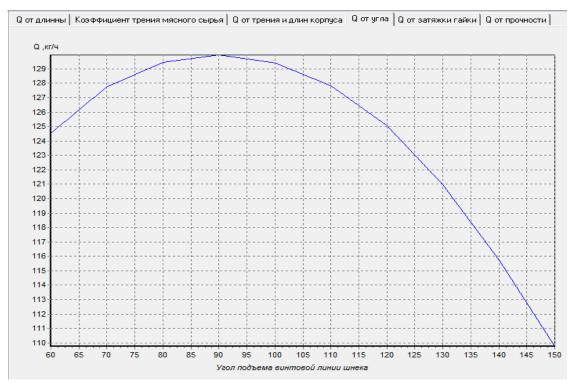


Рис.3.6. График зависимости производительности от угла подъема винтовой линии шнека

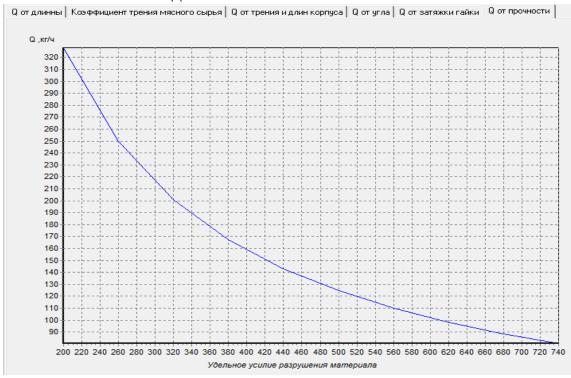


Рис. 3.7. График зависимости производительности от удельного усилия разрушения мясного сырья.

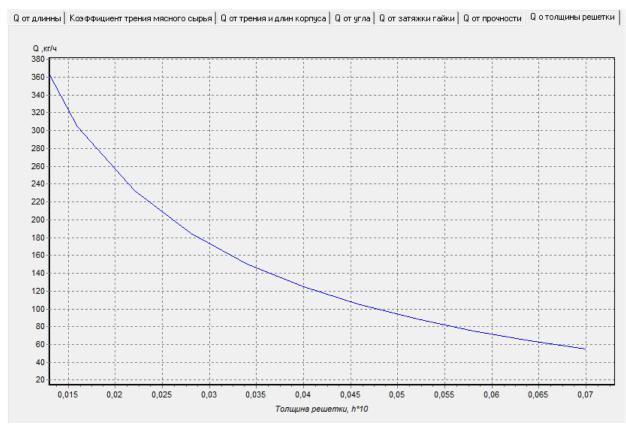


Рис.3.8. График зависимости производительности от толщины решетки

Из графика зависимости производительности от прочностных характеристик мясного сырья видна её существенная зависимость от удельной прочности продукта.

Из графика зависимости производительности от толщины следует необходимость решетки решения оптимизации параметров выходной решетки. Тем более что одной из серьезных проблем, в процессе эксплуатации волчков, является чрезмерно быстрое затупление ножей. Поэтому одной из задач была поставлена именно эта проблема снижения износа. Физической основой минимизации износа ножей и решеток и повышения их долговечности является, как показал анализ, равномерного поля внутренних напряжений в стыке нож-решетка. В этом случае отсутствуют перекосы усилий взаимодействия между плоскостями ножа и решетки, поэтому исключаются концентраторы напряжений в отдельных зонах и обеспечивается минимальный и равномерный износ.

3.5 Анализ суммарной длины режущих кромок отверстий решётки, полезной площади решётки и суммарной площади цилиндрических стенок отверстий решетки

В ряде литературных источников приводятся расчеты производительности мясорубки, но в них не раскрывается влияние на производительность суммарной длины режущих кромок отверстий решетки, полезной площади решетки с учетом ширины лезвия ножа, перекрывающего отверстия, суммарной площади цилиндрических стенок отверстий (толщины решетки).

Суммарная длина L режущих кромок отверстий решетки

$$L=L_0 k$$
,

где L_0 – длина режущей кромки одного отверстия; k – число отверстий решетки.

Длина режущей L_0 кромки одного отверстия;

$$L_0 = \pi d$$

где d – диаметр отверстия решетки.

Под полезной площадью S_{π} решётки следует понимать суммарную площадь всех отверстий решетки (кроме центрального) с уменьшением площади отверстий S_1 , перекрываемых лезвиями ножа.

$$S_{\pi} = S_{\mathfrak{p}} k - S_1$$

где $S_{\rm p}$ — площадь одного отверстия решетки.

Площадь одного отверстия решетки

$$S_p = \pi d^2/4$$

Суммарная площадь цилиндрических S стенок отверстий состоит из суммы площадей стенок всех отверстий решетки.

Площадь стенки боковой поверхности S_a одного отверстия решетки

$$S = \pi dh$$

где d - диаметр отверстия решетки; h - толщина решетки.

$$S = S_a k$$

В таблице 3.1 показана для решетки диаметром 82 мм зависимость производительности диаметра и количества отверстий, от суммарной длины режущих кромок, полезной площади и суммарной площади цилиндрических стенок отверстий.

Таблица 3.1 Зависимость производительности волчка от параметров измельчительных решёток

Произво дительно сть, кг/час	Диаметр отверстий решетки, d , мм	Кол-во отверстий , шт.	Суммарная длина режущих кромки, <i>L</i> , мм	Полезная площадь решетки, S_{Π} , MM^2	Суммарная площадь цилиндрических стенок отверстий, S , мм 2 Толщина решетки $h=3,5$ мм
150	3	360	3391	2543	11869
175	5	146	2292	2865	8022
200	8	60	1507	3014	5275
300	13	27	1102	3582	3857

Таким образом, из рассмотренного следует:

- 1. Суммарная длина режущих кромок отверстий с увеличением их диаметра уменьшается.
- 2. Полезная площадь решетки с увеличением диаметра отверстий увеличивается
- 3. Суммарная площадь цилиндрических стенок отверстий зависит от толщины решеток и уменьшается с увеличением диаметра отверстий.
- 4. Увеличение полезной площади решетки сопровождается увеличением производительности, а увеличение ширины лезвия ножа снижает полезную площадь решетки.
- 5. Цилиндрические отверстия решетки контактируют с проталкиваемым продуктом, в связи, с чем стенки отверстий должны иметь высокую чистоту обработки для снижения коэффициента трения.

3.6 Динамика площадей полезных сечений механизмов экструдирования и резания

Изменения площадей полезных сечений, изменения скорости потока, возникновение возмущений и перепады давлений отрицательно сказываются на качестве сырья. Все гидравлические потери в корпусе для шнека делятся на два типа: потери на трение по рабочим поверхностям и местные потери, вызванные изменением размеров и конфигурации русла.

Если не рассматривать неньютоновскую природу мясного фарша, то можно для оценочного анализа использовать формулы гидравлики. Тогда изменение напора Δh и изменение давления ΔP определяются эмпирическими формулами Дарси-Вейсбаха, характерной особенностью которых является наличие эмпирического коэффициента ξ :

$$\Delta h = \xi \frac{V^2}{2g}$$

где Δh - потери напора на гидравлическом сопротивлении;

 $\boldsymbol{\xi}\,$ - коэффициент местного сопротивления;

V – средняя скорость течения мясного сырья;

g — ускорение свободного падения.

Изменение давления ΔP на гидравлических сопротивлениях:

$$\Delta P = \xi \frac{V^2}{2} \cdot \rho$$

где ρ - плотность жидкости.

Местные гидравлические сопротивления — это увеличение или уменьшение сопротивления вследствие изменения проходного сечения в русле течения сырья.

В измельчительном механизме волчка увеличение полезного сечения происходят при движении сырья:

- от подрезного неподвижного ножа к первому вращающемуся ножу;
- от первой решетки к вращающемуся ножу.

Уменьшение полезного сечения происходит при движении сырья:

- от шнека к подрезному ножу;
- от первого вращающегося ножа к первой решетке;
- от второго вращающегося ножа ко второй решетке.

При внезапном расширении сечения коэффициент ξ определяется:

$$\xi = \left(1 - \frac{S_1}{S_2}\right)^2.$$

При внезапном сужении коэффициент ξ определяется:

$$\xi = 0.5 \left(1 - \frac{S_2}{S_1} \right) = 0.5 \left(1 - \frac{1}{n} \right)$$

где S_1 , S_2 - площадь сечений до и после местного сопротивления.

Для анализа последствий изменения давления и исследования процессов экструдирования и резания сырья определяется площадь полезных сечений в зонах:

- загрузки;
- уплотнения;
- приемной решетки;
- первого ножа;
- первой решетки;
- второго ножа;
- выходной решетки.
- 1. Площадь S_I полезного сечения зоны загрузки и зоны уплотнения в корпусе для шнека

$$S_1 = \pi (r_1^2 - r_2^2)$$
,

где r_1 — внутреннего радиус корпуса шнека; r_2 — радиус вала шнека,

2. Площадь S_2 полезного сечения приемной решетки

$$S_2 = \pi (r_3^2 - r_4^2) - n_a l a,$$

где r_3 – радиус внутреннего обода приемной решетки,

 r_4 – радиус наружного обода ступицы,

l – длина режущей перемычки,

a – ширина режущей перемычки,

 n_a – число режущих лезвий подрезной решетки.

3. Площадь полезного сечения первого ножа

$$S_3 = \pi (r_5^2 - r_6^2) - nb(\frac{m+c}{2}),$$

где r_5 – наружный радиус ножа,

 r_6 — радиус ступицы ножа,

b – длина режущей кромки ножа,

c — ширина лезвия,

m — ширина торца лезвия,

n - количество лезвий ножа.

4. Площадь S_4 полезного сечения первой решетки:

$$S_4 = \pi r_7^2 \cdot k - S_n,$$

где r_7 — радиус отверстия первой решетки, k — число отверстий первой решетки, S_n — площадь перекрытия отверстий лопастями ножа.

5. Площадь S_5 полезного сечения второго ножа

$$S_3 = \pi (r_5^2 - r_6^2) - nb(\frac{m+c}{2}),$$

6. Площадь S_6 полезного сечения второй решетки

$$S_6 = \eth r_8^2 \cdot k_1 - S_{HI}$$
,

где r_8 — радиус отверстия второй решетки, k_1 — число отверстий второй решетки, S_{H} — площадь перекрытия отверстий одной лопастью ножа.

$$S_{HI} = \pi r_8^2 \cdot n_1 \cdot n_2,$$

где n_1 — число отверстий, перекрытых одной лопастью; n_2 — число лопастей ножа.

Последовательность проталкивания сырья, качество и степень его измельчения зависят от количества установленных решеток, ножей и их параметров. Установка ножей и решеток в соответствии с общепринятой международной схемой определяется двумя системами: UNGER (унгер) и ENTERPRISE (энтерпрайз)

В системе унгер устанавливаются: подрезная решетка, 2х сторонний нож, решетка с крупными отверстиями, 2х сторонний нож, решетка с мелкими отверстиями. В системе энтерпрайз устанавливаются: подрезная решетка, 2х сторонний нож и выходная решетка.

При первой схеме (унгер) сырье, вращаясь вместе со шнеком и перемещаясь вдоль оси корпуса, разрезается на части лезвиями подрезной решетки, неподвижно закрепленной в корпусе. Затем сырье измельчается вращающимся первым двухсторонним ножом, перемещается к первой (крупной) решетке, проталкивается через нее, измельчается вторым двухсторонним ножом, проталкивается через вторую (мелкую) решетку и падает в приемную емкость (лоток или тележку).

При второй схеме (энтерпрайз) сырье, вращаясь вместе со шнеком и перемещаясь вдоль оси корпуса, разрезается на части лезвиями подрезной решетки, неподвижно закрепленной в корпусе. Затем сырье измельчается двухсторонним ножом, перемещается к решетке, проталкивается через нее и падает в приемную емкость (лоток или тележку).

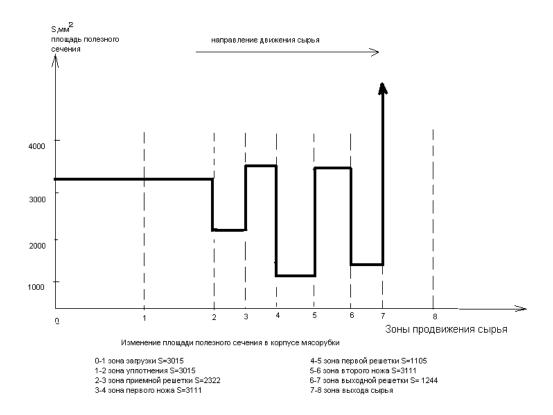


Рис. 3.9. Изменение площади полезного сечения в корпусе мясорубки

На рис.3.9 показано изменение площади полезного сечения в корпусе шнека с решетками диаметром 82 мм и двумя ножами. В корпусе шнека при такой компоновке режущего инструмента (наиболее употребительной) изменение полезного сечения происходит пять раз. Полезное сечение имеет значительные колебания от 3015 мм² до 1105 мм². Перепады полезных сечений вызывают изменение давлений и, следовательно, ухудшение качества измельчаемого сырья.

Для создания щадящего режима обработки сырья целесообразно обеспечить постоянство или наименьшие перепады полезных сечений в корпусе шнека на всем пути его перемещения.

Эффективность работы решетки оценивается коэффициентом η использования полезной площади решетки. Этот коэффициент зависит от диаметра решетки D, диаметра отверстий d, числа отверстий k. [11,12].

$$\eta = \frac{S_0}{S_p},$$

где S_p – площадь решетки, S_0 - суммарная площадь отверстий,

$$S_p = \frac{\pi D^2}{4},$$

$$S_0 = \frac{\pi d^2 k}{4},$$

где k — число отверстий.

Увеличение полезного сечения приемной решетки (коэффициента использования полезного сечения приемной решетки) возможно уменьшением радиуса r_4 , увеличением радиуса r_3 и уменьшением ширины режущей перемычки a. Это позволит увеличить площадь полезного сечения приемной решетки до 12%.

Увеличение площади полезного сечения ножа (коэффициента использования полезного сечения ножа) достигается уменьшением радиуса r_6 ступицы, уменьшением ширины d лезвия ножа. Это позволит увеличить площадь полезного сечения ножа до 15%.

На всем пути перемещения сырья в корпусе шнека решетка имеет наименьшую полезную площадь сечения. Для увеличения площади полезного сечения (коэффициента использования полезного сечения измельчительной решетки) целесообразно увеличить плотность размещения отверстий и увеличить их число путем выноса врезной шпонки за пределы наружного диаметра решетки. Это позволит увеличить полезное сечение на 20% и тем самым увеличить производительность волчка.

ГЛАВА 4. РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЯСОРУБОК

4.1. Общие сведения

Проектировщик (инженер-конструктор) мясорубки должен иметь техническое задание на проектирование. Разработке технического задания предшествуют маркетинговые исследования. Маркетинговыми исследованиями определяются:

- производительность в зависимости от мощности производства, где будет применяться эта мясорубка;
 - серийность выпуска в зависимости от спроса на рынке;
 - лимитная цена в зависимости от возможности продаж.

При проектировании волчков основным исходным параметром является заданная производительность. Производительность определяется по объёму выпуска продукции на мясоперерабатывающем предприятии, для которого предназначено это изделие (малое, среднее или крупное предприятие).

В техническом задании на проектирование должна быть указана серийность выпуска мясорубок — единичное производство, мелкосерийное или крупносерийное.

Серийность выпуска определяет способ изготовления деталей и сборок, а, следовательно, конструкцию и материал деталей.

Производительность, серийность выпуска и лимитная цена изготовления указывается в техническом задании на проектирование.

Лимитная предопределяют конструкцию, цена комплектующих изделий, материала и технологию. При малой мясорубки серийности конструкция должна предусматривать изготовление без применения дорогостоящей оснастки, которая при малом тираже значительно удорожит стоимость. Учитывая лимитную необходимо стремиться закладывать наиболее комплектующие и материалы, разумеется, не в ущерб качеству и работоспособности.

Таким образом, приступая к проектированию и имея заданную производительность, следует начинать с определением главных параметров мясорубки.

4.2. Расчет и проектирование подрезной и измельчительных решёток

В соответствии с заданной производительностью выбирается диаметр измельчительной и подрезной решёток по ГОСТ 28533-90 «Режущий инструмент волчков. Типы, основные размеры и технические требования», и таблице 4.1.

Таблица 4.1 Зависимость производительности волчка от диаметра решетки и мощности двигателя

Производительность, кг/час	100	300	1000	3000	14000	18000
Диаметр решетки, мм	50	82	114	130	160	250
Мощность электродвигателя, двигателя, кВт	1-2	2-3	6	18	35	55

Измельчительные решетки изготавливаются с отверстиями диаметров: 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 8; 10; 13; 18; 20; 30 мм.

Выбрав диаметр измельчительной решётки определяют в зависимости от серийности изготавливаемой партии (мелкое, серийное или крупносерийное производство) и технологических возможностей (наличие литейного, штамповочного, токарного производств) способ изготовления и материал. Для крупносерийного производства (более 10 тыс. шт.) используют штампованные или литые решётки, что требует значительно меньших затрат при изготовлении, чем при изготовлении токарным способом. Сверление отверстий выполняют на специализированных станках-автоматах.

Однако литые и штампованные решетки требуют затрат для оснащения производства, которые могут окупиться только при изготовлении больших партий. При изготовлении мелких партий можно решетки изготавливать токарным способом.

В соответствии со способом производства выбирается материал решеток. При выборе марки стали учитывают необходимые прочностные параметры, возможность термообработки, штамповки,

отливки, а также цену металла. На практике решетки изготавливаются из ст45, ст.45Л, У8А, У10А и др. Твердость решетки после термообработки должна быть 58 - 64 HRC/ На рис. 4.3 и 4.4 – чертежи подрезных решеток.

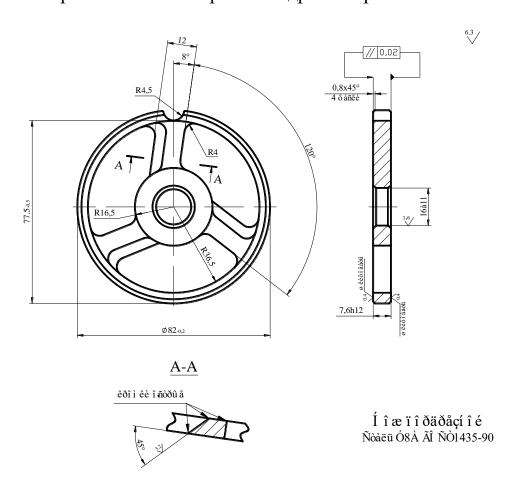


Рис.4.3. Подрезная решетка односторонняя

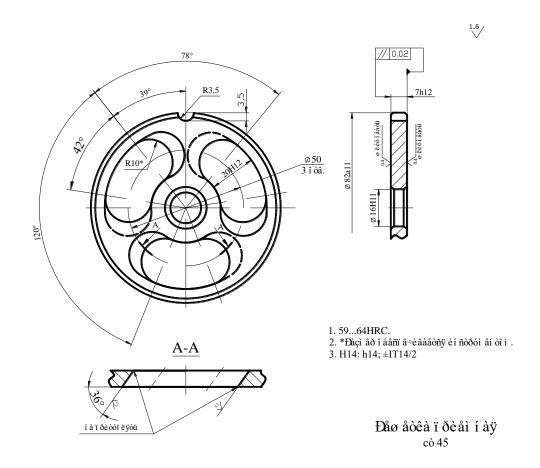


Рис. 4.4. Подрезная решетка двухсторонняя

Важным этапом при конструировании мясорубок является расчет измельчительной решетки на прочность и жёсткость (деформативность).

Из графика зависимости производительности от прочностных характеристик мясного сырья видна её существенная зависимость от удельной прочности продукта.

Из графика зависимости производительности от толщины необходимость выходной решетки следует решения оптимизации параметров выходной решетки. Тем более что одной из серьезных проблем, в процессе эксплуатации волчков, является чрезмерное быстрое затупление ножей. Поэтому одной из задач была поставлена именно эта проблема. Физической основой минимизации износа ножей и решеток и повышение их долговечности является, как обеспечение равномерного анализ, ПОЛЯ напряжений в стыке нож-решетка. В этом случае отсутствуют перекосы усилий взаимодействия между плоскостями ножа решетки, исключаются концентраторы ПОЭТОМУ напряжений

отдельных зонах и обеспечивается минимальный и равномерный износ. Для решения поставленной задачи в работе рассматривается пара нож-решетка, которая имеет форму пластины.

Пластиной или плитой называют упругое тело призматической или цилиндрической формы, высота (толщина), которого мала по сравнению с размерами оснований.

Плоскость, параллельную основаниям пластины и делящую ее толщину пополам, называют срединной плоскостью, а поверхность, в которую она превращается в результате деформации изгиба, - упругой поверхностью пластины.

Обычно пластины имеют постоянную толщину. Однако во многих случаях целесообразно с целью экономии материала применять пластины переменной толщины, что чаще всего практикуется в машиностроении.

Пластины, состоящие из однородного материала, обладающего одинаковыми механическими свойствами во всех направлениях, например стальные, называют изотропными. В отличие от них пластины, изготовленные из материалов, механические характеристики которых различны в разных направлениях, называют анизотропными.

Внешние нагрузки и объемные силы, действующие на пластину, предполагаются приложенными к ее срединной плоскости. Эти силы могут быть разложены на составляющие, действующие в срединной плоскости и вызывающие плоское напряженное состояние, и составляющие, направленные перпендикулярно к срединной плоскости и вызывающие изгиб. Совместное действие обеих групп сил обуславливает сложное сопротивление пластины.

Связи, поддерживающие пластину и воспринимающие ее давление, могут быть отдельными точечными опорами, опорными площадками, чаще всего расположенными непрерывно вдоль линий, образующих опорный контур пластины.

Способ закрепления пластины на опорах оказывает существенное влияние на характер и величину возникающих в ней усилий и деформаций.

В зависимости от устройства опор и способа их связи с пластиной различают следующие основные виды опирания кромок пластины либо других ее частей.

Шарнирное опирание пластины исключает линейные смещения опорной кромки в срединной плоскости и в направлении, к ней перпендикулярном, но не препятствует повороту опертой зоны

пластины вокруг оси, совпадающей с линией опорного контура (либо с касательной к ней).

Свободное опирание препятствует перемещению кромок пластины в направлении, перпендикулярном к срединной плоскости, но не стесняет смещений в срединной плоскости и поворот опертой зоны вокруг осей, совпадающей с опорной линией.

Жесткое закрепление исключает угловые и линейные перемещения закрепленных кромок.

Упругое защемление кромок пластины допускает небольшие перемещения и повороты опертых зон, величина и характер которых зависит от податливости опор. Обычно такие случаи встречаются, когда пластины опираются на рандбалки либо связаны с другими податливыми конструктивными элементами.

Классифицируем пластины по характеру их напряженного состояния и методам расчета. В самом общем случае нормальные напряжения в пластине складываются из нормальных напряжений от изгиба, подобных тем, которые возникают в балках, и из растягивающих или сжимающих напряжений, возникающих в срединной плоскости, так называемых цепных напряжений, подобных тем, которые возникают в мембране.

С точки зрения характера напряженного состояния и методов расчета принята следующая классификация пластин:

- толстые пластины;
- тонкие плиты или жесткие пластины;
- пластины конечной жесткости;
- мембраны.

Толстые пластины испытывают трехмерное напряженное состояние, которое описывается полной системой дифференциальных уравнений пространственной теории упругости. Толстыми считают такие пластины, у которых отношение толщины к наименьшему размеру в плане больше 1/5.

Тонкие упругие плиты или жесткие пластины характеризуются тем, что при изгибе поперечной нагрузкой растягивающие или сжимающие напряжения в срединной плоскости (так называемые цепные напряжения) весьма малы по сравнению с напряжениями от изгиба (не более 5% от последних).

С практической точки зрения тонкими можно считать пластины, толщина которых не превышает одной пятой пролета, а прогиб не превосходит половины толщины пластины.

Пластины конечной жесткости отличаются тем, что их изгиб сопровождается появлением значительных растягивающих (цепных) напряжений в срединной плоскости.

Возникающие в пластине конечной жесткости цепные напряжения оказывают существенное влияние на изгибающие моменты, особенно при шарнирно опертых краях. Изгибные напряжения и прогибы уменьшаются в несколько раз, причем линейная зависимость между ними и поперечной нагрузкой, наблюдающаяся в жестких пластинах здесь нарушается.

Цепные напряжения в пластине конченой жесткости вызываются растягивающими или сжимающими усилиями, которые появляются в срединной плоскости пластины благодаря наличию распора, т.е. связей, препятствующих свободному перемещению опорных кромок пластины в ее плоскости. Различают две разновидности пластин конечной жесткости:

Гибкие пластины небольшого прогиба — тонкие (жесткие) пластины, загруженные, кроме поперечной нагрузки, значительными усилиями в срединной плоскости. Пластины эти настолько тонки и загружены столь значительными силами, что последними нельзя пренебречь. Однако эти пластины несут такую небольшую поперечную нагрузку, что прогибы их малы по сравнению с толщиной. Расчет таких пластин аналогичен расчету балок на сложный изгиб при известной продольной силе;

Гибкие пластины большого прогиба — настолько тонкие пластины, что цепные напряжения могут оказывать существенное влияние на прогибы под действием поперечной нагрузки. Вместе с тем эти пластины прогибаются столь значительно, что нельзя пренебречь влиянием их прогибов на величину усилий, стремящихся вызвать деформацию их срединного слоя. Расчет гибких пластин большого прогиба ведется на основе использования системы дифференциальных уравнений, описывающих совместную деформацию изгиба и растяжения.

Мембранами называют пластины, в которых при действии поперечной нагрузки возникают столько малые изгибные напряжения, что ими можно пренебречь по сравнению с цепными напряжениями.

Целью данного раздела является решение задачи определения максимальных прогибов решетки и ножа и обеспечение равенства этих величин. Для этого нужно:

1. рассчитать пластину на прогиб;

- рассчитать нож на прогиб;
- приравнять величины для минимизации концентраций напряжений, возникающих между ножом и решеткой с целью исключения концентрации внутренних усилий взаимодействия в стыке нож-решетка и, как следствие, снижения износа.

Величины прогибов решетки при заданных ее размерах и внешней нагрузки определяется условиями ее внешнего закрепления. В общем случае возможных вариантов различного закрепления решетки в волчке насчитывается около 20. Эскизные проработки таких вариантов приведены на рисунках (κ) – (κ +20).

Рассмотрим конкретно следующие 3 основных базовых варианта, приведенных на рисунках.

дифференциальное известно, основное симметричного изгиба круглой пластины постоянной толщины имеет вид:

$$\frac{1}{r} \cdot \frac{d}{dr} \left\{ r \frac{d}{dr} \left[\frac{1}{r} \cdot \frac{d}{dr} \left(r \frac{dw}{dr} \right) \right] \right\} = \frac{q(r)}{D}$$
 (1)

где r – расстояние от рассматриваемой точки до центра пластины, м; w – прогиб пластины, м;

q(r) – интенсивность внешней поперечной нагрузки, $\frac{H}{M^2}$;

D – цилиндрическая жесткость пластины, $H \cdot_M$.

Запишем выражение для цилиндрической жесткости:
$$D = \frac{E \delta_p^3}{12(1-\vartheta^2)} \tag{2}$$

где E – модуль продольной упругости материала диска, Π a; δ_n толщина диска, м; θ - коэффициент Пуассона материала диска.

В случае равномерно распределенной нагрузки q(r) = q = const, зависит от координаты r выбранной когда она не интегрирование уравнения (1) дает:

$$w = -\frac{c_1 r^2}{4} - C_2 \ln r + C_3. \tag{3}$$

Постоянные интегрирования находим из конкретных условий закрепления пластины.

Одним ИЗ перспективных вариантов является случай закрепления пластины представленной на рисунке (4.5).

Как известно из работ Вайнберга для этого случая крепления решетки и равномерного ее нагружения величина прогиба, как функция координаты $\rho = \frac{r}{a}$ точки, выбранная на решетке, определяется следующим соотношением

$$w = \frac{qa^4}{64D} \Big\{ \frac{2}{1+\vartheta} \Big[(3+\vartheta) \big(\beta^2-2\big) + k_1 \Big] \big(\beta^2-\rho^2\big) - \big(\beta^4-\rho^4\big) - \frac{4\beta^2}{1-\vartheta} k_1 \ln\frac{\rho}{\beta} - 8\rho^2 \ln\frac{\rho}{\beta} \Big\},$$
 где k_1 - коэффициент определяется соотношением

$$k_1 = 3 + \vartheta + 4(1 + \vartheta) \frac{1}{1 - \beta^2} \ln \beta.$$

Учитывая, что нас интересует максимальное значение прогибов, которые достигаются, в данном случае, на наружном контуре решетки, можем записать

$$w = w(\rho)_{|\rho=1} = \frac{3q(1-\vartheta)a^4}{16E\delta^3} \left[7 + 3\vartheta + (5+\vartheta)\beta^4 - 4(3+\vartheta)\beta^2 + \frac{4(3+\vartheta)(1+\vartheta)\vartheta}{1-\vartheta}\beta^2 \ln \beta + 16\frac{(1+\vartheta)^2}{(1-\vartheta)(1-\beta)^2} \right]$$

Другим вариантом является случай, где пластина, внутренний контур которой жестко закреплен, а внешний прогибается, но не поворачивается, представлен на рисунке

Найдем максимальный прогиб из следующего уравнения:

$$w = \frac{q\alpha^4}{64} \Big[\rho^4 - \beta^4 + 2(1 - k_1)(\rho^2 - \beta^2) + 4k_1 \ln \frac{\rho}{\beta} - 8(\rho^2 \ln \rho - \beta^2 \ln \beta) \Big] ,$$
 где $k_1 = \left(\frac{4 \ln \beta}{1 - \beta^2} + 1 \right) \beta^2 .$

Рассмотрим третий случай, где пластина жестко закреплена по внутреннему контуру, этот вариант представлен на рисунке

Уравнение прогиба в таком случае имеет следующий вид

$$w = -\frac{c_1 r^2}{4} - C_2 \ln r + C_3, \tag{1}$$

где C_1, C_2, C_3 - координаты постоянного интегрирования и находятся из краевых условий.

Постоянные интегрирования найдем из граничных условий (условий закрепления):

1)
$$r = b$$
; $w = 0$

или

$$0 = -C_1 \frac{b^2}{4} - C_2 \ln b + C_3 \tag{2}$$

2)
$$r = b$$
; $\varphi = -\frac{d\omega}{dr} = 0$ (3)

Определим $\frac{dw}{dr}$ из (1)

$$\frac{dw}{dr} = -C_1 \frac{r}{2} - \frac{C_2}{r} \tag{4}$$

Условие (3) примет вид:

$$0 = -C_1 \frac{b}{2} - \frac{C_2}{b} \tag{5}$$

3) Для схемы нагружения и закрепления пластины (решетки), приведенной на рисунке определим радиальный изгибающий момент в заделке при r=b:

$$M_r = \frac{q(a-b)^2}{2} \tag{6}$$

Общее выражение для радиального изгибающего момента M_r имеет вид:

$$M_r = -D\left(\frac{d^2w}{dr^2} + \frac{v}{r}\frac{dw}{dr}\right) \tag{7}$$

Определим из (1) величину $\frac{d^2w}{dr^2}$:

$$\frac{d^2w}{dr^2} = -\frac{C_1}{2} + \frac{C_2}{r^2} \tag{8}$$

Подставив (8) и (4) в (7), получим:

$$M_r = -D \left[-\frac{C_1}{2} + \frac{C_2}{r^2} + \frac{\upsilon}{r} \left(-C_1 \frac{r}{2} - \frac{C_2}{r} \right) \right]$$
 (9)

или, после преобразований:

$$M_r = -D \left[-\frac{C_1}{2} (1 + \nu) + \frac{C_2}{r^2} (1 - \nu) \right]$$
 (10)

Для сечения в заделке r=b уравнение (10) с учетом (6), примет вид:

$$\frac{q(a-b)^{2}}{2} = D \left[\frac{C_{1}}{2} (1+\nu) - \frac{C_{2}}{b^{2}} (1-\nu) \right]$$
 (11)

Таким образом, система полученных уравнений (2), (5) и (11) является системой трех уравнений с тремя неизвестными C_1, C_2, C_3 .

Определим эти постоянные.

Из уравнения (2) находим C_3 :

$$C_3 = C_1 \frac{b^2}{4} + C_2 \ln b \tag{12}$$

Теперь рассматриваем систему двух уравнений (11) и (5) как систему с двумя неизвестными C_1 и C_2 .

Из (5) имеем

$$C_2 = -\frac{b^2}{2}C_1 \tag{13}$$

Подставив (13) в (11), получим:

$$\frac{q(a-b)^2}{2} = D\left[\frac{C_1}{2}(1+\nu) + \frac{C_1}{2}(1-\nu)\right]$$
 (14)

Или

$$C_1 = \frac{q(a-b)^2}{2D} \tag{15}$$

В таком случае определяется C_2 по соотношению (13):

$$C_2 = -\frac{qb^2(a-b)^2}{4D} \tag{16}$$

Постоянная интегрирования C_3 принимает в соответствии с (12) следующий вид:

$$C_3 = \frac{qb^2(a-b)^2}{8D} - \frac{qb^2(a-b)^2}{4D} \ln b \tag{17}$$

Окончательное выражение для уравнения упругой линии (прогиба пластины) (1) запишется:

$$w = -\frac{q(a-b)^2r^2}{8D} + \frac{qb^2(a-b)^2}{4D}\ln r + \frac{qb^2(a-b)^2}{8D} - \frac{qb^2(a-b)^2}{4D}\ln b;$$

или

$$w = -\frac{q(a-b)^2}{8D}(r^2 - b^2) - \frac{qb^2(a-b)^2}{4D}ln\frac{b}{r};$$
(18)

Монотонная функция w(r) принимает наибольшее по модулю значение на границе рассматриваемого интервала, поэтому:

$$w_{\text{max}} = w(a) = -\frac{q(a-b)^4}{8D} - \frac{qb^2(a-b)^2}{4D} ln\frac{b}{a}$$

или

$$w_{\text{max}} = -\frac{q(a-b)^2}{4D} \left[\frac{(a-b)^2}{2} + b^2 \ln \frac{b}{a} \right]$$
 (19)

Цилиндрическая жесткость записывается в виде:

$$D = \frac{E\delta^3}{64(1-\vartheta^2)} \tag{20}$$

Подставляя в соотношение (19) значение цилиндрической жесткости D пластины толщиной δ_p окончательно получим:

$$w_{\text{max}} = -\frac{3q(a-b)^2(1-\vartheta^2)}{E\delta_n^3} \left[\frac{(a-b)^2}{2} + b^2 \ln \frac{b}{a} \right]$$
 (21)

Аналогичный расчет уравнения упругой линии ножа, работающего на изгиб в подобных условиях нагружения (равномерно распределенная нагрузка интенсивностью q) и закрепления (жесткая заделка) дает максимальную величину прогиба f_{\max} :

$$f_{\text{max}} = -\frac{qs(a-b)^4}{8EI}$$
 (22)

где J – момент инерции сечения ножа при сопротивлении изгибу.

Величина Ј определяется известным соотношением:

$$J = \frac{S\delta_{\rm H}^3}{12},\tag{23}$$

где $\delta_{\rm H}$ - толщина лезвия ножа; ${\it S}$ - ширина лезвия.

Уравнение (22) с учетом (23) принимает вид:

$$f_{\text{max}} = -\frac{3q(a-b)^4}{2E\delta_{\text{H}}^3} \tag{24}$$

Условие обеспечения минимума концентрации напряжений в стоке нож-решетка и, тем самым, снижения износа записывается в виде

$$w_{\text{max}} = f_{\text{max}} \tag{25}$$

С учетом соотношения (21) и (24) равенство (25) преобразуется к виду:

$$\delta_p = \delta_H \left[1 + \frac{2b^2}{(a-b)^2} ln \frac{b}{a} \right]^{\frac{1}{3}}.$$
 (26)

Таким образом, для минимизации величины износа, толщины ножа и решетки должны подчиняться соотношению (26).

Пропишем для расчета максимальных прогибов решетки данные, характеризующие конструктивные решетки и физико-механические характеристики материала, из которого они изготовлены:

$$a = 30 \cdot 10^{-3} \text{ м} - \text{радиус решетки,}$$

 $\delta = 4.10^{-3}$ м — толщина решетки (как показано в работе Вайнберга для дисков ослабленных отверстиями с шагом диаметром, подобными решеткам волчков за расчетное значение цилиндрической жесткости подставляется приведенная толщина пластины на 25% меньшая реальной расчетной толщины),

$$q = 0.7 \cdot 10^6 \text{ Па} - \text{давление мясного сырья,}$$

$$\beta = \frac{b}{a} = \frac{1}{6}$$
 — относительный размер центрального отверстия, $\rho = \frac{r}{a}$ — относительная координата,

$$\rho = \frac{r}{a}$$
 – относительная координата,

$$D = \frac{E\delta^3}{12(1-v^2)}$$
 — цилиндрическая жесткость пластины,

$$D = \frac{2.1 \cdot 10^{11} \cdot (4 \cdot 10^{-3})^3}{12(1 - 0.3^2)} = 1120$$

$$\frac{qa^4}{D} = \frac{0.2 \cdot 10^6 \cdot (3 \cdot 10^{-2})^4}{1120} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ M}.$$

Прогиб
$$w(\rho) = f(\rho) \cdot \frac{qa^4}{64D}$$
.

Тогда в первом случае

$$w = w(\rho)|_{\rho=1} = \frac{3q(1-\vartheta)a^4}{16E\delta^3} \Big[7 + 3\vartheta + (5+\vartheta)\beta^4 - 4(3+\vartheta)\beta^2 + \frac{4(3+\vartheta)(1+\vartheta)\vartheta}{1-\vartheta} \beta^2 ln\beta + 16 \frac{(1+\vartheta)^2\beta^2 ln\beta^2}{(1-\vartheta)(1-\beta)^2} \Big] = \frac{119\cdot10^{-2}}{134\cdot10^2} \cdot 12,68 = 0,7$$
MKM

Во втором случае:

$$k_{1} = \left(\frac{4\ln\beta}{1-\beta^{2}} + 1\right)\beta^{2} = \left(\frac{4\ln\frac{1}{6}}{1-\frac{1}{36}} + 1\right)\frac{1}{36} = -0.177$$

$$w = \frac{qa^{4}}{64} \left[\rho^{4} - \beta^{4} + 2(1-k_{1})(\rho^{2} - \beta^{2}) + 4k_{1}\ln\frac{\rho}{\beta} - 8(\rho^{2}\ln\rho - \beta^{2}\ln\beta)\right]$$

И в третьем случае:

$$w_{max} = -\frac{3q(a-b)^2(1-\vartheta^2)}{E\delta_p^3} \left[\frac{(a-b)^2}{2} + b^2 ln \frac{b}{a} \right] = -8.9 \cdot 10^{-2} \cdot (-1299 \cdot 10^{-6}) = 115 \text{ MKM}.$$

4.3 Расчет и проектирование ножей

Ножи должны изготавливаться по ГОСТ 28533-90 «Режущий инструмент волчков. Типы, основные параметры и технические требования» следующих типов: неразъёмные, составные (со сменными режущими пластинками), сепарирующие (для отделения осколков костей, жилок и пленок).

Твердость лезвия ножа после термообработки должна быть в пределах 48,5 – 56 HRC, износостойкость режущего инструмента до переточки должна быть не менее 24 ч. Для снижения энергоемкости процесса резания, повышения качества выпускаемой продукции повышения производительности оптимизация режущей лезвия является одной из главных задач при проектировании режущего инструмента мясорубок. Для расчета геометрии режущей кромки необходимо знать усилие резания сырья. При этом следует учитывать, что при измельчении замороженного сырья усилия многократно возрастают. Экспериментально установлено, что усилия резания зависят от скорости резания. В различных диапазонах ΜΟΓΥΤ, скоростей усилия резания как уменьшаться, увеличиваться. Это объясняется тем, что усилие резания находится в сложной зависимости от величины предварительной деформации, которая зависит от скорости резания.

Приведем вариант математического моделирования и оптимизации формы режущей кромки лезвия ножа.

Единого подхода к математическому описанию и конструирования рабочих элементов процесса резания не существует, об этом говорит множество различных имеющихся модификаций режущего оборудования и его рабочих органов.

В литературе описан базовый вариант критериального соотношения обеспечивающего постоянство удельной мощности в деформируемой среде при резании лезвием. Данный случай используется при среднем значении угловой скорости вращения режущего инструмента, когда для любых точек режущей кромки объемы деформируемого материала примерно одинаковы, а точнее не зависят от радиус-вектора данных точек.

Удельную энергию деформации, особенно при больших скоростях резания, как например, в куттерах, рассматривать необходимо очень корректно. Выделяемая мощность в единице деформируемого сырья должна быть постоянной. Необходимо

учитывать динамические ударные нагрузки, которые имеют место при больших скоростях режущего инструмента, учитывая теорему о сохранении импульса силы резания, объем деформации можно положить обратно-пропорциональным линейной скорости точки режущей кромки.

В направлении вектора скорости резания (V), произвольную деформацию (δl) можем записать как:

$$\delta l = v \delta t \tag{1}$$

Отсюда, время деформации будет равно:

$$\delta t = \frac{\delta l}{V} \tag{2}$$

Зная, что для рабочих органов, вращающихся с угловой скоростью ω :

$$v = \omega r$$
 (3)

то получаем:

$$\delta t = \frac{\delta l}{\omega r} \tag{4}$$

Отсюда следует, что время воздействия на продукт кромки лезвия обратно-пропорционально скорости, а сила воздействия на материал определяется конкретной силой резания для определенного материала. Можем сделать вывод, что для одного и того же значения линейной деформации, при удалении лезвия от центра вращения время воздействия будет уменьшаться, так же, как и будет уменьшаться количество движения передаваемое продукту, а объем деформации обратно-пропорционален радиус-вектору точки режущей кромки.

Процесс резания лезвийным инструментом изучается и описывается во множестве трудов, при этом решение задачи в этих работах направлено на реализацию рационального перераспределения вектора скорости резания, при этом в полном объеме трансформируя процесс резания из рубящего в скользящее.

Анализируя данную проблему, можно сказать, что вопрос величины вектора скорости резания более актуален, нежели его направление.

Изучение множества литературы касающейся процесса резания лезвием, позволяет четко сформулировать научное положение о двух критических значениях скорости резания.

Первая скорость совпадает со скоростью, определяемой частотой собственных колебаний деформируемой массы материала. Это значит, что при скорости, меньшей по значению первой

критической, происходит квазистатическая деформация материала, а при более высоких скоростях, нежели первая критическая, происходит ударное воздействие на измельчаемый материал.

В данном случае существует несколько важных особенностей, учитывая которые, есть возможность значительно упростить математическое моделирование данного процесса. При ударном воздействии всеми действующими конечными силами можно пренебречь. Ко всему прочему, актуально использование теоремы Кельвина для определения работы сил резания, равной произведению полусуммы начальной и конечной скорости точки режущей кромки на импульс силы.

Вторая критическая скорость обусловлена появлением ударных волн в измельчаемом материале и определяется скоростью распространения звука в продукте. Данный вариант используется при описании процесса измельчения в высокоскоростных машинах.

Сравним значения двух критических скоростей.

I. Первая критическая скорость.

При резании деформируемой массы продукта, частота собственных колебаний рассчитывается исходя из нижеприведенных соображений.

Частота собственных колебаний массы «М» определяется так:

$$K = \sqrt{\frac{c}{M}} \tag{5}$$

где M - масса деформируемого материала; C - коэффициента упругости (жесткости).

Запишем закон Гука для мясного сырья, при действии деформирующей силы F (для оценки коэффициента упругости C) в скалярной форме:

$$F = cx (6)$$

где x — перемещение.

Уравнение (6), в координатах деформация-напряжение, выглядит в виде:

$$\sigma = E\varepsilon \tag{7}$$

где ε — внутренняя деформация; σ — внутреннее напряжение; E — модуль упругости, деформируемого продукта, первого рода.

Зная, что

$$\sigma = \frac{F}{S}, \qquad \varepsilon = \frac{X}{L},$$

Получим выражение для С:

$$C = \frac{ES}{L} \tag{8}$$

где L - линейный размер деформируемого объекта; S - площадь поперечного сечения деформируемого продукта.

Ориентировочно, для режущего лезвия (рис. 4.5) запишем:
$$S = \frac{1}{2}\Delta(d-b) \tag{9}$$

где Δ — толщина лезвия; b - ширина лезвия; d — наружный диаметр ножа; $\frac{1}{2}(d-b)$ - длина режущей кромки лезвия вращающегося ножа.

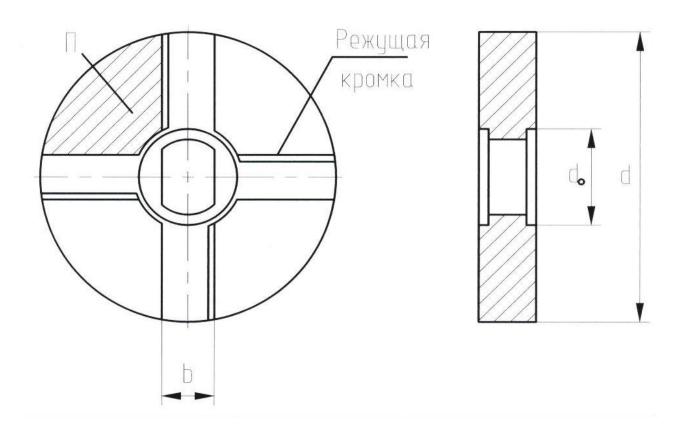


Рис. 4.5. Схема четырехлезвийного ножа

Зная конструкционные особенности, можем записать:

$$b = \frac{d_0}{2}; \qquad d_0 = \frac{d}{4},$$

где d_0 — диаметр посадочной ступицы лезвия.

Для ножа с «*m*» лезвиями запишем приближенное соотношение:

$$L = \frac{\pi d}{m} - b \tag{10}$$

Получаем:

$$C = \frac{mE\Delta(d-b)}{2(\pi d - mb)} \tag{11}$$

В процессе резания, масса деформируемого материала равна:

$$M = \rho V$$

где V — объем материала; ρ — его плотность.

С помощью величины секторной площади «П» (Рис.4.5.), найдем объем деформируемого продукта:

$$V = \Delta \Pi \tag{12}$$

В соответствии с рис.4.5 оценим величину секторной площади для m-лезвийного ножа по соотношению:

$$m\Pi = \frac{\pi d^2}{4} - \frac{\pi d_0^2}{4} - mb\frac{(d - d_0)}{2}$$

В общем случае тогда получаем:

$$\Pi = \left[\frac{\pi}{4m}(d + d_0) - \frac{b}{2}\right](d - d_0)$$
(13)

И тогда

$$M = \rho \Delta \left(\frac{(d-d_0)}{4}\right) \left(\frac{\pi}{m}(d-d_0) - 2b\right)$$
 (14)

Учитывая эффект присоединенных масс, получаем:

$$M = \rho \Delta (d - d_0) \left(\frac{\pi}{m} (d - d_0) - 2d \right)$$
 (15)

Частота собственных колебаний массы материала, измельчаемого m-лезвийным ножом запишется:

$$K = m \sqrt{\frac{E(d-b)}{2\rho(d-d_0)(\pi d - mb)(\pi(d+d_0) - 2mb)}}$$
 (16)

Учитывая, что

 $b = d_0/2$; $d_0 = d/4$,

величина K примет вид:

$$K_{\text{kp1}} = \frac{4m}{d} \sqrt{\frac{7E}{6\rho(5\pi - m)(8\pi - m)}}$$
 (17)

Для четырехлезвийного ножа:

$$K_{\rm kp1} = \frac{1,1}{d} \sqrt{\frac{E}{\rho}} \tag{18}$$

При $E=10^4\Pi a$, $\rho=10^3$ кг/м², d=0,1м, первая критическая частота для волчка с четырехлезвийным ножом будет равна:

$$K_{\text{KD1}} = 34.8c^{-1}$$

Первая критическая угловая скорость, в пересчете на частоту вращения ножа, примет значение:

$$n_{\kappa p1} = (60/2\pi)k_{\kappa p1}$$
 или $n_{\kappa p1} = 332~o \delta/$ мин.

Получаем вывод, что с целью обеспечения качественного процесс измельчения, для ножей с прямолинейной формой режущей кромки, при вращении нужно выбирать число оборотов равное $n_{\rm kp1}=332~oб/мин$.

II. Вторая критическая скорость характеризуется величиной скорости распространения ударных волн в материале, вычислить которую можно по соотношению:

$$a = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \tag{19}$$

Учитывая (3), получим:

$$\omega_{\rm kp2} = \frac{2m}{d} \sqrt{\frac{E}{\rho}} \tag{20}$$

Для четырехлезвийного ножа с учетом влияющих факторов получим:

$$\omega_{{}_{\mathrm{KP}}2} = 253 c^{-1}; \;\; n_{{}_{\mathrm{KP}}2} = 2417 \; \mathrm{of/}$$
мин.

Значит, режим ударного безволнового резания обеспечивается при:

$$n_{\text{kp1}} < n < n_{\text{kp2}}$$

 $332 \frac{\text{o6}}{\text{MuH}} < n < 2417 \frac{\text{o6}}{\text{MUH}}$.

Найдем закон, описывающий такую форму режущей кромки, чтобы угол α между радиус-вектором произвольной точки кривой и касательной в этой точке оставался постоянным.

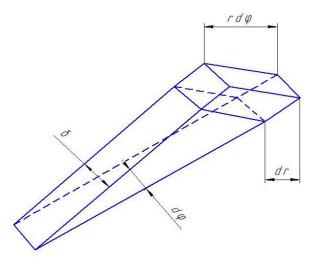


Рис.4.6. Схема для определения удельной мощности резания.

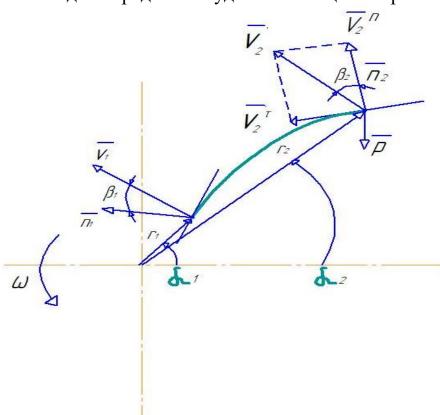


Рис.4.7. Схема распределения тангенциальной и нормальной составляющих вектора скорости точки режущей кромки

Работу резания осуществляет усилие в проекции на вектор нормальной компоненты скорости.

$$N_2 = Pv_2^n$$

$$N_1 = Pv_1^n$$

где P - удельное усилие резания, H/M.

Работа скользящего резания равна нулю, так как вектора силы резания и скорости скольжения взаимноперпендикулярны и их скалярное произведение равно нулю:

$$A_{c\kappa,pe3} = \overline{P}\overline{v}^{\tau} = Pv\cos 90 = 0.$$

$$v_1^n = v\cos \beta_1 = \omega r_1\cos \beta_1,$$

$$v_2^n = v\cos \beta_2 = \omega r_2\cos \beta_2;$$

$$N_1 = \omega r_1\cos \beta_1 P,$$

$$N_2 = \omega r_2\cos \beta_2 P.$$

Пусть ϕ_1, ϕ_2 — удельная мощность N_1, N_2 приходящаяся на единицу массы (объема) деформируемого материала.

Тогда, для скоростей ниже первой критической:

$$\phi_1 = \frac{N_1}{m_1} = \frac{\omega r_1 \cos \beta_1 P}{m_1},$$

$$\phi_2 = \frac{N_2}{m_2} = \frac{\omega r_2 \cos \beta_2 P}{m_2}.$$

где m_1 , m_2 — объем материала в данной точке лезвийной кромки, в котором диссипируется энергия резания N_1 , N_2 в единицу времени.

В соответствии с рис. 4.6 имеем в общем случае для объема: $dW = \partial r \cdot \delta \cdot r \partial \varphi$.

Тогда:

$$\partial m_1 =
ho dW_1 =
ho \partial r \delta r_1 \partial \phi,$$
 $\partial m_2 =
ho dW_2 =
ho \partial r \delta r_2 \partial \phi,$ или

$$m_1 = \rho \frac{r_1^2}{2} \delta \partial \varphi,$$

$$m_2 = \rho \frac{r_2^2}{2} \delta \partial \varphi.$$

$$\phi_1 \ u \ \phi_2$$
 примут вид:
$$\phi_1 = \frac{\omega r_1 \cos \beta_1 P}{\rho \partial r \delta r_1 \partial \varphi},$$

$$\phi_2 = \frac{\omega r_2 \cos \beta_2 P}{\rho \partial r \delta r_2 \partial \varphi}.$$

Условие равнонапряженного деформированного (в том числе термического) состояния записывается в форме:

$$\phi_1 = \phi_2$$
,
Тогда:

$$\frac{\omega r_1 \cos \beta_1 P}{\rho \partial r \delta r_1 \partial \phi} = \frac{\omega r_2 \cos \beta_2 P}{\rho \partial r \delta r_2 \partial \phi}$$
Окончательно:
$$\cos \beta_1 = \cos \beta_2,$$
или
$$\beta_1 = \beta_2.$$

Таким образом, для ненапряженных условий работы мясорубок и волчков, когда максимальные скорости лезвия ниже первой критической, Форма режущей кромки должна обеспечивать постоянство угла скольжения β.

Как известно, в полярных координатах такая форма описывается в аналитической геометрии уравнением логарифмической спирали.

Действительно, поверхность, сечением которой является кривая AB, должна быть такой, чтобы угол α между радиус-вектором произвольной точки кривой и касательной к AB в этой точке оставался постоянным.

Пусть уравнение искомой кривой в полярной системе координат $r=f(\phi)$ и полюс совмещает с началом прямоугольной системы.

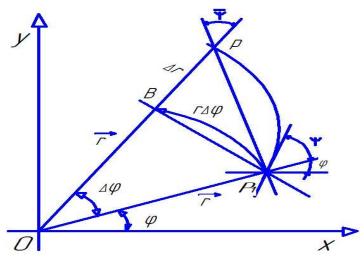


Рис.4.8. Лезвие в полярной системе координат.

Рассмотрим геометрический смысл производной уравнения кривой $r = f(\phi)$ в полярной системе координат:

$$r' = \lim_{\Delta \varphi \to 0} \frac{\Delta r}{\Delta \varphi} = \frac{dr}{d\varphi} = r'(\varphi)$$

Пусть $P_1 u \, P_2$ — две точки кривой $\mathbf{r} = f(\phi)$, которые в пределе при $\Delta \phi \to 0$ совпадают. Перед переходом к пределу, радиус-вектор

точки P и секущая P_1P образуют угол $\overline{\Psi}$. При переходе этот угол переходит в угол Ψ , образуемый радиус-вектором точки P_1 и касательной, проведенной в этой точке, т.е.:

$$\Psi = \lim_{\Delta \varphi \to 0} \overline{\Psi}$$

Следовательно,

$$tg\overline{\Psi} = \frac{BP_1}{BP} \approx \frac{r\Delta\phi}{\Delta r} = \frac{r}{\frac{\Delta r}{\Delta\phi}}$$

После предельного перехода

$$tg\Psi = \lim_{\Delta \phi \to 0} \frac{r}{\Delta r} = \frac{r}{\lim_{\Delta \phi \to 0} \frac{\Delta r}{\Delta \phi}} = \frac{r}{r}$$

В условиях задачи углу Ψ соответствует угол α , и следовательно:

$$ag lpha = rac{r}{r}$$
 откуда $ag lpha rac{dr}{r} = d \phi, \ ag lpha = rac{r}{rac{dr}{d \phi}}$

 $tg\alpha \ln r = \varphi + C_1$, или $\ln r = (\varphi + C_1)ctg\alpha$ $r = e^{(\varphi + C_1)ctg\alpha} = e^{\varphi ctg\alpha}e^{C_1ctg\alpha}C = Ce^{\varphi ctg\alpha}$

Искомая кривая-логарифмическая спираль.

II. Для скоростей выше первой критической, имеет место ударное взаимодействие режущей кромки с измельчаемым сырьем.

В этом случае можем записать закон сохранения количества движения в виде:

 $P\partial r \cdot \tau = v \cos \beta \, \partial m,$

II.1. При линейной скорости v не превышающей скорости распространения возмущения (звука) в мясном сырье, можем записать: $v=\omega r$,

тогда в конечных переменных:

 $Pr \cdot \tau = \omega r \cos \beta m$,

Учитывая, что $\tau = \phi/\omega$, запишем:

 $Pr\frac{\varphi}{\omega} = \omega r \cos \beta m.$

Переходя к удельным мощностям для двух точек лезвийной кромки, получим:

$$\phi_1 = \frac{\omega r_1 \cos \beta_1 m_1}{\omega m_1},$$

$$\phi_2 = \frac{\omega r_2 \cos \beta_2 m_2}{\omega m_2},$$

ИЛИ

 $\phi_1 = r_1 \cos \beta_1, \ \phi_2 = r_2 \cos \beta_2.$

Приравнивая ϕ_1 и ϕ_2 запишем:

$$r_1 \cos \beta_1 = r_2 \cos \beta_2$$

II.2.Для случая высоких скоростей резания, превышающих скорость распространения возмущения (звука) в мясном сырье, время взаимодействия лезвийной кромки с продуктом в процессе измельчения может быть принято обратно пропорциональным величине линейной скорости.

Скоростное ударное резание, характерное например для куттеров, описывается следующим уравнением сохранения количества движения:

$$P\partial r \cdot \tau = mV \cos \beta$$
,

тогда

$$V = \frac{P\partial r \cdot \tau}{mV \cos \beta}.$$

При этом удельная мощность энергии выделяемой в единичном объеме продукта массы «m» составляет величину:

$$\phi = \frac{N}{m},$$

где

$$N = \frac{E}{\tau}$$

Энергия «E» массы «m», диссипируемая в продукте записывается в виде:

$$E=\frac{mV^2}{2},$$

тогда

$$N=\frac{mV^2}{2\tau},$$

в этом случае:

$$\phi = \frac{V^2}{2\tau},$$

Учитывая значение V, получаем:

$$\phi = \frac{P^2(\partial r)^2 \tau^2}{m^2 \cos^2 \beta 2 \tau'}$$

или, для $\partial m = \rho(r\partial\phi)\delta\partial r$ запишем:

$$\phi = \frac{P^2(\partial r)^2 \tau}{2\cos^2 \beta \rho^2 r^2 (\partial \phi)^2 \delta^2 (\partial r)^2}$$

ИЛИ

$$\phi = \frac{P^2 \tau}{2\cos^2 \beta \rho^2 r^2 (\partial \varphi)^2 \delta^2}.$$

 $\phi = \frac{P^2 \tau}{2 cos^2 \beta \rho^2 r^2 (\partial \phi)^2 \delta^2}.$ Условия равнонапряженного деформированного состояния в каждой точке лезвийной кромки с учетом принятого допущения

$$\tau = \frac{1}{V} = \frac{1}{\omega \tau}$$

примет вид:

$$\frac{P^2}{2cos^2\beta_1\rho^2r_1^2(\partial\phi)^2\delta^2\omega r_1} = \frac{P^2}{2cos^2\beta_2\rho^2r_2^2(\partial\phi)^2\delta^2\omega r_2},$$
 или
$$cos^2\beta_1r_1^3 = cos^2\beta_2r_2^3,$$
 тогда: (21)

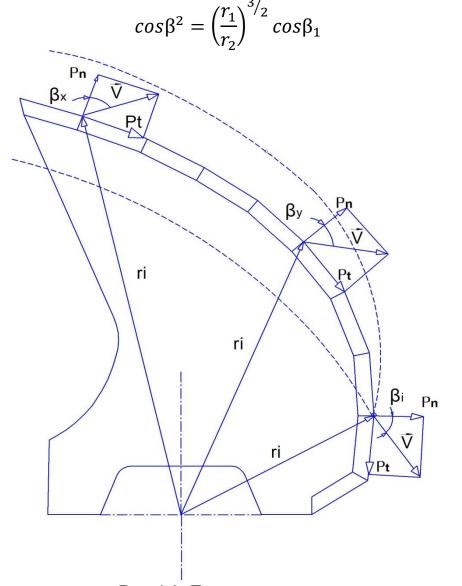


Рис.4.9. Единичное лезвие ножа

Таким образом, оптимальная форма лезвийной кромки ножа высокоскоростного мясоизмельчителя (куттер) описывается полученным уравнением (21) и может быть построена (прорисована) при заданных координатах начальной точки и выбранной величине r_2 .

Как отмечалось выше, при измельчении сырья в мясорубке наблюдаются два характерных критических значения скорости резания. Первая критическая скорость обусловливает такую частоту вращения режущего инструмента, которая совпадает с частотой собственных колебаний деформируемой массы в процессе резания. Таким образом, при скоростях, меньших первой критической, имеет место процесс квазистстической деформации измельчаемого материала, а при скорости, больших, чем первая критическая, возникают ударные воздействия лезвия на продукт. Рассмотрение процесса резания в этом случае связано с теорией удара.

Вторая критическая скорость связана с возникновением в измельчаемой массе ударных волн и характеризуется достижением скоростью резания скорости распространения звука в данном материале.

При измельчении говядины на волчке с четырехлезвиным ножем первая и вторая критическая скорости будут равны (при r=0.0365): $V_{\rm kp1}=2.1$ м/с; $V_{\rm kp2}=5.1$ м/с.

Критические скорости определяют границы трех режимов резания:

1. Квазистатический — режим, при котором скорость резания меньше первой критической, имеет место процесс квазистатической деформации измельчаемого материала. Происходит переход от разрушения материала по слабым сечениям слоя, не совпадающим с плоскостью разреза, к разрушению материала в плоскости разреза. За счёт этого усилия резания возрастают. Время воздействия кромки лезвия на сырьё обратно пропорционально скорости. Отсюда следует вывод, что с удалением от центра вращения лезвия, для одного и того же значения величины линейной деформации, время воздействия на сырьё уменьшается, количество движения, передаваемое материалу, так же уменьшается, и объём деформации сырья действительно обратно пропорционально линейной скорости или радиус-вектору «г» точки режущей кромки в случае вращательного движения рабочих органов.

- 2. Ударный режим, при котором происходит ударное воздействие лезвия на продукт. Описание процесса резания в этом случае связано с использованием теории удара. Величина ускорений прослоек материала достигает значительных величин.
- 3. Волновой режим, при котором скорость резания превышает скорость распространения звука в данном материале, в измельчаемой массе происходит возникновение ударных волн. Напряжения передаются в материал со скоростью звука. Когда скорость резания превышает скорость распространения напряжений, напряжение оказывается сконцентрированным локализованным у лезвия.

Процесс резания в волчке происходит при скоростях меньших первой критической. Удельная мощность, выделяемая в единице деформируемого объёма, должна быть постоянной. Это положение является условием, определяющим форму режущей кромки. Приравнивая мощности, выделяемые в первой и второй точке режущей кромки, получаем условие оптимизации формы режущей кромки с целью получения однородного фарша при квазистатической деформации материала.

Рассматривая силовое взаимодействие лезвия с мясным сырьём в начальный момент резания при квазистатической деформации (рис. 4.4) определим оптимальный угол скольжения режущей кромки.

В момент начала резания критическая сила $P_{\rm кp}$, приложенная к ножу, должна преодолевать сумму всех сил, действующих в её направлении:

$$\overrightarrow{P_{\rm Kp}} = \overrightarrow{P_{\rm pe3}} + \overrightarrow{P_{\rm CK}} + \overrightarrow{T_1} + \overrightarrow{T_2}$$

При резании мяса до 85% энергии расходуется на пластические деформации, остальная энергия идет на преодоление молекулярных сил.

Напряжения резания уменьшаются пропорционально уменьшению предварительной деформации. Предварительная деформация зависит от удельной площади контакта лезвия и разрезаемого материала, который в свою очередь зависит от угла скольжения лезвия

На рис. 4.10 показан нож с четырьмя лезвиями.

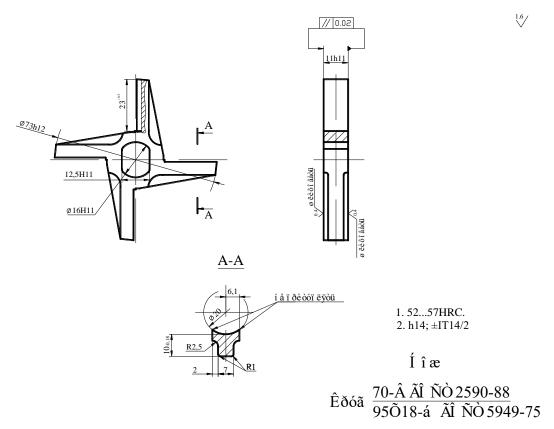


Рис. 4.10. Нож с четырьмя лезвиями.

4.4 Расчет и проектирование шнека

После проектирования корпуса для шнека приступают к проектированию шнека. Определяют наружный диаметр шнека $D_{\rm m}$

$$D_{\text{III}} = D_{\text{BK}} - b_{\text{III}}$$

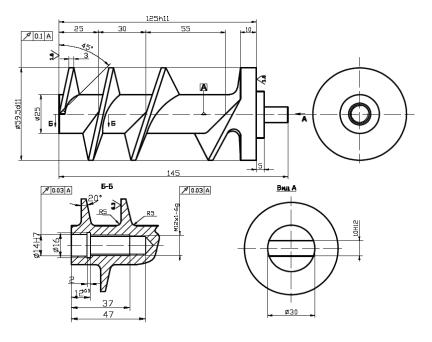
где $b_{\rm m}$ — зазор между наружным диаметром шнека и внутренним диаметром корпуса шнека.

Величина быть зазора d_{III} должна минимальной уменьшения потерь производительности (снижение противотока). рассчитывается возможной ИЗ точности изготовления посадочных отверстий для пальца шнека и хвостовика. При расчете допусков и посадок корпуса шнека и шнека следует пользоваться стандартной системой допусков и посадок, установленной для гладких цилиндрических соединений. При этом применяются посадки в системе отверстия, что сокращает при изготовлении номенклатуру размерного инструмента и калибров для отверстий.

При вращении шнека в корпусе витки шнека из-за несоосности могут соприкасаться с внутренним диаметром корпуса, вызывая износ как корпуса шнека, так и витков шнека. Это явление недопустимо, т.к. истираемый металл попадает в фарш.

Основные параметры шнека приведены на структурной схеме конструктивных параметров (рис. 2.8).

На рис. 4.10 показан шнек мясорубки 8 MM, на рис. 4.11 – сварной шнек.



Отливка 20X13/ ГОСТ 977-88

Рис. 4.11. Шнек мясорубки 8ММ

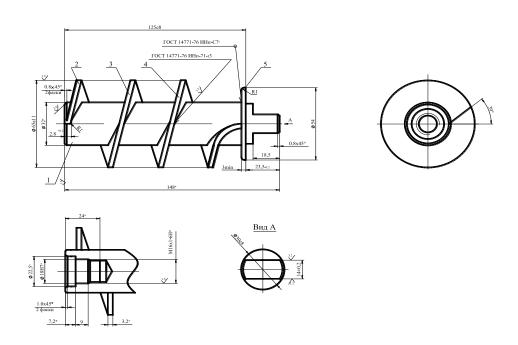


Рис. 4.12. Сварной шнек.

4.5 Расчет и проектирование корпуса для шнека

После определения диаметра измельчительной решётки $D_{\rm p}$ определяют параметры корпуса для шнека: внутренний диаметр корпуса для шнека $D_{\rm 1}$, длину цилиндра $L_{\rm 1}$, где размещены витки шнека, диаметр цилиндра $D_{\rm 2}$ и его длину $L_{\rm 2}$, где размещены решетки и ножи.

Диаметр цилиндра D_2 для установки решеток и ножей должен обеспечивать свободную установку и съем решеток и ножей при их замене и санитарной обработке. Зазор между стенками корпуса и решеткой должен быть минимальным, т.к. центральное отверстие решетки является опорным подшипником пальца шнека. При наличии большого зазора нарушается соосность вращения шнека, что может привести к биению шнека о стенки корпуса, повышенному износу, шуму, истиранию металла и попаданию опилок в продукт.

В корпусе для шнека мясорубки 8ММ для измельчительных и подрезной решеток имеется цилиндрическое отверстие диаметром 82 $h13(_{-0,340}^{-0,120})$ (диаметр решетки 82H11 +0,3). При этом минимальный зазор между решеткой и цилиндром корпуса будет 0,12 мм, а максимальный 0,64 мм.

Длина L_1 цилиндра в корпусе для шнека, где устанавливаются измельчительные, подрезная решетки и ножи, определяется суммарной толщиной ножей и решеток

$$L_1 = S + S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + 1$$
,

где S — толщина приемной решетки;

 S_1 – толщина первого ножа;

 S_2 – толщина первой измельчительной решетки;

 S_3 – толщина второго ножа;

 S_4 — толщина второй измельчительной решетки.

Для мясорубки с диаметром решеток 82 мм (8ММ): S = 8 мм, $S_1 = 14$ мм, $S_2 = 8$, $S_3 = 14$, $S_4 = 8$ мм.

Суммарная толщина решеток и ножей равна 52 мм. Пакет ножей и решеток входит в цилиндр корпуса для шнека. Для того чтобы компенсационное кольцо, которое центральной гайкой зажимает пакет, входило в отверстие длину цилиндра увеличиваем на 1 мм. Таким образом, длина цилиндра будет 53 мм.

При заточке и перешлифовке ножей и решеток их толщина уменьшается, а компенсационное кольцо центральной гайкой прижимает пакет и компенсирует уменьшение толщины.

После определения диаметра и длины цилиндра для решеток находим диаметр D_1 и длину L_1 цилиндрического отверстия для шнека. Для надежного упора решеток в цилиндре принимаем опорную кольцевую площадку шириной 5 мм. При этом диаметр $D_{\rm B}$ цилиндрического отверстия для шнека будет на 10 мм меньше диаметра решетки, т.е. для решетки $\Phi 82$ мм он будет $\Phi 72$ мм.

$$D_1 = D_2 - r$$

где r — ширина площадки в корпусе шнека для упора решетки.

Длина $L_{\text{п}}$ внутреннего цилиндра корпуса шнека определяется числом і витков шнека.

$$L_{II} = S i + m + n$$

где m — зазор на входе, n — зазор на выходе

По внутреннему диаметру корпуса шнека нарезаны канавки, которые препятствуют прокручиванию сырья для уменьшения его перетирания, что обеспечивает наименьшее соковыжимание и, как следствие, наилучшие вкусовые качества готовой мясной продукции. Винтовые канавки стабилизируют давление в корпусе шнека. Если шнек подает количество сырья, которое не успевает измельчить ножи, то в корпусе шнека возрастает давление, сырье сдавливается, перетирается. В этом случае через винтовые канавки образуется противопоток, сок возвращается в начало корпуса шнека. Научные исследования о параметрах этих канавок (глубина, ширина, шаг винтовой нарезки, направление и число) отсутствуют, поэтому их выбирают по аналогии с имеющимися образцами.

Корпус шнека должен изготавливаться (как и все детали, контактирующие с пищевыми средами) из материалов, разрешенных к применению Минздравом. Перечень этих материалов дан в Руководящем техническом материале РТМ 27-27-15-82 «Машины и оборудование продовольственные. Порядок применения металлов, синтетических и других материалов, контактирующих с пищевыми продуктами и средами». Такими материалами в зависимости от технологии изготовления и стоимости могут быть нержавеющие стали, чугун, алюминиевые сплавы, полимерные композиции.

При выборе материала для изготовления корпуса следует учитывать стоимость материала и его коррозионную стойкость.

Можно применить сталь 20X13Л (ГОСТ 997-88), она значительно дешевле стали X18H10T, но не имеет товарного вида, имеет серый цвет и подвергается незначительной коррозии.

В зависимости от стоимости мясорубки, размера партии изготовления, технологических возможностей, выбранного материала, возможны способы изготовления корпусов шнека:

- литьё по выплавляемым моделям;
- литьё в кокиль;
- литьё в землю;
- точеный, сборный сварной;
- точеный, сборный с термозапрессовкой горловины.

Структурная схема конструктивных параметров корпуса для шнека показана на рисунке 2.5.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Акимов М.М. Стенд для определения технологических параметров измельчаемого сырья/ М.М. Акимов, С.Н. Туменов, М.Б. Смирнов. Сб. научн. трудов. Семипалатинский гос. университет 2002. С. 50–53
- 2. Андрианов А.С. Оценка надежности волчков. /А.С. Андрианов. ЦНИИТЭИ мясомолпрома, «Мясная промышленность» (Экспресс-информация), № 7, –М. 1981. С. 46–47.
- 3. Андрианов А.С. Повышение надежности измельчителей мяса (волчков) на основе анализа технологических и эксплуатационных воздействий/ А.С. Андрианов. Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. М.: Московский технологический институт мясной и молочной промышленности, 1982. 18 с.
- 4. Андрианов А.С., Мартынов Г.А. Литые решетки к волчкам с отверстиями малого диаметра / А.С.Андрианов, Г.А. Мартынов. ЦНИИТЭИмясомолпром, серия «Мясная промышленность» (Экспресс-информация), вып. 4, 1980. С. 19–22.
- 5. Антипов С.Т. Решетка к устройству для измельчения мясокостного сырья/ С.Т. Антипов, С.В.Шахов, С.С. Комиссаров. Пищевая промышленность. $2002. \mathbb{N} = 1. C. 49.$
- 6. Антипов С.Т. Введение в специальность. / С.Т. Антипов [и др.] М.: Колос 2007. 291 с.
- 7. Антипов С.Т., Кретов И.Т., Остриков А.Н., Панфилов В.А., Ураков О.А. Машины и аппараты пищеых производств. В 2х кн.: Учеб. для вузов /Под ред. Акад. РАСХН Панфилова В.А. / М.: Высш. шк., 2009.-1383 с.
- 8. Белохвостов Г.И. Совершенствование конструкций режущего механизма машин для измельчения мяса / Г.И. Белохвостов –Автореф. канд. дисс. Могилев, 1996.-17 с.
- 9. Бредихин С.А. Технологическое оборудование для мясокомбинатов / С.А. Бредихин. М.: Колос, 1994. 324 с.
- 10. Бобров С.В. Повышение эффективности волчка для резки дефростированного мяса. СПб.: Университет ИТМО. 2014. 96 с.
- 11. В.В.Пеленко, Н.А.Зуев, Р.А.Азаев, и др.// Ресурсосберегающие технологии и оборудование пищевой промышленности: Межвуз. Сб. науч. тр., СПб.: СПбГУНиПТ, 2006. С.48-54.

- 12. Виноградов Ю.Н., Проектирование мясомолочной отрасли и рыбоперерабатывающих производств / Ю.Н. Виноградов, В.Д. Косой, О.Ю. Новак. СПб,: ГИОРД, 2005. 330 с.
- 13. Горбатов А.В., Шквырский Н.А., Андрющенко А.Г. Исследование напряженного состояния ступицы двустороннего ножа волчка. «Мясная индустрия СССР», 1981, № 1. С. 38-40.
- 14. Горлач Р. В. Оптимизация состава и технологии производства сталей мясоизмельчительных комплексов / Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий, 2003. с 26.
- 15. Горяев В.В. Совершенствование конструкций и методики расчета режущего механизма волчков / Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. М.: Московский технологический институт мясной и молочной промышленности, 1989. 25 с.
- 16. ГОСТ 12.2 135 95 Оборудование для переработки продукции в мясной и птицеперерабатывающей промышленности. Общие требования безопасности, санитарии и экологии. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. Минск. Изд-во стандартов. 1995. 51 с.
- 17. ГОСТ 20469 95 Электромясорубки бытовые. Технические условия. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. Минск. Изд-во стандартов. 1998. 17 с.
- 18. ГОСТ 28532 90 Волчки. Общетехнические требования. М. Госкомитет СССР по управлению качеством продукции и стандартизации. 1990. С. 5.
- 19. ГОСТ 28533 90 Режущий инструмент волчка. Типы, основные размеры и технические требования. М. Изд-во стандартов. 1990. -5 с.
- 20. ГОСТ 30146 95 Машины и оборудование для производства колбасных изделий и мясных полуфабрикатов. Общие технические условия. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. Минск. Изд-во стандартов. 1995. 9 с.
- 21. Даурский А.Н., Мачихин Ю.А. Резание пищевых материалов. М. Пищевая промышленность. 1980. 240 с.
- 22. Зуев Н.А., Савельева О.В., Пальчиков А.Н., Андрощук В.О., Ольшевский Р.Г. Зависимость качества измельчения продукта от зональных площадей полезных сечений механизма экструдирования и резания волчка./ЭНЖ «Процессы и аппараты пищевых производств». СПб.: НИУ ИТМО. 2014 г, вып.1. 6 с.

- 23. Ивашов В.И. Оборудование для переработки мяса/ В.И. Ивашов, СПб.: ГИОРД, 2007 Т.1 и 2. 760 с.
- 24. Ковалевский В.И. Проектирование технологического оборудования линий мясной промышленности. СПб.: ГИОРД, 2007 .- 316 с.
- 25. Комиссаров С.С. Исследование процесса измельчения мясного сырья в волчках и разработка ножевых головок. Автореф. канд. дисс. Воронеж, 2003. 18 с.
- 26. Комиссаров С.С. Совершенствование режущего узла волчка. Воронежская государственная технологическая академия.//Модернизация существующего и разработка новых видов оборудования для пищевой промышленности: Сборник научных трудов. Воронеж, 2001, вып. 11. С. 21.
- 27. Комиссаров С.С. Устройство для измельчения мяса. Воронежская государственная технологическая академия.//Модернизация существующего и разработка новых видов оборудования для пищевой промышленности: Сборник научных трудов. Воронеж, 2001, вып. 11. С. 81-83.
- 28. Корнюшко Л.М. Оборудование для производства колбасных изделий. –М.: Колос., 1993.- 299 с.
- 29. Косой В.Д., Крементуло В.В., Андрианов А.С., Катюхин В.С. Определение рациональных режимов работы параметрической надежности волчков. Мясная индустрия СССР, 1982, №3. С. 14-19.
- 30. Кошевой Е.П. Практикум по расчетам технологического оборудования пищевых производств. СПб.: ГИОРД, 2005 .- 2276 с.
- 31. Лонцин М., Р. Мерсон Основные процессы пищевых производств. Перевод с английского. М.: Легкая и пищевая пр-ть 1983/ 377 с.
- 32. Мачихин Ю.А., Мачихин С.А. Инженерная реология пищевых материалов. М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1981. 216 с.
- 33. Машиностроение: Энциклопедия / Ред. совет: К.В. Фролов (пред.) и др. Т.1У-17. Машины и оборудование пищевой и перерабатывающей промышленности./ С.А. Мачихин, В.Б. Акопян, С.Т.Антипов и др.; Под ред. С.А. Мачихина. М.: Машиностроение, 2003. 736 с.
 - 34. Мясная индустрия СССР, 1981, №5. С. 41–42.
- 35. Новое мясное дело. Специализированное издание по вопросам производства, техники и менеджмента в мясной пр-ти. Издво Hans Holzmann. Германия. 2006. № 1-6.

- 36. Остриков А.Н., Абрамов О.В., Рудометкин А.С. Экструзия в пищевой промышленности. СПб.: ГИОРД, 2004, 288 с.
- 37. Островский Э.В. Краткий справочник конструктора продовольственных машин. М.: Агропромиздат, 1986. 616 с.
- 38. Пат. 141 822, РФ, МПК А22С 17/00, 2013г. Волчек с прямоугольной винтовой нарезкой шнека. Пеленко В.В., Зуев Н.А., Арет В.А.
- 39. Пат. 2. 368 423, РФ, МПК ВО2С 18/30, 2009г. Решетка для мясорубки. Пеленко В.В., Зуев Н.А., Арет В.А.
- 40. Пат. 2118258. РФ. МКИ 6. В 29 С 47/64. Экструдер. Остриков А.Н., Данченко А.А., Абрамов О.В.
- 41. Пат. 2136371. РФ. МПК 6 В 02 С 18/36. Решетка для мясорубки. Рудик Ф.Я., Богатырев С.А., Гутуев М.Ш.
- 42. Пат. 2148435. РФ. МПК 7 В 02 С 18/36. Решетка режущего блока устройства для измельчения материалов. Куличков Ю.В.
- 43. Пат. 2172246. РФ. МПК 7 В 29 С 47/40. Двушнековый экструдер. Остриков А.Н., Шевцов А.А., Абрамов О.В.
- 44. Пат. 2203139.РФ. МПК 7 В 02 С 18/36. Решетка к устройству для измельчения мясного сырья. Антипов С.Т., Шахов С.В., Комиссаров С.С.
- 45. Пат. 2380686. РФ, МПК G01N 19/02, 20010.г. Способ определения коэффициента трения мясного сырья. Пеленко В.В., Зуев Н.А., Арет В.А., Азаев Р.А
- 46. Пат. 85 580, РФ, МПК ВО2С 18/30, 2009г. Мясорубка со шнеком для реверса. Пеленко В.В., Зуев Н.А., Арет В.А.
- 47. Пат. 88 991, РФ, МПК ВО2С 18/30, 2009г. Мясорубка с двухпрофильным шнеком. Пеленко В.В., Зуев Н.А., Арет В.А., Азаев Р.А.
- 48. Пат. 2 440 191, РФ, МПК ВО2С 18/30, 2009г. Измельчительная решетка для мясорубки. Пеленко В.В., Зуев Н.А., Арет В.А.
- 49. Пахоруков А.А. Совершенствование конструкции рабочих органов машин для измельчения замороженных мясных блоков с учетом усталостной прочности. Автореф. канд. дисс. Л. 1990. 18 с.
- 50. Пелеев А.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности/А.И.Пелеев. М.: Пищепромиздат. 1971. 518 с.
- 51. Пеленко В. В. Разработка математической модели процесса измельчения мясного сырья в волчках / Пеленко В. В., Арет В. А., Кайка А. Х., Тарабановский Ф. Б., Ольшевский Р. Г., Бобров С.

- В., Зуев Н. А. // Научный журнал НИУ ИТМО, 2013. №2. [электронный ресурс]: http://www.processes.ihbt.ifmo.ru // С.12-14.
- 52. Пеленко В.В. Мясоперерабатывающее оборудование отечественного производства для средних и малых предприятий [Текст] / Азаев Р.А., Зуев Н.А., Ольшевский Р.Г. и др. / Развитие теории и практики создания оборудования для переработки пищевой продукции / Межвуз. сб. науч. тр., ч.2. СПб.: СПбГУНиПТ, 2005. С. 3 10.
- 53. Пеленко В.В., Зуев Н.А., Верболоз Е.И., Ковалев Н.Г., Ольшевский Р.Г. Состояние и основные направления развития мясоперерабатывающей отрасли.— В межвузовском сб. научных трудов Часть 1. «Развитие теории и практики создания оборудования для переработки пищевой продукции», С.-Пб.: СПбГУНиПТ,2004. с.4-7.
- 54. Пеленко В.В., Зуев Н.А., Ольшевский Р.Г., Азаев Р.А., Кондратов А., Кузьмин В.В., Хатченко Е.П. Оптимизация формы режущих элементов измельчительного оборудования. В межвузовском сб. научных трудов. Часть 1. «Развитие теории и практики создания оборудования для переработки пищевой продукции». СПб.: СПбГУНиПТ, 2004.
- 55. Пеленко В.В., Зуев Н.А., Ольшевский Р.Г., Азаев Р.А., Кузьмин В.В. Фундаментальные особенности процесса резания пищевых продуктов лезвийным инструментом [Электронный ресурс]: электронный научный журнал «Процессы и аппараты пищевых производств». Электронный журнал. Санкт-Петербург: СПбГУНиПТ, №1. март 2008.
- 56. Пеленко В.В., Зуев Н.А., Ольшевский Р.Г., Азаев Р.А., Шибанов А.И., Кузьмин В.В. Обзор зарубежных волчков и смесителей для мясопродуктов / [Электронный ресурс]: электронный научный журнал «Процессы и аппараты пищевых производств». − Электронный журнал. Санкт-Петербург: СПбГУНиПТ, 2008. №1. март 2008.
- 57. Пеленко В.В., Зуев Н.А., Ольшевский Р.Г., Саватеев В.М., Городова И.Б., Кондратов А.В. Мясоперерабатывающее оборудование отечественного производства для средних и мелких предприятий. В межвузовском сб. научных трудов Часть П. «Развитие теории и практики создания оборудования для переработки пищевой продукции». С.-Пб.: СПбГУНиПТ, 2005. с. 3-9.
- 58. Пеленко В.В., Кузьмин В.В., Морозов Е.А., Азаев Р.А., Ольшевский Р.Г. Оптимизация параметров оборудования для

- переработки мясного сырья // Известия ВУЗов. Пищевая технология. $N_{2}5-6$, 2008. c. 84–86.
- 59. Пеленко В.В., Зуев Н.А., Азаев Р.А., Янцевич А.А., Ольшевский Р.Г., Кузьмин В.В. О необходимости развития отечественного машиностроения для мясопереработки / [Электронный ресурс]: электронный научный журнал «Процессы и аппараты пищевых производств». Электронный журнал. Санкт-Петербург: СПбГУНиПТ, 2008. №1. март 2008.
- 60. Полещук О.Б. Выбор уравнений, описывающих массоперенос при истечении мясного фарша через отверстия решетки мясорубки. Проблемы совершенствования торгово-экономического оборудования. Научн. тр. ЛИСТ 1982. С. 31-38.
- 61. Полещук О.Б. Оптимизация работы мясоизмельчительных шнековых машин на основе изучения закономерностей переноса влаги в мясном фарше. Автореф. канд. дисс. Л. 1988. 16 с.
- 62. Рогов И.А. Технология и оборудование мясоконсервного производства. М.: Колос. 1994. 270 с.
- 63. Рогов И.А. Технология и оборудование мясоконсервного производства. М.: Колос. 1994. 270 с.
- 64. РТМ 27-72-15-82 Машины и оборудование продовольственные. Порядок применения металлов, синтетических и других материалов, контактирующих с пищевыми продуктами и средами. М. Министерство машиностроения для легкой и пищевой промышленности и бытовых приборов. 1983. 100 с.
- 65. Сидоряк А.Н., Шевляков Р.И., Якушев О.И. Основные допущения используемые для разработки математической модели нового способа измельчения мясного сырья. Сб. научн. тр. МГУ Прикладной биотехники. 2002. С. 57-59.
- 66. Сидоряк А.Н., Шевляков Р.И., Якушев О.И. Улучшение структурно-механических свойств мяса за счет нового способа измельчения. Сб научн. Трудов МГУ Прикладной Биотехнологии. 2002. С. 50-62.
- 67. Скульский О.И. Разработка методов расчета одно- и двухчервячных машин для полимеров и дисперсных систем с учетом гидродинамических, тепловых и ориентационных явлений. Дисс. докт. техн. наук. Перм. гос. техн. ун-т. Пермь: 1992. 322 с.
- 68. Соколов В.И. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых призводств.-М.: Колос, 1992. 399с.
- 69. Сфера. Мясо. Мясопереработка. №3(29) 2006. Информационно-аналитический журнал.- С.Петербург. 2006. 73 с.

- 70. Туменов С.Н., Акимов М.М. Структурный анализ мясорубки. Сб. научн. Трудов. Семипалатинский госуниверситет 2002. С. 98-101.
- 71. Фатыхов Ю., Канопка Л. Экструзионные технологии пищевых производств. Латвия. Вильнюс. Вильнюский технический университет. 2007. 88 с.
- 72. Хромеенков В.М. Научные основы совершенствования скользящего резания пищевых материалов и разработки высокоэффективных резальных машин и ножевых измельчителей. Автореф. докт. дисс. М.: 1993. 48 с.
- 73. Хромеенков В.М. Стохастическая модель режущей кромки ножа. Интенсификация процессов пищевых производств, оборудования и его совершенствование. Межвузовский сборник научных трудов. Технологический институт холодильной промышленности. С.-Пб.: 1992. С. 73-78.
- 74. Хромеенков В.М., Рензяев О.П., Климов Ю.А. Показатели заточки ножей для скользящего резания. Хлебопекарня и кондитерская промышленность. 1985, № 12. С. 26-27.
- 75. Чижикова Т.В. Машины для измельчения мяса и мясных продуктов/ Т.В. Чижикова. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982,- 302 с.



Миссия университета — генерация передовых знаний, внедрение инновационных разработок и подготовка элитных кадров, способных действовать в условиях быстро меняющегося мира и обеспечивать опережающее развитие науки и технологий и других областей для содействия решению актуальных задач.

КАФЕДРА ПРОЦЕССОВ И АППАРАТОВ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

1976 Кафедра организована профессором, В году д.т.н. Лепилиным В.Н. Основное направление научное деятельности кафедры разработка новых процессов И ИХ аппаратурного области пищевых биотехнологий. За время своего оформления в существования на кафедре было подготовлено 5 докторов наук, 50 технических наук более 200 инженеров-механиков кандидатов и магистров. Ряд выпускников кафедры являются генеральными директорами крупных российских пищевых предприятий, таких как «Комбинат Пищевых Продуктов», а также ОАО «Балтика», известных зарубежных фирм, имеющими представителями бизнес в России.