

КЫРГЫЗСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени К.И.СКРЯБИНА

На правах рукописи

УДК: 621.926.72

Карасартов Урмат Эркинбекович

**РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ
МАШИНЫ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПРОДУКТОВ ЗЕРНА**

05.20.01 - технологии и средства механизации сельского хозяйства

Диссертация на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор

Осмонов Ысман Джусупбекович

Бишкек – 2021

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ	4
ВВЕДЕНИЕ	6
ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ	12
1.1. Физико-механические и технологические свойства зерна и влияние их на параметры машин как обрабатываемый материал	12
1.2. Анализ и оценка способов измельчения зерна и конструкций жерновых мельниц	18
1.2.1. Машины для измельчения сыпучих пищевых продуктов.	21
1.3. Анализ работ по исследованию технологических процессов измельчения зерна	28
1.3.1. Вопросы теории измельчения зерна	34
1.4. Патентный поиск	39
1.5. Выбор объекта исследования	45
1.6. Выводы и задачи исследований	50
ГЛАВА 2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МИНИ-МЕЛЬНИЦЫ	52
2.1. Обобщенная математическая модель жерновой мини-мельницы	52
2.2. Моделирование аспирационного процесса жерновой мельницы в программном комплексе SolidWorks Flow Simulation	56
Выводы по главе 2	63
ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ЖЕРНОВОЙ МИНИ-МЕЛЬНИЦЫ	64

3.1.	Выбор конструктивно-технологической схемы жерновой мини-мельницы	64
3.2	Выбор жерновых камней для мини-мельницы	68
3.3.	Обоснование выбора вентилятора (компрессора) для аспирации жерновов	78
3.4.	Обоснование параметров шнекового механизма жерновой мини-мельницы	88
	Выводы по главе 3	100
ГЛАВА 4.	ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ	101
	Определение экономической эффективности от внедрения жерновой мини мельницы в фермерского хозяйства	101
	ОБЩИЕ ВЫВОДЫ	108
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	110
	ПРИЛОЖЕНИЯ	124

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

В настоящей диссертации применены следующие термины с соответствующими определениями.

- SolidWorks* - (солидворкс, от англ. solid- твёрдое тело и англ. works- работать) - программный комплекс САПР для автоматизации работ промышленного предприятия на этапах конструкторской и технологической подготовки производства. Обеспечивает разработку изделий любой степени сложности и назначения.
- SolidWorks Flow Simulation* - это удобное решение для вычислительной гидродинамики (CFD), встроенное в SolidWorks 3D CAD и позволяющее моделировать потоки жидкости и газа для вычисления рабочих характеристик и возможностей изделия.
- Аппроксимация* - научный метод, состоящий в замене одних объектов другими, в каком-то смысле близкими к исходным, но более простыми.
- Аспирация* - создание притока дополнительного объема воздуха в рабочую зону измельчения зерна путем вентиляции.
- Жернова* - парный диск, в большинстве случаев каменный, один из основных элементов жерновых мельниц. Один из них вращается и называется бегуном, другой остается неподвижным.
- Жерновой постав* - машина для измельчения зерна в кормовые продукты для скота, а так же применяются на сельскохозяйственных мельницах малой производительности для размола зерна в муку или вымола отрубей.
- Клейстер* - образование в рабочем пространстве жерновов при усиленном выделении влаги, которые замазывает мелкую насечку и бороздки жерновов.

- Комбикорма* - это сложная однородная смесь различных кормовых компонентов, подобранных для эффективного использования животными питательных веществ по научно обоснованным рецептам и подвергнутых специальной обработке.
- Металлоемкость* - количество металла, расходуемое на изготовление определенной машины, механизма, строительной конструкции и т.п.
- Реология* - наука, устанавливающая общие законы развития во времени деформации и течения (остаточных необратимых деформаций) реальных тел под воздействием нагрузок. Реология - раздел механики, посвященный изучению процессов, связанных с остаточными деформациями твердых тел. Реология рассматривает главным образом процессы, связанные с необратимыми остаточными деформациями вещества, т.е. с пластичностью коллоидов, а также явления релаксации напряжений, упругого последействия, ползучести и др.
- Талкан* - мука крупного помола из жареного ячменя или пшеницы.
- Энергоемкость* - величина потребления энергии и (или) топлива на основные и вспомогательные технологические процессы изготовления продукции, выполнение работ, оказание услуг на базе заданной технологической системы.
- ИА КР* - Инженерная академия Кыргызской Республики
- КНАУ* - Кыргызский национальный аграрный университет имени К.И. Скрябина.
- ММП - 50/150* - Универсальный станок мельница и маслопресс.
- РИНЦ* - Российский индекс научного цитирования.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Одним из главных задач повышения эффективности сельскохозяйственного производства является коренное изменение отношения к переработке продукции сельского хозяйства с приданием ей нового импульса.

Пищевая и перерабатывающая промышленность является приоритетной отраслью агропромышленного комплекса Кыргызской Республики. В объеме промышленного производства республики удельный вес пищевой и перерабатывающей отрасли по итогам 2019 года достиг 12%, 2020 года 11% [1].

Решающим условием ускорения темпов роста производства продукции животноводства, повышения ее качества и снижения себестоимости является кормовая база - обеспечение животных и птицы полноценными кормами, сбалансированным по питательности в соответствии с запланированной продуктивностью.

При кормлении животных важное значение имеет рациональное использование концентрированных кормов, поскольку зерно является одним из главных компонентов комбикорма и других видов кормосмесей. Зерновой корм, измельченный до определенной крупности в соответствии зоотехническими требованиями, повышает среднесуточный привес живой массы на 25-28% [2]. Поэтому измельчение зерновых кормов ведется с целью доведения исходного материала до требуемых размеров. При этом стремятся избежать образования переизмельченных частиц размером менее 0,2 мм затрудняющих проведение последующих операций (смешивание, гранулирование) и отрицательно влияющих на процесс пищеварения животных.

Молотковые дробилки, не удовлетворяют зоотехническим требованиям, которые обладают высокой металлоэнергоемкостью, малой производительностью, низкой надежностью в работе, а содержание пылевидной фракции в продукте, составляет 10-15% [3, 4, 5].

В барабанных измельчителях дробление происходит вследствие удара падающих шаров (стесненным ударом), которые поднимаются на некоторую высоту при вращении корпуса измельчителя, прижимаясь к его стенке центробежной силой. Эти измельчители широко применяются в строительстве для сверхтонкого измельчения цемента и других связующих материалов.

Роторные дробилки имеют массивные било, жестко закрепленные на внешней поверхности ротора, вращающегося вокруг горизонтальной оси. В зависимости от конструкции отражательных устройств процесс измельчения осуществляется либо только свободным ударом, либо еще с последующим перетиранием об отражательные рабочие органы. Поэтому первые измельчители относятся к инерционно-отражательной группе, вторые - к инерционно - истирающей.

Вальцевые машины кратковременно воздействуют на исходный продукт, который до разрушения подвергается деформациям сжатия и сдвига при сравнительно небольших окружных скоростях (0,5 - 14 м/сек) цилиндрических валков (диаметром 200 -500 мм), вращающихся на встречу друг - другу [3, 4, 5].

Вальцовые мельницы весьма распространены и их машины достаточно производительны, однако в данное время цена на эти машины весьма высока. Поэтому не все хозяйства могут покупать и эксплуатировать их не говоря о фермерских и крестьянских хозяйствах.

В условиях фермерских хозяйств для индивидуальной трудовой деятельности механизированная мини-мельницы используются для размолва жаренных зерновых на «талкан», дробления корма для животных, но при правильной регулировке аппаратов можно получить муку. Рабочие органы составляют два дисковых камня, они и измельчают продукт путем сжатия и сдвига. Жерновые камни изготавливаются из естественных камней. Для эффективного измельчения продукта, они должны обладать свойствами: твердости – для повышения износоустойчивости; вязкости – для избежания выкрошивания частиц и попадания их в продукт размолва; шероховатой поверхностью – для повышения фрикционного воздействия на продукт по всей

рабочей поверхности; прочностью – для обеспечения надежности при больших скоростях вращения диска имеющегося искусственные камни, изготовленные из состава, соответствующего указанным требованиям, например из кремневого или кварцевого камня.

Проведенные нами исследования по вопросу измельчения зерна показали, что наиболее производительным и экономичным является процесс измельчения в дисковых измельчителях ударно-отражательного типа. Однако увеличение производительности в этих конструкциях сопряжено со снижением качества измельчения. Возможность в усовершенствовании таких измельчителей сдерживается отсутствием подобных конструкций и расчета их основных параметров. В связи с этим перед нами возникла необходимость в разработке и создании дешевых, в то же время усовершенствования простых с созданием рациональных конструкций рабочего органа дробилки отвечающей технологическим требованиям современного сельскохозяйственного производства.

Работа выполнена в соответствии с координационными научно-техническими программами по теме: «Разработка и создание универсального измельчителя продуктов зерновых культур для фермерских хозяйств» финансируемый по линии Министерства образования и науки Кыргызской Республики. Договора № ПМБИ-029/010, № ПМБИ-017/011.

Цель и задачи исследования: Целью работы является разработка новой конструкции многофункциональной, экономичной и малогабаритной машины для измельчения и помола продуктов зерновых культур, обоснование ее основных параметров.

Практическая реализация указанной цели осуществляется путем решения следующих задач:

- анализ и оценка существующих конструкций машин для измельчения сыпучих пищевых продуктов;

-изучение передового опыта при конструировании машин данного типа и обоснование выбора многофункциональной, малогабаритной конструкции машины;

- теоретические предпосылки и аналитические исследования к расчету основных параметров разрабатываемой машины;

- экспериментальные исследования и обоснование основных параметров машины с учетом основного критерия - улучшение качества готового продукта;

- расчет технико-экономических показателей работы.

Отличительные особенности машины: простота конструкции, уменьшены массогабаритные показатели. В конструкции использованы известные, апробированные в практике, а также новые технические решения, позволяющие улучшить эксплуатационную надежность машины.

Объект исследования. Объектом исследований является многофункциональная малогабаритная машина для измельчения продуктов зерновых культур (Патенты Кыргызской Республики на изобретения №1830, 1860).

Предмет исследований. Закономерности влияния параметров рабочих поверхностей жерновов и упруго-вязких свойств обрабатываемых материалов на качества помола, технологические и энергетические показатели процесса измельчения.

Научная новизна работы:

- предложена новая конструкция рабочего органа жерновой мельницы в виде пяти сквозных отверстий на неподвижной жернове и в отверстиях кроме центральных на которых установлены четыре напоростойчивые трубки со специальными косыми наконечниками;

- разработана методика расчета охлаждающих каналов жерновой мельницы с вертикальным рабочим органом;

- разработаны компьютерные моделирование рабочего органа жерновой мельницы и процесса его охлаждения воздушным потоком;

- обоснованы параметры аспирационных отверстий для увеличения производительности и улучшения качества продукции.

Практическая значимость исследований: По результатам исследований разработан опытно-производственный образец жерновой мельницы, малогабаритной с улучшенными конструктивными и эксплуатационными параметрами, соответствующей требованиям фермерских хозяйств. Жерновая мельница прошла производственные испытания на базе Учреждения «Научно-исследовательский центр проблем машиностроения им. С. Абдраимова» в соответствии с соглашением о научно-практическом сотрудничестве и внедрена в крестьянское хозяйство «Кайрат» Сокулукского района, Чуйской области. Материалы диссертации использованы в учебном процессе инженерно-технического факультета КНАУ им. К. И. Скрябина при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Агроинженерия».

Экономическая значимость полученных результатов. Предлагаемая жерновая мини-мельница для фермерских хозяйств показывает, что за счет снижения эксплуатационных затрат, расход энергии и годовая экономия от применения измельчителя новой конструкции по сравнению с прототипом - 21 тыс. сомов в год., срок окупаемости 4,8 лет.

Методическую основу исследований составляют математические методы моделирования, методы экспериментальных исследований, статистические методы и инженерные расчеты, компьютерные моделирования.

Для проведения экспериментальных исследований создана экспериментальная установка, разработаны частные методики, а также были использованы общепринятые методы и способы. Экспериментальные данные обрабатывались методами математической статистики, теории вероятности и графоаналитическими методами.

Основные положения, выносимые на защиту:

- новая конструкция рабочего органа жерновой мини-мельницы в виде пяти сквозных отверстий на неподвижной жернове и на отверстиях, кроме центральных, где установлены напороустойчивые трубки со специальными косыми наконечниками;

- методика расчета охлаждающих каналов жерновой мини-мельницы;

- обоснованные параметры малогабаритной жерновой мини-мельницы.

Личный вклад соискателя: Сформулирована цель и решены задачи исследования, выполнены теоретические и экспериментальные исследования, разработана новая конструкция рабочего органа мини-мельницы с улучшенной аспирации.

Апробация результатов исследований: Основные содержания отдельных вопросов диссертационной работы докладывались: на Международной научно-практической конференции «Развитие научно-технического потенциала мелиорации и водного хозяйства на современном этапе в Кыргызской Республике» (г. Бишкек, КНАУ 2009 г.); на Международной научно-практической конференции посвященной 70-летию юбилею академика ИА КР, д.с.-х.н., профессора Орозалиева Т. О. «Проблемы и пути повышения эксплуатационной эффективности аграрных машин» (г. Бишкек, КНАУ 12 октября 2016 г.); на Международной научно-практической конференции посвященной 85-летию КНАУ им. К.И. Скрябина (г. Бишкек, КНАУ 2018 г.); на Международной научно-практической конференции «Развитие кооперации - основа устойчивого развития экономики» (г. Бишкек, КНАУ 26-27 мая 2021 г.); на Международной научно-практической конференции «Аграрная наука сельскому хозяйству» (Алтайский государственный аграрный университет (г. Барнаул, 2018г.)

Публикации: по теме диссертации опубликованы 8 научных трудов, из них 2 в зарубежных изданиях индексируемые РИНЦ, 4 в изданиях Кыргызской Республики индексируемые РИНЦ, 2 патента на изобретения Кыргызской Республики.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов, списка использованных источников и приложений. Работа изложена на 123 страницах компьютерного текста, содержит 37 рисунков, 21 таблиц, 122 источников литературы и 5 приложений.

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1. Физико-механические и технологические свойства зерна и влияние их на параметры машин как обрабатываемой материал

Параметры машин для измельчения сыпучих пищевых продуктов во многом зависят от физико-механических свойств зерна как обрабатываемой материал. Зерно сельскохозяйственных культур отличаются большим многообразием физико-механических свойств. К ним относятся форма, геометрические размеры, характер поверхности (фрикционные свойства), парусность, сыпучесть, упругость, твердость, гигроскопичность, коэффициент трения и т.д. Эти свойства существенно отличаются по абсолютной массе (масса 1000 семян) и насыпной массе, что предъявляет повышенные требования к рабочим органам машин для их измельчения. Кроме того, физико-механические свойства и размерно-весовые технологические характеристики зерна колеблются в очень больших пределах.

Так, размеры зерен могут изменяться от 0,4 до 12,5 мм, скорость витания от 1 до 8 м/с, удельный вес близок к единице, абсолютная масса находится в пределах 1,0...8,0 г., объемная масса в пределах 250...664 кг/м³, коэффициент трения покоя от 0,24 до 0,60, угол трения движения от 12° до 40° [6, 7, 8].

Изучение физико-механических свойств зерна позволяет не только распознать сорта, но и использовать эти свойства при обосновании параметров машин для их измельчения. В связи с этим, необходимо физико-механические свойства свести к определенным общим типам, которые позволят конструировать рабочие органы машин. Например, по форме зерна выделяют пять основных типов: зерна, которые имеют все три размера (I тип); чечевицеобразные семена, характеризующая шириной равной длине при значительно меньшей толщине (II тип); эластическая форма, где толщина равна ширине при значительно большей длине (III тип); все три размера зерна отличны друг от друга (IV тип); треугольная форма, где все три размера равны

или отличны друг от друга, но расположение их плоскостей составляет треугольник (V тип) [6, 7, 8].

Перечисленные типы зерен по форме являются основными и они охватывают все виды зерен по предельным габаритным размерам.

Наиболее устойчивым свойством зерен является их длина, а ширина и толщина больше подвержены изменчивости под воздействием условий внешней среды.

В различные периоды отдельными исследователями выполнены классификация зерен по геометрической форме [9, 10, 11] и группировка их по форме (таблица 1.1; 1.2)

Таблица 1.1. - Геометрические формы зерен сельскохозяйственных культур

Формы зерна	Объем	Боковая поверхность
Эллипсоидная	$0,523 \cdot a \cdot b \cdot l$	$1,57 \cdot l^2 + k \cdot b \cdot a$ для пшеницы $k=4,5$ для ржи и ячменя $k=4,8$ для овса $k=5,4$
Шаровидная	$0,52 \cdot a^3$	$3,12 \cdot a^3$
Пирамидальная: четырехгранная трехгранная	$0,2 \cdot a \cdot b \cdot l$ $0,118 \cdot l^2$	$0,78 \cdot l^2 + 3,18 \cdot b \cdot a$ $1,73 \cdot l^2$
Усеченно-пирамидальная	$l \cdot v' \cdot a'$	$2[l(a'+v')+v'a']$
Удвоенно-сегментная	$0,78l^2+0,26a^2$	$1,57(l^2+a^2)$
Бобовидная	$0,065(b+a)^3+0,786a \cdot b \cdot l$	$\frac{la^2}{2b} + 0,78(b+a)^2$

Примечание: l - длина, b - ширина, a - толщина зерна; b' , a' - ширина и толщина по середине длины зерна соответственно [11].

По линейным размерам зерен, если даже они имеют сходные величины, в литературе не имеются преимущественные четкие цифры ограничения между группами делящихся их мелкие, средние и крупные.

Таблица 1.2. - Линейные размеры зерен сельскохозяйственных культур

Культуры	Линейные размеры		
	длина l , мм	ширина $в$, мм	толщина $а$, мм
Зерновые и зернобобовые	4,8...8,0	1,4...3,6	1,0...3,5
Масленичные и технические	3,5...4,2	4,8...6,0	1,7...2,8
Травы бобовые мотыльковые	1,6...2,3	1,2...2,0	0,7...1,3
Травы злаковые	1,0...2,4	0,6...1,2	0,4...1,1
Овощные и бахчевые	2,0...3,7	1,4...3,2	1,0...2,5

По овощным культурам по крупности их размеров имеются следующие группировки (таблица 1.3.).

Таблица 1.3. - Группировка овощных культур по крупности семян (по Эдельштейну В.И.)

Группы семян	Количество семян в 1г.	Культуры
Очень крупные	1... 10	фасоль, горох, тыква, кукуруза, арбуз
Крупные	10...60	дыня, огурцы, свекла ревеня, шпинат, редис
	60...100	
Средние	150...350	перец, редька, репа, томаты, баклажаны, пастернак, брюква
Мелкие	600...9000	щавель, сельдерей, картофель
Очень мелкие	5000...6000	салат эстрагом

К этим группам по размерно-весовым технологическим характеристикам можно отнести некоторые мелкосеменные полевые культуры, например, к средней группе - рапса и сафлора, к мелкой - эспарцета и райграса, а очень мелкой - люцерну, клевер и всех семян злаковых трав. Таким образом можно произвести объединение средних, мелких и очень мелких групп семян по

идентичности свойств и содержащих в 1г. более 150 штук семян, в класс крупности мелкосеменных полевых культур. И в соответствии с таким объединением групп семян ставить и решать вопросы по разработке машин с универсальными показателями.

Недостаточные данные по показателям угла трения движения семян мелкосеменных культур о различные материалы требуют проведения дополнительных исследований по ней.

В целом физико-механические свойства семян зерна существенно влияют на процессы их высыпания из отверстия бункера, от них зависит выбор типа машин для их измельчения.

Методика определения линейных размеров зерна предусматривает следующие операции: из навески 100 г. отбирают подряд 500 зерна, измеряют их длину, ширину и толщину, строят по каждому линейному размеру зерна вариационные ряды по отдельности и выводят средние статистические показатели в пределах доверительных интервалов.

Масса 1000 зерна имеет большое значение как известный показатель полноценности зерна. Семена тяжелые, как правило, в семенном отношении лучше, полноценнее, чем семена легковесные. Масса 1000 семян определяют непосредственно из образца, без учета его влажности.

Влажность зерна учитывается при определении её абсолютной массы как сухое безводное вещество:

$$A = \frac{a(100-c)}{100}, \quad (1.1)$$

где A - абсолютная масса зерна (масса 1000 зерен на абсолютно сухое вещество);

a - масса 1000 зерен при анализе;

c - влажность зерен, %.

Удельная масса зерен как важный показатель качества характеризует их химический состав, структуру органического вещества и ряда других особенностей, которые в конечном счете дают представление об урожайных

качествах. Известно, что зерно состоит из следующих основных групп органических веществ: жира, крахмала, клетчатки и белка. Удельная масса этих веществ довольно постоянна, хотя и зависит от химической структуры вещества. Удельная масса зависит от спелости зерен, чем они спелее, тем выше удельная масса. Одним из главных причин повышения удельной массы зерен по мере их созревания является изменения в химическом составе: образование крахмала и других веществ, а также уменьшение влажности.

Для определения удельной массы абсолютно сухих зерен предложена формула [9]:

$$U_c = \frac{\rho(100-c)}{100-c \cdot \rho}, \quad (1.2.)$$

где U_c - удельная масса (безводного) зерна;

ρ - плотность зерна, кг/м³.

В зависимости от формы, удельной массы и других признаков зерно ведет себя по разному в воздушном потоке, так как они обладают различными аэродинамическими свойствами. Из них наиболее интересным с технической точки зрения является критическая скорость, которая выражается скоростью воздушного потока, при которой зерно находится во взвешенном состоянии (скорость витания).

С технической точки зрения также определенный интерес представляют такие свойства зерна как теплоемкость и теплопроводность. Теплоемкость зерна это количество тепла, необходимая для нагревания единицы вещества на 1°C. Поскольку зерно состоит из воды и различных органических соединений, обладающих постоянной и только им присущей теплоемкостью, то и зерно разных культур обладают разной теплоемкостью. Под теплопроводностью понимают способность семян проводить тепло от более нагретых мест к менее нагретым. Теплопроводность характеризуется количеством тепла, переходимого в единицу времени через единицу их поверхности.

Семена зерна всех растений обладают гигроскопичностью, то есть способностью поглощать из окружающей среды пары воды и испарять её. Гигроскопическая способность обусловлена тем, что силы молекулярного притяжения у молекул, находящихся в поверхностном слое, уравновешены, и поэтому семена обладают известной свободной энергией на своей поверхности. Эти силы притягивают из окружающего пространства молекулы газа, которые сгущаются на поверхности зерен. Это явление называется абсорбцией.

Фрикционные свойства зерен характеризуются коэффициентом трения, возникшие в процессе механического воздействия, которая возникает при посеве, уборке, транспортировке, хранении и переработке зерен. Коэффициент трения изменяется по времени в зависимости от состояния трущихся поверхностей, давления, времени контакта, влажности и скорости относительного перемещения. Кроме того при относительном перемещении частиц семенного материала возникает трение между отдельными семенами. Сопротивление трению семян в слое принято оценивать углом естественного откоса, который зависит от влажности зерен. При повышении влажности угол естественного откоса увеличивается, причем в разной степени для зерен различных культур.

Упругие свойства зерен характеризуются коэффициентом восстановления при ударе. Удар в рабочих органах наблюдается при различных процессах: в зерновых сеялках - при движении семян по семяпроводам и падении на дно борозды, в пропашных сеялках - при работе отсекающих и выталкивающих, в процессе гнездообразования. В связи с этим изучение свойств семян при ударе имеет большое значение для расчета параметров рабочих органов машин.

Таким образом из анализа физико-механических и технологических свойств зерен следует, что они могут служить основой при обосновании параметров машин для измельчения, начиная от конструкции загрузочного бункера до жернова, включая все элементы технологической цепочки.

1.2. Анализ и оценка способов измельчения зерна и конструкций жерновых мельниц

В процессе измельчения материалов, под действием приложенных сил на них происходит накопление напряжения и когда напряжение повышает силы молекулярного сцепления, происходит разрушение материала [12].

Существуют разные концепции разрушения зерна: способом защемленного удара, то есть при воздействии на материал рабочим органом (лезвием), происходит надрез концентратора напряжений самой трудно измельчаемой части зерна [13]; способ разрушения ударом «влет» [14]; способ измельчения зерна стесненным ударом (материал разрушается между двумя рабочими органами) [15]; способ измельчения зерна истиранием, происходит за счет сил трения под определенным давлением на зерно рабочими органами [16]; способ раздавливания, происходит объемные разрушения материала за счет превышения внутренних напряжений над наружными [17].

Схематически данные способы показаны на рисунке 1.1.

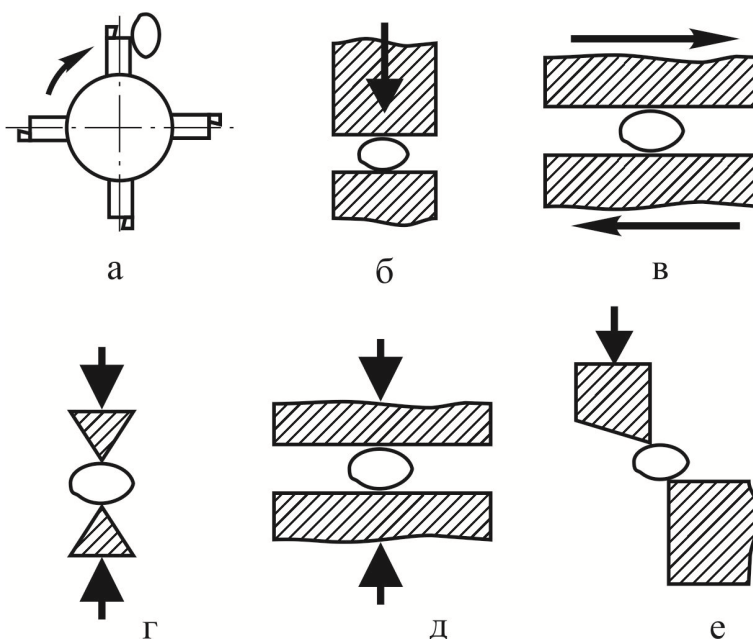


Рисунок 1.1 - Схемы способов измельчения

а - свободный удар, б - стесненный удар, в - истирание, г - скалывание, д - раздавливание, е – резание.

Выбор способа измельчения зерна зависит от его физико-механических свойств. Однако из-за строения зерна, где его каждая часть обладает своими физико-механическими свойствами процесс измельчения зерна является затруднительным. Поэтому применяемые машины для измельчения зерна должны сочетать несколько способов одновременно [18].

Жерновые мельницы как основной вид машин для измельчения зерна известны с древних времен, которые работают по способу сжатия и сдвига. Рабочими органами являются два плоских жернова, используются для обработки немасличных культур.

Вальцовые станки, которые состоят из системы валов, работают по способу скалывания и сдвига. Рабочие органы рифленые вальцы вращаются с различными или одинаковыми окружными скоростями, либо один из валов вращается, а другой неподвижен.

Плющильные станки предназначенные для приготовления кормов для животных. Имеют охлаждаемые вальцы, для создания оптимальных условий плющения.

Также для приготовления кормов широко используются без решетные дробилки, где измельчение различных видов фуражного зерна происходит при влажности до 17% с помощью удара рабочим органом молоткового типа [19]. Основными недостатками таких дробилок являются: большая доля пылевидной фракции в помоле; энергоемкость процесса.

В процессе измельчения зерна основная задача получения качественного продукта помола, соответствующего зоотехническим требованиям. Однако процесс измельчения в молотковой дробилке происходит по влиянием множество факторов: окружная скорость молотков, физико-механические свойства зерна, расстояние между молотками и ситом, размер отверстий сит и т. д. [20, 21].

Влажность зерна значительно влияет на крупность продуктов измельчения. При влажности до 16% средний размер частиц увеличивается на 3-5% [22]. При влажности зерна более 16% происходит существенные

изменения в процессе измельчения, которая объясняется дифференцированным действием влаги по состоянию части зерна [23].

По окружной скорости в различных источниках литературы приводятся различные данные. В некоторых источниках оптимальными считаются скорости в диапазоне 70-90 м/с, в других 80-100 м/с [24, 25, 26].

Зазор между молотками и ситом как основной фактор оказывающей влияние на фракционный состав продукта помола рекомендована в пределах 12-30 мм. В зарубежных конструкциях данный зазор составляет 6-30 мм [27, 28, 29].

Критерием оптимизации измельчения принят коэффициент зоотехнической оптимизации:

$$Q = \frac{Q_{\text{опт}}}{Q_{\text{общ}}} \quad (1.3)$$

где $Q_{\text{опт}}$ - количество продукта, оптимально усваиваемого животным, от общей его массы, т;

$Q_{\text{общ}}$ - общая масса измельчаемого продукта, т.

Применение жерновых мельниц для измельчения зерновых и бобовых культур имеют глубокие корни благодаря качеству помола.

Жерновые мельницы обладают преимуществами перед современными машинами. В жерновых мельницах зерно подвергается многократному воздействию рабочих поверхностей (жерновов) и продвижению по спиралевидному пространству (бороздкам), благодаря чему все важнейшие составляющие зерна сохраняются. Минеральные вещества сохраняются в муке, помолотой из цельных зерен. В муке обойной и второго сорта содержатся витамины В1, В2, РР и Е, в муке высшего и первого сортов их почти нет. Недостаток в организме, к примеру, витамина Е вызывает серьезные нарушения обмена веществ и бесплодие. В муке находятся также различные ферменты, которые оказывают большое влияние на приготовление хлеба. Хлеб,

приготовленный по старым рецептам из свежесмолотого зерна, является источником необходимых человеку веществ, таких как калий, кальций, магний, цинк, натрий, медь, фосфор, железо, а также он содержит пищевую клетчатку (волокна). Клетчатка выводит излишки ферментов желудочного сока, уменьшает риск заболевания атеросклерозом, нормализует перистальтику кишечника и уровень сахара в крови, понижает давление и улучшает пищеварение [30].

Есть и много других преимуществ перемалывания зерна жерновым методом:

- сырье для муки (зерно) всегда дешевле, чем готовая мука;
- цельное зерно хранится в разы дольше, чем мука;
- домашняя жерновая мука свежее, здоровее и питательнее, поскольку содержит все части зерна - зародыши, отруби и эндосперм;
- свежеприготовленная мука имеет более сладкий и “живой” аромат, с которым не может сравниться магазинная мука;
- домашний помол дает полный контроль над тем, из чего состоит ваша мука, без каких-либо нежелательных добавок;
- подобно выращиванию собственных овощей, приготовление собственной жерновой муки - интересный и приятный опыт [31].

1.2.1. Машины для измельчения сыпучих пищевых продуктов

Время от времени наблюдаются спрос на жерновых мельницах, сегодняшний день компании из дальнего и ближнего зарубежья выпускаются жерновые мельницы от малых и больших количествах. Производства жерновых мельниц осуществляется предприятием в субъектах Российской Федерации, а также в немецкими фирмами «Hawos», «Schnitzer», «Komo», датской фирмой «ENGSKO» и австрийской фирмой «Sheldem» и т. д.

Разработаны различные машины для измельчения сыпучих пищевых продуктов, где в целом структура и функциональное назначение элементов в жерновых поставах одинаковы (рисунок 1.2).

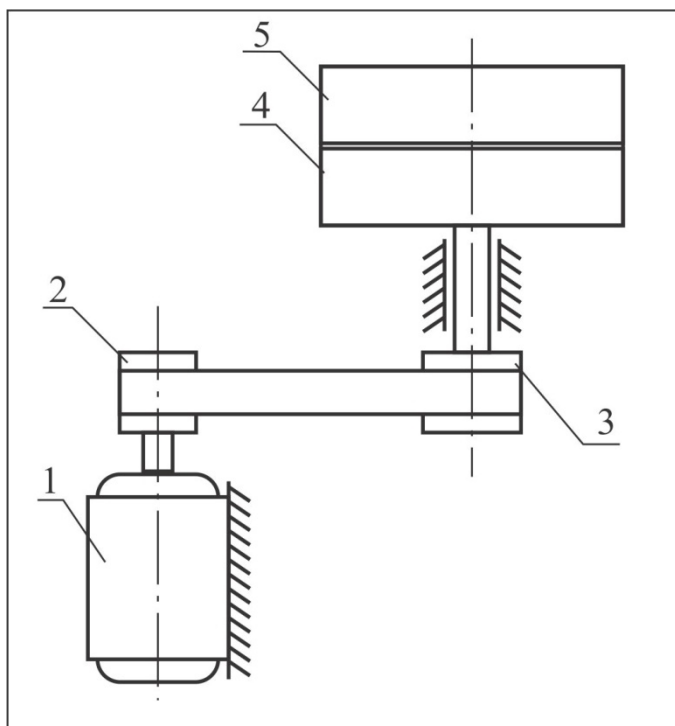


Рисунок 1.2 - Кинематическая схема жерновой мельницы

1 - электродвигатель, 2, 3 - шкивы, 4 - 5 жерновые камни.

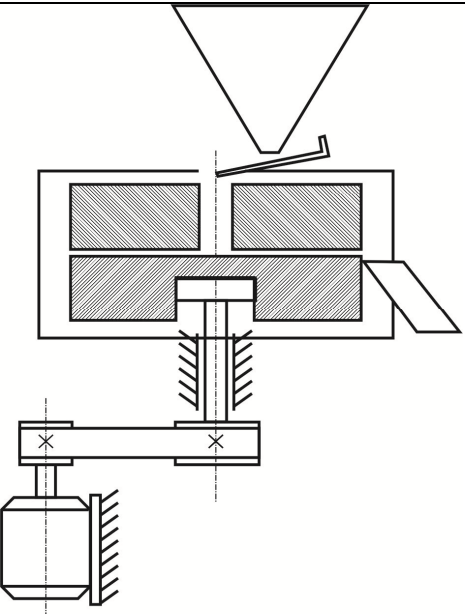
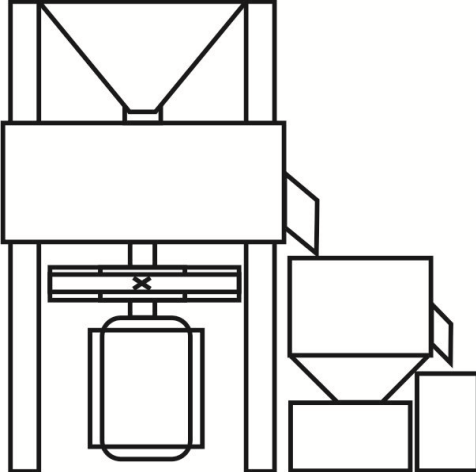
В общем случае машина состоит из питающих устройств, исполнительного механизма с рабочим органом, приводного механизма, а также устройства для управления и регулирования. Рабочие органы машины непосредственно воздействует на обрабатываемый продукт. Рабочим органом служат две камни, расположенные на одной оси. Перерабатываемый продукт измельчается или дробится между двумя камнями.

В сельскохозяйственном мукомолье в основном применяют мельничные жерновые постава двух типов: с горизонтально расположенными камнями и вертикальной осью вращения и с вертикально расположенными камнями и горизонтальной осью вращения [3, 4, 32]. В практике встречаются жерновые мельницы с разными конструкциями (таблица 1.4.):

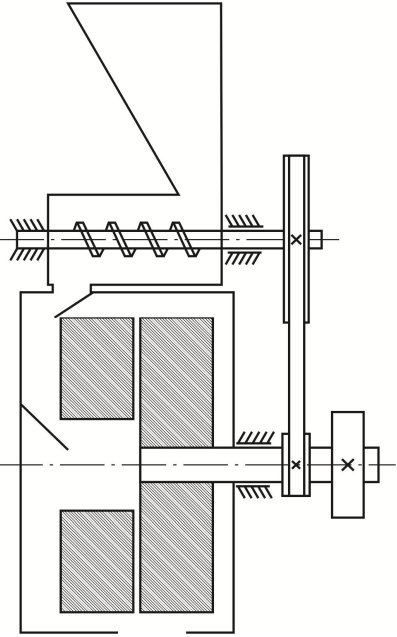
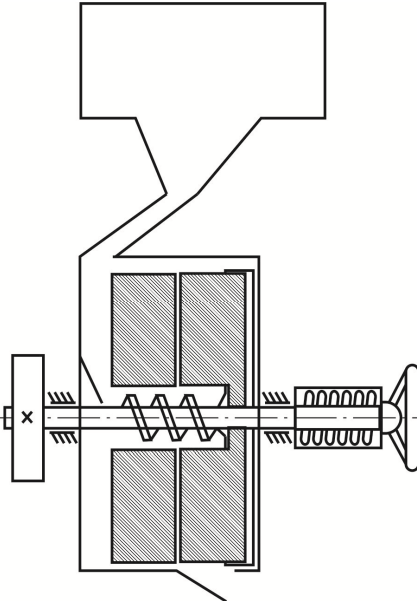
Таблица 1.4. - Схемы машин для измельчения сыпучих пищевых продуктов

Типы машин	Принцип действия (особенности)	Технические данные (схемы)
1	2	3
<p>1.</p> <p>Жерновая постав с вертикальной осью вращения [33]</p>	<p>За счет центробежной силы зерно, поступающее через горловину верхнего жернова, разбрасывается по плоской рабочей поверхности, размалывается в виде муки ссыпается через отверстие в обечайке в мешок. Поток зерно регулируется наклоном потряски с помощью троса и специального механизма.</p> <p><i>Недостатки:</i> не имеет охлаждающего устройства рабочих поверхностей и перерабатываемого продукта; не имеет механизма для регулировки щели между двумя камнями.</p>	
<p>2.</p> <p>Мельничный постав с нижним бегуном типа ГК-760 [34]</p>	<p>Зерно поступая из бункера через горловину верхнего жернова на нижний жернов-бегун, разбрасывается при помощи центробежной силы по рабочей поверхности жерновов и растирается в муку.</p> <p><i>Недостатки:</i> сложность конструкции; неустойчивое положение камней при вращении.</p>	

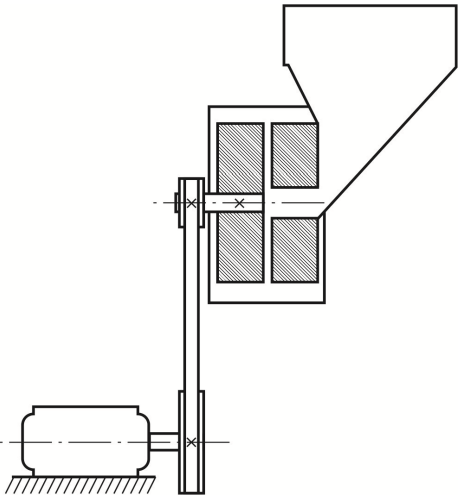
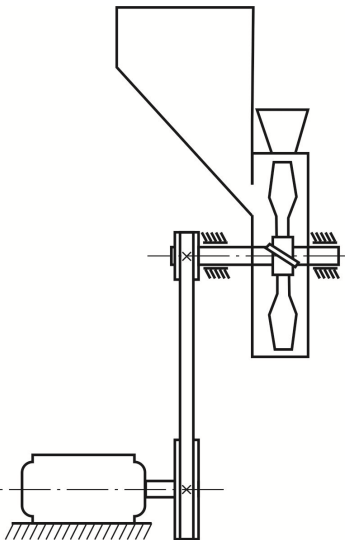
Продолжение таблицы 1.4.

1	2	3
<p>3. Горизонтальная жерновая мельница [34]</p>	<p>Принцип работы: зерно из бункера с помощью питающего механизма через отверстие в верхнем камне попадает в щель между жерновами. Обеспечивает особо тонкий оптимальной помол с диапазоном производительности 10-250 кг/час. Предназначена для промышленного измельчения.</p>	
<p>4. Электромельница жерновая с барабанным ситом [34]</p>	<p>Имеет аналогичный принцип работы с горизонтальной жерновой мельницей. Верхний камень приподнимается с помощью рычажного механизма вручную. Разделение измельченного зерна на муку и отруби происходит путем выдувание в поток барабанного сита. <i>Недостатки:</i> не предусмотрено охлаждение рабочих поверхностей жернова и перерабатываемого продукта, в результате снижается качество муки.</p>	

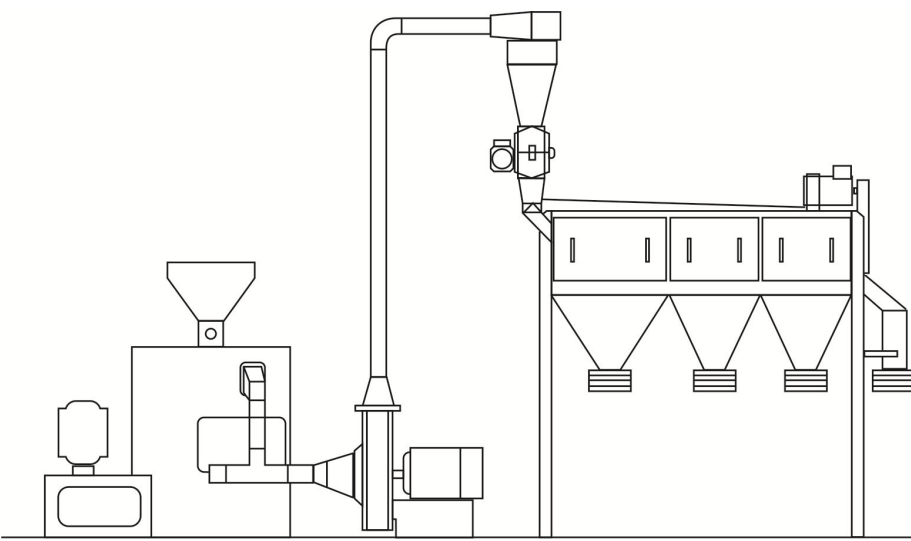
Продолжение таблицы 1.4.

1	2	3
<p>5. Жерновой постав с вертикальным рабочим органом [35]</p>	<p>Технологический процесс: Зерно, после предварительной очистки с помощью решета от крупных примесей поступает через разрыхлительной валик на шнек, который подводит продукт на червячной конец главного горизонтального вала на жернове, где происходит измельчение. Регулировка массы зерна поступающего на размол осуществляется с помощью заслонки на питательном механизме. Имеет аналогичные недостатки как в предыдущем варианте [20], кроме того не предусмотрена регулировка щели между камнями.</p>	
<p>6. Мельничный постав типа ММЖ-0,5 [33]</p>	<p>В рабочую зону жерновов зерно подается с помощью шнека, который укреплен на приводном валу вместе с подвижным жерновом. Загрузочный бункер расположен над машиной, имеет заслонку для регулировку подачу зерна на жернова. Имеет конструктивные недостатки связанные с низкой надежностью при эксплуатации.</p>	

Продолжение таблицы 1.4.

1	2	3
<p>7. Мельница электрическая HawosPegasus [36]</p>	<p>Жернова сделана специального сплава керамики и корунда диаметром 125 мм, точность помола можно регулировать с помощью рычага. Производительность 21- 45 кг/час, зависит от установки тонкости помола. HawosPegasus выпускается в двух вариантах: - с двигателем 230 (220) вольт и 750 ватт - с двигателем 400 (380) вольт и 750 ватт.</p>	
<p>8. Мини-мельница типа МиМ[37]</p>	<p>Мини-мельница использует ударный принцип действия. Зерно когда попадает в полость ротора через загрузочный бункер, захватывается вращающимися молотками, измельчается между молотками и гребенкой и ссыпается через калибровочную сетку в матерчатый мешок. Подача сырья регулируется заслонкой, агрегатное состояние помола регулируется калибровочной сеткой. Имеет режимы тонкого и грубого помола. Производительность небольшая (до 150 кг/час) рекомендуется для фермерских хозяйств.</p>	

Продолжение таблицы 1.4.

1	2	3
<p>9. Мукомольная установка горизонтальная жерновая мельница EngskoA/S [38]</p>	<p>Установка для производства муки, цельнозерновой и рисовой муки включает следующие виды технологического оборудования: зерноочистительного, размольного, просеивающего и пневмотранспортного, которые связаны между собой в соответствии с технологических процессом изготовления муки и крупы. Производительность 400 кг/час грубый помол, 250 кг/час мелкий помол. <i>Недостатки:</i> громоздкие массогабаритные показатели, энергоемкость (24 кВт)</p>	

1.3. Анализ работ по исследованию технологических процессов измельчения зерна

Теория вязкости пищевых сред не достаточно изучена по сравнению с теорией вязкости газов [39, 40].

Сила вязкого трения зерна определяется в зависимости от радиуса жерновов. Когда скорость движения потока зерна в рабочей зоне мельницы быстро меняется, можно использовать способ моделирования течения вязкой несжимаемой жидкости, где имеет место переход от слоя к слою [39, 41]:

$$F_{в.тр} = \beta \cdot x, \quad (1.4)$$

где $F_{в.тр}$ - сила вязкого трения зерна, Н;

β - коэффициент вязкого трения зерна, Н·с/м;

Коэффициент вязкого трения зерна определяются по известной зависимости [40, 42]:

$$\beta = \frac{h_0 \cdot \rho + 4G \cdot f_{в} \cdot g_3 \cdot R_{ж}}{4 \cdot \dot{\gamma}} \quad (1.5)$$

где h_0 - предельное значение высоты вертикально стоящего столба сыпучего материала, м;

ρ - плотность зерна, кг/м³;

G - напряжение сжатия, кг/м²;

$f_{в}$ - коэффициент внутреннего трения зерна;

$\dot{\gamma}$ - скорость сдвига, с⁻¹;

g_3 - ускорение свободного падения зерна, м/с²;

$R_{ж}$ - радиус жерновов, м.

Кроме вязкого трения, в машинах для измельчения зерна с жерновыми существенную роль играет сухое внешнее трение [43, 44].

Сила сухого трения в рабочем пространстве жерновых мельниц определяются по выражению:

$$F_{c.тр} = f_c \cdot N, \quad (1.6)$$

где f_c - коэффициент трения зерна и камня;

N - сила нормального давления, Н.

В зависимости от применяемого камня и зерна коэффициент трения $f_c = 0,67 \dots 0,75$ [45].

Зависимость (1.6) показывает, что сила сухого трения $F_{c.тр}$ зависит от коэффициента трения зерна и камня (f_c), взаимодействующей с поверхностями жерновов масс подвижного жернова и зерна в рабочем пространстве.

Основным технологическим параметром жерновой мельницы является ее производительность, которая определяется по формуле [46]:

$$Q = 60k_1^2 k_2 \psi \rho D_d^2 \delta_{ж} n_{ж}, \quad (1.7)$$

где k_1 - коэффициент производительности;

k_2 - коэффициент частоты вращения;

ψ - коэффициент заполнения рабочей зоны;

D_d - наружный диаметр жернова, м;

$\delta_{ж}$ - зазор между жерновами, м;

$n_{ж}$ - частота вращения подвижного жернова, об/мин.

Формула (1.7) показывает, что на увеличение производительности жерновой мельницы в основном влияет частота вращения подвижного жернова $n_{ж}$ и зазор между жерновами $\delta_{ж}$. Однако с увеличением данных параметров увеличивается количество крупных частиц в муке. Рациональное значение зазора $\delta_{ж} = 0,001 \dots 0,0012$ м [47].

Зерно сельскохозяйственных культур обладают специфическими особенностями: имеет оболочку и эндоспермы, при определенной влажности имеет упругость, затем эта упругость исчезает, одинаковые зерна по размеру и форме, но различные по прочности и т.п. [48, 49]. Эти особенности зерен порождают различные их физико-механические свойства, которых необходимо учитывать при дальнейшей переработке.

С.В. Мельников, рассматривая зерно как жесткопластическое тело, предложил определить динамический предел прочности его по следующей формуле [50].

$$G_{\text{вд}} = \frac{\rho \cdot V_3^2}{\ln\left(\frac{a_1}{x}\right)}, \quad (1.8)$$

где ρ - плотность зерна, кг/м³

V_3 - скорость зерна при ударе, м/с;

a_1, x - линейные размеры целого зерна (до удара) и оставшейся части (после удара), соответственно.

Для определения скорости зерна V_3 предложены несколько зависимостей [51, 52].

$$V = C_0 \cdot l_s + C_1 \cdot e', \quad (1.9)$$

где C_0, C_1 - скорость распространения волн упругих и пластических деформаций, соответственно;

l_s - деформация при достижении динамического предела;

e' - пластическая деформация.

Академик В. П. Горячкин рекомендовал предельную скорость разрушения с учетом физико-механических свойств материала [52]:

$$V_{\text{пр}} = \frac{G_p \cdot C}{E_p}, \quad (1.10)$$

где G_p - разрушающее статическое напряжение;

E_p - модуль упругости.

При измельчении зерна образуется огромное количество мелких частиц, что связано со значительной работой преодоления молекулярных сил при разрушении зерна. Поэтому работа A измельчения, отнесенная к единице вновь образованной поверхности тела ΔS , может служить мерой действующих в данном теле молекулярных сил сцепления.

Удельная работа H_s измельчения зерна практически постоянная величина [53]:

$$H_s = \frac{A}{\Delta S} - \text{const}, \quad (1.11)$$

где A - затраченная работа измельчения зерна, Дж;

ΔS - образованная поверхность зерна после измельчения, м².

Полная работа A измельчения зерна пропорционально вновь образованной поверхности или обратно пропорционально диаметру a частиц измельчения [54]:

$$A = \frac{H_s \cdot F}{a}, \quad (1.12)$$

где F - вновь образованная поверхность после измельчение зерна (коэффициент формы);

a - диаметр частиц измельчения, м.

В данной зависимости (1.12), константа H_s пропорционально поверхностной энергии измельчаемого зерна, зависит от вида зерна и процесса измельчения.

Данные основополагающие положения (1.11) и (1.12) позволяют определить работу или величину расхода энергии на единицу вновь образованной поверхности при измельчении зерна [55]:

Время прохождения зерна в зоне измельчения можно определить из кинематической схемы измельчителя [56]:

$$\tau = \frac{L}{V_3}, \quad (1.13)$$

где

$$L = \frac{2R+a_K}{2} tg\alpha_0, \quad (1.14)$$

тогда

$$\tau = \frac{2R+a_K}{2V_3} tg\alpha_0, \quad (1.15)$$

где L - длина пути обработки измельчения зерна, м;

V_3 - скорость перемещения зерна, м/с;

α_0 - угол захвата зерна;

$R + a_K$ - радиус рабочего органа, м.

Применяя теорию плоскопараллельного движения твердого тела, можно определить (без учета скольжения) скорость перемещения зерна в зоне обработки:

$$V_3 = \frac{V_6+V_M}{2} = \frac{V_6+V_M}{2} \cos\alpha^2, \quad (1.16)$$

где V_6 , V_M - скорость быстровращающегося и медленновращающегося рабочих органов, соответственно, м/с.

Кроме этого существуют методы определения скорости движения зерна в зоне измельчения, также как метод скоростной киносъемки и графический метод.

Величина скорости зерна в зоне измельчения V_3 позволяет определить теоретическую производительность измельчителя. Например, для вальцовых измельчителей в зависимости от кинематических и геометрических параметров производительность Q_B равна:

$$Q_B = 3,6 \cdot \delta \cdot l_2 \cdot V_3 \cdot a_{cp} \cdot \psi, \quad (1.17)$$

где δ - объемная масса зерна до измельчения, кг/м³;

l_2 - длина рабочей части, м;

V_3 - средняя скорость движения зерна в зоне измельчения, м/с,

a_{cp} - средняя величина рабочего зазора между рабочими органами, м;

ψ - степень заполнения объема зоны измельчения.

Данные, как вновь образованная поверхность после измельчения (ΔS), работа необходимая для образования единицы поверхности (A) и количество продукта, поступающего для измельчения (Q) (производительность Q_B) позволяют определить величину потребной мощности для привода измельчающей машины:

$$N = \Delta S \cdot A \cdot Q_B + N_0, \quad (1.18)$$

где N_0 - мощность для привода машины на холостом ходу, кВт.

В Инженерной академии Кыргызской Республики разработана динамическая модель универсального станка ММП-50, с целью определения работу, затрачиваемую на размол зерна [56]. Данная модель позволяет оценить моменты сопротивления, возникшие на рабочем органе при различных режимах работы. Известно, что в зависимости от изменения нагрузки изменяется время переходного процесса в момент запуска машины и при ее выбеге.

Динамическая модель позволяет определить момент сопротивления действующий на жерновов M_C во время выбега машины в виде:

$$M_C = M_0 + B_1 \cdot \dot{\varphi}_2 + B_2 \cdot \varphi_2^2 + \dots, \quad (1.19)$$

Зависимость (1.19) показывает, что момент сопротивления может зависеть от угла поворота и от скорости жернова.

Величину момента сопротивления холостого хода M_0 можно найти из уравнения установившегося движения [57]:

$$M_0 = \frac{a(J_1 + J_2)}{B_g \cdot t_B + (J_1 + J_2)_B}, \quad (1.20)$$

Угловая скорость исполнительного органа машины равно:

$$\omega_0 = \frac{M_0 t_B}{J_1 - J_2}, \quad (1.21)$$

где J_1, J_2 - моменты инерции подвижного и неподвижного жернова соответственно, $\text{кг} \cdot \text{м}^3$.

1.3.1. Вопросы теории измельчения зерна

Основные положения теории измельчения зерна связаны с описанием функции энергоемкости процесса измельчения [58, 59, 60].

Установлено, что для разрушения зерна пшеницы потребуется напряжение 0,95 - 1,1 мПа. Удельная энергия измельчения зерна находится в пределах 1,9 - 4 кДж/кг. Основные затраты энергии измельчения зерна находятся в области пластических деформаций [61].

При незначительных деформациях и напряжениях деформирования большинства материалов может быть описано линейными уравнениями с учетом времени с помощью дифференциальных или интегральных функций [61].

Процесс разрушения зерна может быть выполнен в две стадии: упругая деформация когда усилие растет; пластическая деформация - без увеличения усилия. Графоаналитическим методом (рисунок 1.3) упругую деформацию можно выполнить в сечении $a_1 - d_1$, а пластическую в сечении $a - d_3$ (конец измельчения).

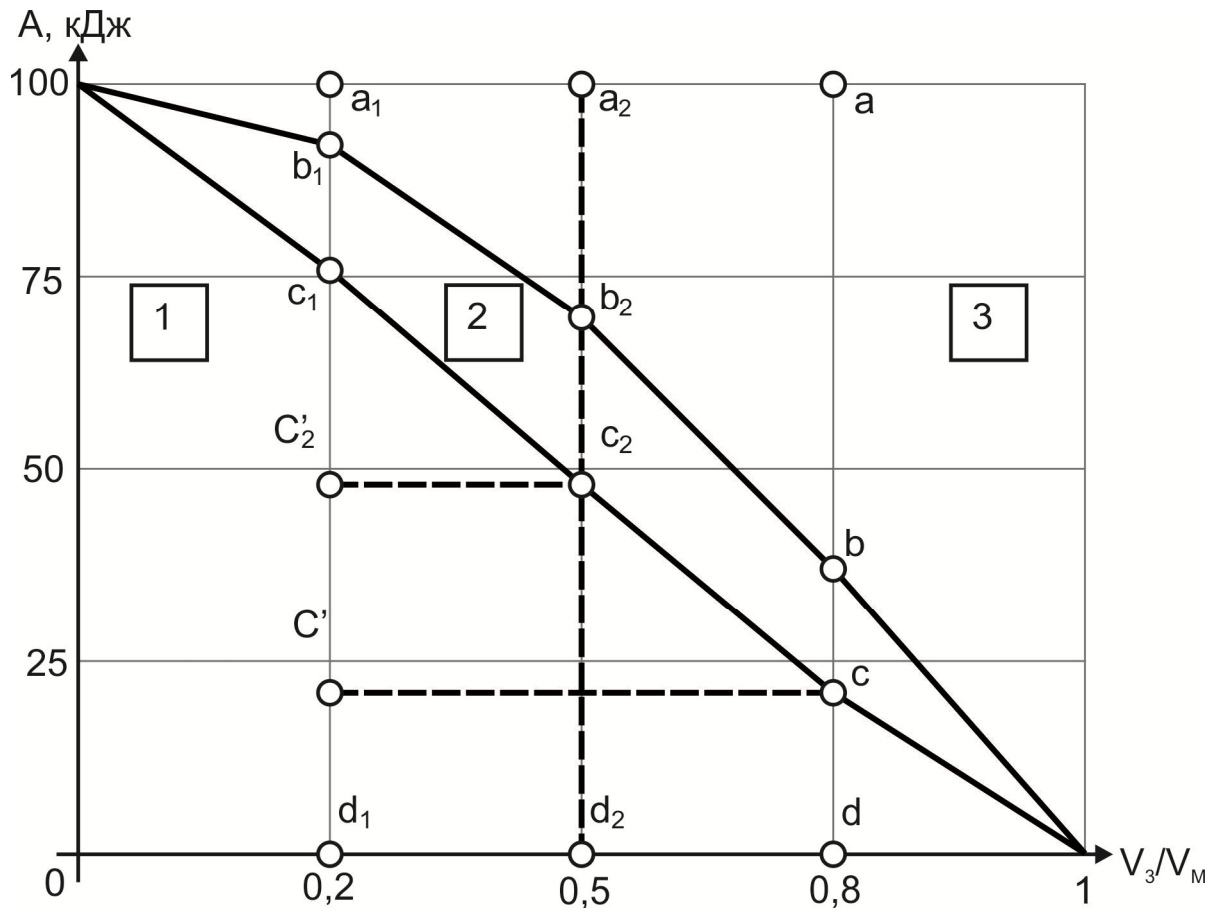


Рисунок 1.3 - К определению энергоемкости измельчения зерна

Коэффициент энергетической эффективности процесса, может быть, определена по соотношению.

$$\Psi = \frac{(cd+c_1d_1)}{2ad} \quad (1.22)$$

Экспериментальными исследованиями доказано, что при фазе пластического измельчения, по 28-30% уменьшается энергоемкость процесса [27, 62].

Предложенные аналитические зависимости в этом направлении позволяют определить величину напряжений при измельчении зерна и работу затрачиваемой на разрушение зерна, так например при ударе:

$$\sigma_n = \sigma_f + (\sigma_* - \sigma_f) \cdot e^{\left(\frac{n-1}{n_x-1}\right)} \quad (1.23)$$

где σ_f - предел выносливости (разрушение не происходит при ударе), МПа;

σ_* - динамический предел прочности (разрушение происходит за 1 удар), МПа;

n_x - число ударов, при котором напряжение снижается в e раз ($\sigma_* - \sigma_f$)

(1.23) позволяет определить работу затрачиваемой на разрушение зерна:

$$A = K_s \Delta S + \frac{\theta V}{2E} \cdot n \left[\sigma_f + (\sigma_* - \sigma_f) \cdot e^{\left(\frac{n-1}{n_x-1}\right)} \right]^2, \quad (1.24)$$

где V - объем зерновки, м³;

θ - коэффициент рассеивания энергии;

E - динамический модуль упругости зерна, МПа.

Величины $K_s \Delta S$ и $\frac{\theta V}{2E}$ независимы от числа ударов n [63, 64, 65].

Широко известная диаграмма сжатия зерен (рисунок 1.4) позволяет определить показатель пластичности по следующей зависимости [66]:

$$e = \ln \frac{1}{1-\varphi} \quad (1.25)$$

где φ - относительная деформация сжатия.

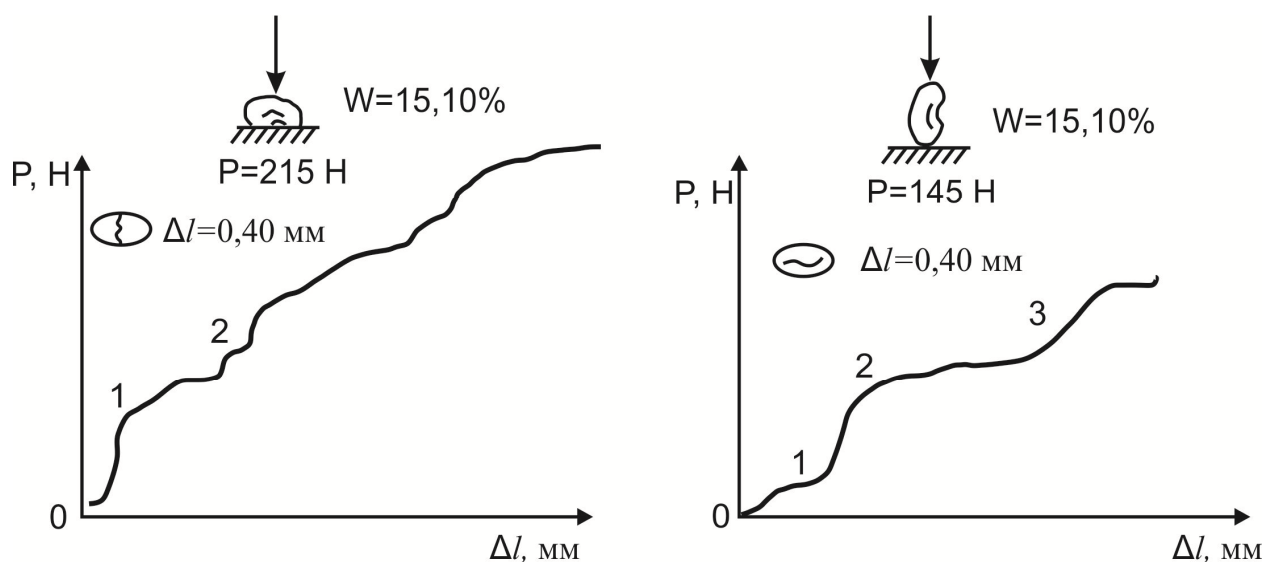


Рисунок 1.4 - Диаграммы сжатия зерна

1 - упругие деформации, 2 - пластические деформации, 3 - появление трещин.

Проведенные исследования по измельчению зерна показывают упруго-вязкую природу поведения зерновок и после разгрузки [67].

При определении работы измельчения существуют две теории: поверхностная и объемная. Согласно первой теории работа A_R необходимая для измельчения тела, прямо пропорциональна площади [68].

$$A_R = f(\Delta S) \quad (1.26)$$

Согласно объемной теории измельчения, затраты энергии A_K на измельчения тела прямо пропорциональны объему ΔV :

$$A_K = f(\Delta V) \quad (1.27)$$

Однако эти теории выражают лишь частные случаи процесса измельчения и не учитывают дисперсность зерна.

Существует также теория, согласно которой работа затрачиваемая на измельчение материалов пропорциональна среднему геометрическому из V и S то есть [58, 69].

$$A = f(\Delta V) + f_1(\Delta S), \quad (1.28)$$

где ΔV - объем деформированной части тела;

ΔS - приращение удельной площади поверхности измельченного материала.

Согласно (1.28) измельчение тела можно охарактеризовать как процесс приращения новых поверхностей, количественной мерой которой служит для удельная площадь поверхности [26, 70].

Объемную удельную площадь поверхности $S_{y.o}$ и массовую удельную площадь $S_{y.m}$ определяют по зависимостям соответственно:

$$S_{y.o} = \frac{6}{d} \text{ и } S_{y.m} = \frac{6}{\rho d}, \quad (1.29)$$

где d - средний размер частиц, м;

ρ - плотность материал, кг/м³.

Средним диаметром частиц принято считать средневзвешенный размер независимо от их формы.

Степень измельчения частиц равна отношению:

$$\lambda_S = \frac{S_{y.k}}{S}, \quad (1.30)$$

где $S_{y.k}$ - удельная площадь поверхности конечного продукта, м²;

S - удельная площадь поверхности исходного материала, м²;

С учетом разнообразия форм зерен сельскохозяйственных культур принято эквивалентный диаметр, который определяется по следующей зависимости [71]:

$$D_\lambda = \sqrt[3]{\frac{6V_3}{\pi}} = 1.24 \sqrt[3]{V_3}, \quad (1.31)$$

где V_3 - объем зерна, м³.

Коэффициент полезного действия процесса измельчения условно оценивается следующим образом.

$$\eta_{\text{изм}} = \frac{A_s}{(A_y + A_s)}, \quad (1.32)$$

где A_s - полезная работа затрачиваемая на образование новых поверхностей, кДж;
 A_y - работа упругих деформаций, кДж;

Из уравнения (1.32) следует, что для повышения КПД $\eta_{\text{изм}}$ необходимую работу упругих деформаций A_y свести к минимуму, а работу образования новых поверхностей A_s увеличить.

Основная задача процесса измельчения зерна - получение частиц с заданными параметрами при неизменных затратах энергии и своевременное выведения продукта помола из зоны измельчения [24, 72]:

1.4. Патентный поиск

Известна ударно-центробежная мельница (А.с. №355979, В02С13/02, 23.12.1972 г.), где в процессе измельчения зерновых продуктов, одновременно обеспечивают продувку рабочих органов и камеру измельчения создают благоприятные условия работы, тем не менее, ее принцип действия применим только для таковой конструкции мельницы, а для жерновой мельницы такая конструкция не приемлема из-за громоздкости и сложности в эксплуатации и большое количество металлических много сопловых планшайб [73].

Патент на полезную модель «Мельница», Республика Беларусь ВУ 3524U, В02С7/00, 30.04.2007 г. содержащая установленные в корпусе неподвижный жернов и подвижный жернов в виде фрезы, имеющий зубья на боковой поверхности. Жерновы содержат емкости заполняемые твердой или жидкой охлаждающей средой (двуокисью углерода). Конструкция полезной модели в общем приемлема, однако применение химических препаратов -

охладителей для производства пищевых продуктов - муки в технологии не совместимы [74].

Наиболее близким, по выполнению процесса помола (дробление) и по конструкции является мукомольная мельница с горизонтальной осью вращения (Свидетельство на полезную модель RU5366U1,B02C7/02, 16.11.1997г.). Эта полезная модель упрощает конструкцию мукомольных мельниц и процесс помола зерна, благодаря возможности «закрепления» каждого зернышка направляемой по трубе червяка (шнека) к жернове и размолот (истереть) за один проход каждое зернышко на мелкие частички и обеспечивает получение муки первого сорта за один проход [75].

Однако, указанная полезная модель имеет ряд недостатков, а именно в конструкции мукомольной мельницы используется не вся рабочая поверхность жернова, а только ее часть то есть часть площади равная торцевой поверхности трубы червяка (шнека); за один переход получают два сорта продукции: мелкодисперсную муку и крупу, что вызывает кратного выполнения операции с излишними трудозатратами; одновременно с процессом помола непрерывно очищают не всю рабочую поверхность жернова, а только площадь равный площади окружности трубы червяка (шнека).

Патент Российской Федерации № 2436633 Устройство для измельчения зерна относится к аппаратам для переработки фуражного зерна на комбикорма. Устройство содержит станину с закрепленным на ней загрузочным бункером, имеющим окно для выхода зерна, сито и измельчитель в виде пластины, закрепленной на валу вертикально установленного и снабженного узлом герметизации высокооборотного электродвигателя. Плоскость вращения периферийной ударной части пластины проходит под окном для выхода зерна из бункера. Вал по меньшей мере, одной пластиной находится ниже плоскости станины [76].

Патент Российской Федерации № 2717041 Пневматический конусный измельчитель зерна. Изобретение относится к сельскому хозяйству и может быть применено при производстве комбинированных кормов. Пневматический

конусный измельчитель зерна имеет бункер, всасывающий трубопровод, всасывающий конус предварительного разрушения оболочки зерна с калиброванным отверстием, конусные фитинги, конус формирования вихревой трубки, шланги, клапаны, компрессор, приемный трубопровод последующего измельчения, шланг для доставки измельченного зерна и заземлитель. Измельчение сырья достигается применением конусов, создающих высокоскоростные воздушные потоки. Измельчитель изготавливаются в мобильном исполнении и применяется в непосредственной близости от мест содержания животных. Применение дистанционных средств управления автоматизирует процесс кормления. Использование изобретения позволит механизировать процесс приготовления полноценных комбинированных кормов из фуражного зерна злаковых и бобовых культур [77].

Патент Российской Федерации 2546860 Устройство для измельчения. Изобретение относится к измельчительному оборудованию, в частности к устройствам, например зерно. Устройство содержит корпус с загрузочными и разгрузочными окнами и жерновами с поверхностями различной зернистости. Жернова установлены в корпусе на общей оси. Привод вращения выполнен в виде плоского двухстороннего линейного асинхронного двигателя с блоком управления. Число пар полюсов двигателя равно двум или меньше. Статоры установлены с возможностью перемещения по радиусу относительно ротора двигателя. Роторы выполнены в виде диска из электропроводного материала и жестко закреплены на жерновах. Жернова и роторы горизонтально расположены и подвижны относительно друг друга на оси. Каждый ротор взаимодействует со своим статором и жерновом. Статоры установлены между роторами. Обмотки одного статора являются продолжением обмоток другого. Изобретение упрощает конструкцию и повышает производительность [78].

Патент Российской Федерации 23795 Мельница жерновая, содержащая в корпусе крышкой, верхний неподвижный и нижний вращаемый абразивные жернова с металлическими подложками, вал нижнего жернова, установленный в подвижной пиноли, узел регулирования зазора между жерновами в виде

привода осевого перемещения пиноли, привод вращения нижнего жернова, бункер для подачи зерна, устройство для вывода продуктов помола, отличающаяся тем, что в металлических подложках каждого жернова выполнены кольцевые соосные канавки типа «ласточкин хвост» и отверстия в них со стороны прилегания абразивной основы, верхний жернов своей подложкой закреплен на крышке мельницы с возможностью регулирования относительно нижнего жернова, крышка упруго прижата к корпусу мельницы, привод осевого перемещения нижнего жернова выполнен в виде четырехзвенного рычажно-винтового механизма, связывающего рукоятку ручного управления с подвижной пинолью, имеющей возможность стопорения тангенциальным зажимом; бункер снабжен дозатором, включающим шиберную заслонку внизу бункера, установленный под ней наклонно регулируемый лоток, контактирующий с вибратором, закрепленным на валу нижнего жернова, на металлической подложке которого размещены скребки-лопатки [79].

Полезный модель к патенту Российской Федерации 373, Мельница мукомольная с горизонтальной осью вращения, содержащая корпус, в котором размещены неподвижный и вращающийся жернова с канавками на мелющих плоскостях, приемную воронку для подачи размалываемого продукта, прикрепленную к съемной крышке корпуса, механизм для регулирования зазора между жерновами, электродвигатель, отличающаяся тем, что в ней вращающийся жернов жестко закреплен на валу электродвигателя, электродвигатель прикреплен к корпусу мельницы, а механизм для регулирования зазора между жернова размещен со стороны приемной воронки и выполнен в виде пластины, связанной с приемной воронкой посредством подпружиненного резьбового соединения и установочного винта, ввинченного в пластину и упирающегося в поверхность приемной воронки, и тяг, пропущенных сквозь съемную крышку корпуса и соединяющихся пластину и неподвижный жернов [80].

Патент Российской Федерации 2038147 Электрическая мельница. Измельчение зерна и может быть использовано в пищевой,

сельскохозяйственной и других отраслях промышленности. Мельница содержит закрепленный на корпусе электродвигатель, механизм для регулировки помола, имеющий ступенчатую крышку с фиксатором соединенные между собой стакан резьбовую втулку с фланцем и выполненными в ней равноудаленными друг от друга гнездами под фиксатор и упором входящим хвостовой частью в одно из них. Один из жерновов связан с резьбовой втулкой, а другой - с валом электродвигателя. Опорное приспособление выполнено составным из основания, опорного фланца и гибких сегментных пластин, охватывающих электродвигатель и закрепленных в выборках стоек, соединяющих основание с опорным фланцем, а выступающий из гнезда хвостовик упора имеет возможность свободного вращения вокруг боковой поверхности меньшей ступени крышки до контакта с приливом на крышке, в которой закреплен фиксатор. Гнезда под фиксатор могут быть выполнены в виде V-образных пазов, расположенных радиально по окружности фланца втулки, а фиксатор имеет выступ, профиль которого соответствует профилю пазов [81].

Патент Российской Федерации 2073568 Мельница для зерна содержит заключенные в приемный бункер нижний вращающийся диск с режущими кромками и верхний неподвижный диск, по меньшей мере, с одним эксцентричным сквозным питающим каналом. В качестве режущих кромок использованы ножи, закрепленные на верхней поверхности нижнего диска. Приемный бункер выполнен в виде концентричных стаканов, возрастающих к периферии бункера диаметров, с верхними открытыми торцами, лежащими в плоскостях, расположенных ниже плоскости нижней поверхности неподвижного диска [82].

Патент Российской Федерации 2482920 Устройство для измельчения твердых материалов. Изобретение может быть применено для помола твердых материалов. Устройство для измельчения содержит корпус с загрузочным и разгрузочным окнами и размещенными внутри него вертикальными жерновами. Жернова имеют поверхности с различной зернистостью и

установлены на общей оси. Средний жернов связан с приводом вращения. Боковые жернова выполнены с сообщающимися каналами, имеющими затворы, и установлены на участках оси, выполненных с противоположным направлением навивки резьбы. Боковые жернова зафиксированы при помощи гибких элементов, соединенных с фиксирующими устройствами. Привод вращения снабжен блоком управления и представляет собой плоский двухсторонний линейный асинхронный двигатель с числом пар полюсов, равным или меньшим двух. Статоры двигателя установлены с возможностью перемещения по радиусу относительно ротора. Ротор выполнен в виде диска из электропроводного материала, жестко закрепленного на среднем жернове. Технический результат заключается в обеспечении плавного регулирования скорости помола [83].

Патент Кыргызской Республики 1861. Жерновая мельница. Изобретение относится к устройствам для измельчения зерна и зернистых материалов, а именно к жерновым мельницам с горизонтальной осью вращения.

Задачей изобретения является создание конструкции жерновой мельницы с повышенной производительностью и получением измельчаемой продукции с улучшенными качествами.

Поставленная задача решается тем, что жерновая мельница, содержащая корпус, электродвигатель, бункер, шнек, вращающийся и неподвижный жернова и прижимной механизм, дополнительно содержит центробежный вентилятор с воздухопроводом, при этом бункер выполнен герметично закрывающимся.

Данная жерновая мельница с горизонтальной осью вращения обеспечивает повышенную производительность и улучшает качество измельчаемой продукции. [84].

Патент Кыргызской Республики 1862. Прижимной механизм жерновой мельницы. Изобретение относится к устройствам для измельчения зерна и зернистых материалов, а именно к механизмам регулирования рабочего зазора между жерновами с горизонтальной осью вращения

Задачей изобретения является повышение качества получаемой муки за счет обеспечения требуемого рабочего зазора между жерновами с высокой точностью, а также расширение функциональных возможностей жерновой мельницы.

Поставленная задача решается тем, что прижимной механизм жерновой мельницы, состоит из рукоятки и, по меньшей мере, из четырех устройств, расположенных по диаметру неподвижного жернова, каждое из которых включает толкатель, установленный внутри стакана, закрытого колпачком, и взаимодействующий через пружину с пятком, при этом пятка подпирается болтом с контргайкой.

Предлагаемая конструкция прижимного механизма позволяет настраивать требуемый рабочий зазор между жерновами с высокой точностью, гарантирует плавность перемещения вращающегося жернова и исключает динамические нагрузки, что обуславливает надежную работу мельницы, расширяет ее функциональные возможности и позволяет получать муку более высокого качества [85].

1.5. Выбор объекта исследования

Процесс измельчения зерна в муку сопровождается большим выделением тепла и влаги. Мука при этом нагревается до 80°C . При усиленном выделении влаги в рабочем пространстве жерновов образуется клейстер, который замазывает мелкую насечку и бороздки жерновов. Этим нарушается процесс размола зерна и снижается производительность машины. В связи с этим для увеличения производительности мельницы и выхода высоких сортов муки необходимо создать приток дополнительного объема воздуха установкой вентиляции. Этот процесс называется аспирацией. Аспирацией жернового постава достигается увеличение производительности на 20-25%. В связи с этим для удаления тепла, влаги и мельчайшей пыли применяется всасывающая аспирация постава [86, 87].

Для фермерских (крестьянских) хозяйств экономически выгодно иметь малогабаритные и многофункциональные машины.

Одним из путей решения данной задачи и удовлетворения спроса на многофункциональные и малогабаритные машины, является создание машин на принципиально новой основе.

В связи с этим в Инженерной академии Кыргызской Республики разработан и создан универсальный станок ММП-150/50 (рисунок 1.5) [88].

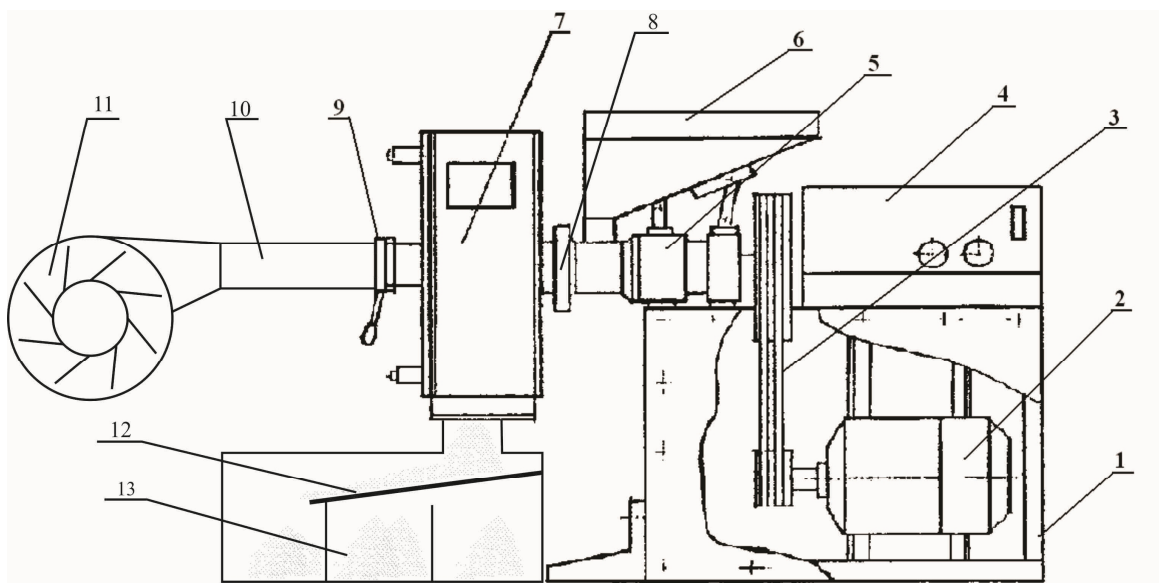


Рисунок 1.5 - Кинематическая схема универсального станка ММП 150/50

Универсальный станок ММП-150/50 (в функции мельницы) состоит из сварной рамы 1, на которой установлен горизонтальный вал на подшипниковых опорах 5, а также пульт управления 4. Вал приводится в движение электродвигателем 2 через ременную передачу 3, зерно из бункера 6 с помощью шнекового механизма 8 через отверстие вращательный жернов 7 подается в рабочую зону между жерновами.

Охлаждающий воздух вентилятором 11 подается через воздуховодом 10 в отверстия 9 в рабочую зону, охлаждает рабочие поверхности жерновов и обрабатываемую продукцию.

Измельченный продукт зерна - мука через барабанное сито 12 попадает в бункер для муки 13.

Конструкция исполнительного органа универсального станка ММП-150/50 с горизонтальной осью вращения (в функции мельницы) показана на рисунке 1.6.

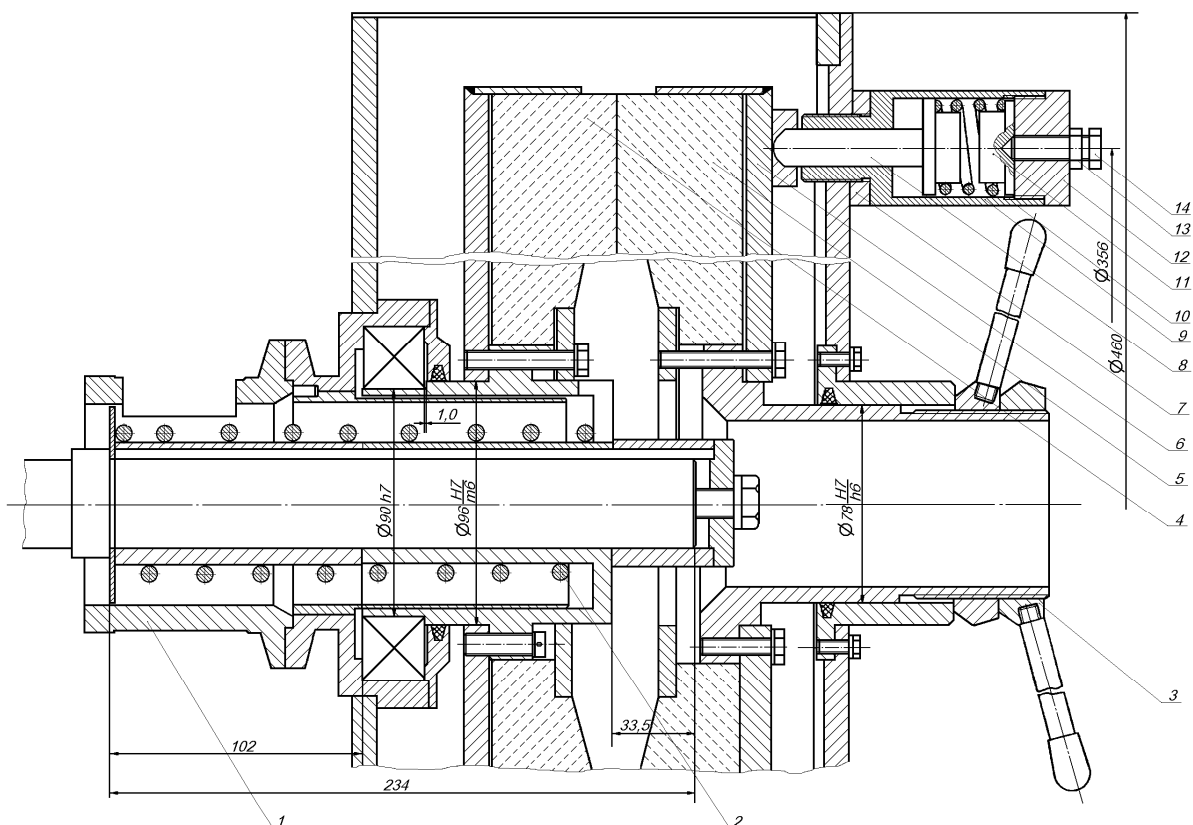


Рисунок 1.6 - Конструкция исполнительного органа мельницы ММП-150/50
1 - корпус, 2 - шнек, 3 - рукоятка, 4 - вращательный жернов, 5 - неподвижный жернов, 6 - диск, 7 - гайка, 8 - толкатель, 9 - цилиндр, 10 - пружина, 11 - пятка, 12 - крышка, 13 - гайка, 14 - болт.

Внутри корпуса машины размещены два вертикальных жернова. Из них один вращающийся 4, другой не вращающийся 5.

В корпусе 1 установлен вал в двух подшипниковых опорах, на котором, установлен диск с вращающим жерновом 4. В кожухе размещен шнек 2 для транспортировки измельчаемого материала. Диаметр жерновов 400 мм. Для

регулирования рабочего зазора имеется прижимные механизмы, которые, перемещая не вращающийся жернов 5, изменяют рабочий зазор между вертикальными жерновами. Детали прижимного механизма показаны на рисунке 1.7.



Рисунок 1.7 - Детали прижимного механизма

Для грубого изменения зазора поворачивают рукоятку 3, которая перемещает диск 6 вместе с неподвижным жерновом относительно корпуса. Для тонкой настройки зазора вращают болт 14, последний воздействуя на пятак 11, с помощью пружины 10 перемещает толкатель 8 с диском 6 относительно корпуса машины. При попадании между жерновами прочного тела размером больше, чем зазор между жерновами, толкатель переместится слева направо, сжимая предохранительную пружину 10.

От электродвигателя, помещенного внутри корпуса, вращение посредством клиноременной передачи передается на вал, на котором установлен вращающийся жернов. Номинальная мощность электродвигателя типа 4А1123УА 5,5 кВт с частотой вращения 1430 об/мин.

В зависимости от вида перерабатываемого продукта рабочий зазор между жерновами можно регулировать в широких диапазонах. Окружная скорость вращающегося жернова составляет 10,5 м/с.

Основными рабочими органами мельницы являются жернова. Они изготовлены из экологически чистого гранита месторождения «Каинды». Минеральный состав, которого характеризуется наличием следующих основных компонентов: кварца-20-40%; щелочного полевого шпата (ортоклаза, микроклина, анортоклаза)-40-60%; кислого плагиоклаза (альбита, олигоклаза)-10-20%; биотита или мусковита- до 10%; иногда роговой обманки (или пироксена).

Преимуществом универсального станка ММП-150/50 является универсальность, простота конструкции, технологичность изготовления деталей, возможность смены исполнительного органа, а так же применение вентилятора для того, чтобы улучшить аспирации.

Проведенные опыты на универсальном станке ММП 150/50 с вертикально расположенными жерновами выяснились следующие недостатки:

- подача воздуха через центр круга жерновой мельницы в целом положительно влияет на процесс измельчения, однако рабочая поверхность жерновов недостаточно обдувается и охлаждается, не учтены и не исследованы потери давления воздуха в воздуховоде;
- Аспирационный процесс в рабочих поверхностях достаточно не исследован то есть выход измельчаемый продукт из рабочего пространство во время не выполняется следовательно измельчаемый продукт перегревается, качество ухудшается и производительность уменьшается;
- не все параметры учтено вентилятора в экспериментальном опыте, неоднократно перегревал двигатель вентилятора;
- с установкой вентилятора увеличились некоторые параметры универсального станка, энергопотребление и габаритные размеры.

1.6. Выводы и задачи исследований

1. Зерно сельскохозяйственных культур имеет оболочку и эндосперму которые обладают различными физическими свойствами, содержит ряд органических и неорганических веществ (белки, жиры, углеводы, ферменты, пигменты, воду и минеральные соли). Наиболее ценная часть зерна эндосперма определяет качество перерабатываемого материала (корм, мука, талкан и т.п.) Поэтому предъявляются оптимальные показатели при подготовке зерна к измельчению с учетом их физико-механических свойств, а измельчающим машинам дифференцированные режимы работы.

2. Обзор существующих измельчающих машин зерна показал, что машины с ударными рабочими органами и вальцовые машины не отвечают зоотехническим требованиям, так как пылевидные частицы (переизмельченные частицы размером менее 0,2 мм) в корме достигает до 15%, которые отрицательно влияет на пищеварения животных и затрудняют проведенные последующих операций (смешивание, гранулирование). Вместе с тем, выявлен целесообразность применения жерновых мельниц для измельчения зерна в корм, благодаря лучшему качеству помола которая обеспечивается многократным воздействием на зерно рабочих поверхностей из естественного материала (жерновов) без удара и деформации и продвижением измельченной массы по спиралевидному бороздку с небольшой скоростью сохраняя все важнейшие органические и неорганические вещества.

3. Рациональные режимы работы жерновых мельниц обеспечивается низкой частотой вращения жерновов и плавным регулированием частоты. Поэтому для обоснования основных технологических параметров (производительность, энергоемкость и параметры привода) разрабатываемых жерновых машин необходимо создать динамическую модель позволяющая определит работу затрачиваемую на размол зерна и оценить моменты сопротивления, возникшие на рабочем органе при различных режимах работы. Кроме того при создании динамической модели целесообразно учитывать

физические величины образовавшиеся при измельчении зерна: вновь образованная поверхность после измельчения; работа необходимая для образования единицы поверхности и степень заполнения объема зоны измельчения.

4. Недостатком жерновых мельниц является то, что в процессе измельчения зерна происходит большое выделение тепла и влаги, которая образуются клейстер, в результате снижается качество продукта и производительность машины. Одним из путей устранения этого недостатка является использование аспирации (Патенты Кыргызской Республики на изобретения №1830, 1860). Сформированы цель и задачи работы.

Анализ состояния вопроса позволяет сформулировать задачи исследования:

- анализ и оценка существующих конструкций машин для измельчения сыпучих пищевых продуктов;
- изучение передового опыта при конструировании машин данного типа и обоснование выбора многофункциональной, малогабаритной конструкции машины;
- теоретические предпосылки и аналитические исследования к расчету основных параметров разрабатываемой машины;
- экспериментальные исследования и обоснование основных параметров машины с учетом основного критерия - улучшение качества готового продукт;
- расчет технико-экономических показателей работы.

ГЛАВА 2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МИНИ-МЕЛЬНИЦЫ

2.1. Обобщенная математическая модель жерновой мини-мельницы

Мини-мельница ММП-150/50 новой конструкции [89, 90] может быть представлена в виде двухмассовой модели, где первая масса моделирует часть машины до ременной передачи и характеризуется моментом на валу двигателя (M_g), а вторая масса - после нее, характеризуется моментом сопротивления, действующей на жернов (M_c), то есть динамическая модель мини-мельницы состоит из двух компонентов.

В мини-мельнице ММП-150/50 установлен асинхронный двигатель типа 4А112М4УЗ мощностью $N=5,5$ кВт. Известно, что движущий момент из рабочей части характеристики подобных двигателей аппроксимируется прямой [91]:

$$M_g = A - B\omega_1, \quad (2.1)$$

где ω_1 - угловая частота вращения, рад/с;

A, B – постоянные коэффициенты.

Зависимость (2.1) показывает, что с увеличением ω_1 уменьшается движущий момент M_g . Уменьшение M_g сильнее выражено, чем больше коэффициент B .

Коэффициенты A и B определяют по формуле:

$$A = \frac{M_H \cdot \omega_c}{\omega_c \cdot \omega_H}, \quad B = \frac{M_H \cdot \omega_1}{\omega_c \cdot \omega_H}, \quad (2.2)$$

где ω_c, ω_H – соответственно, синхронная и номинальная угловые скорости вала двигателя, рад/с;

M_H - номинальный момент двигателя, Н·м.

Момент сопротивления M_c зависит от угла поворота второй массы φ_2 , но мало зависит от частоты вращения ω_1 . Момент M_c можно представить как сумму из двух слагаемых:

$$M_c = M_{cm} + M_{cv}, \quad (2.3)$$

где M_{cm} - постоянное слагаемое, характеризующие среднее за цикл значение момента M_c ; Н·м;

M_{cv} - переменное слагаемое, характеризующее функцию обобщенной координаты φ_2 , Н·м.

$$M_{cm} = M_{cp} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} M_c d\varphi_2, \quad (2.4)$$

$$M_{cv} = M_{cv}(\varphi_2). \quad (2.5)$$

Момент инерции мини-мельницы J_Σ можно представить как сумму из трех слагаемых:

$$J_\Sigma = J_1 + J_2 + J_3, \quad (2.6)$$

где J_1, J_2, J_3 - моменты инерции соответственно первой массы (ротора двигателя J_d , ведущего $J_{ш1}$ и ведомого $J_{ш2}$ шкивов), второй массы (вал на котором установлен подвижный жернов $J_{в2}$ и жернов неподвижный $J_{ж}$), и обрабатываемого материала (силы внутреннего и внешнего (сухого) трения), кг·м².

Момент инерции ротора двигателя J_d по справочным данным [56] равно $J_d = 170 \cdot 10^{-4}$ кг·м². Значения моментов инерции соответственно ведущего $J_{ш1}$ и ведомого $J_{ш2}$ шкивов в соответствии с данными [56] составляют $J_{ш1} = 20,7 \cdot 10^{-4}$ кг·м², $J_{ш2} = 890 \cdot 10^{-4}$ кг·м². Таким образом, $J_1 = J_d + J_{ш1} + J_{ш2} = 1080,7 \cdot 10^{-4}$ кг·м².

Момент инерции второй массы: J_{B2} и $J_{Ж}$, также в соответствии с данными [92] равны. $J_{B2}=5,39 \cdot 10^{-4}$ кг·м², $J_{Ж} = 8700 \cdot 10^{-4}$ кг·м².

Момент инерции обрабатываемого материала J_3 определяется с учетом сил трения: внутреннего (вязкого) и внешнего (сухого).

Силы внутреннего (вязкого) трения зернового потока внутри рабочей зоны мини-мельницы приводят динамическому изменению в движении потока зерна. Величина силы внутреннего трения в рабочей зоне мельницы зависит от радиуса жерновов и скорости движения потока зерна.

На основании теории вязкости жидкости, определены силы внутреннего трения при переходе от слоя к слою [39, 40, 92, 93]:

$$F_{в.тр} = \beta \cdot V, \quad (2.7)$$

где $F_{в.тр}$ - сила внутреннего (вязкого) трения зерна, Н;

β - коэффициент вязкого трения, Н·с/м;

V - скорость движения в рабочей зоне зернового потока, м/с.

Выражение для определения коэффициента вязкого трения имеет следующий вид:

$$\beta = \frac{h_0 \cdot \rho_z + 4\sigma \cdot f_v \cdot g_z \cdot R_{ж}}{4 \cdot \dot{\gamma}}, \quad (2.8)$$

где h_0 - относительного высота вертикального столба сыпучего материала, м;

ρ_z - плотность зерна, кг/м³;

σ - напряжение сжатия, кг/м²;

f_v - коэффициент внутреннего трения зерна;

$\dot{\gamma}$ - скорость сдвига, с⁻¹;

g_z - ускорение свободного падения зерна, м/с²;

$R_{ж}$ - радиус жернова, м.

Расчетное значение коэффициента вязкого трения β для пшеницы находится в пределах 40,4 ... 48,7 Н·с/м. Коэффициент внутреннего трения f_v пшеницы составляет 0,32 ... 0,45 [93].

Для определения силы сухого внешнего трения в рабочем пространстве использовали выражение [93]:

$$F_{c.тр} = f_c \cdot N, \quad (2.9)$$

где, $f_c = tg\varphi$ - коэффициент трения зерна и камня (где φ - угол трения);

$N=mg_z$ - нормальная сила давления, Н;

Коэффициент трения продукта и камня зависит от вида камня и измельчаемого зерна. Угол трения φ для измельчения зерна в муку находится в пределах 34...37° [43, 45]. При этом расчетные значения f_c и $F_{c.тр}$ составляют 0,67 ... 0,75, $F_{c.тр}=18,63 ... 20,86$ Н.

Уравнение движения мини-мельницы в дифференциальной форме имеет вид [91]:

$$J_{\Sigma} = \frac{d\omega_1}{dt} + \frac{1}{2} \frac{dJ_{\Sigma}}{d\varphi} \omega_1^2 = M_g + M_c, \quad (2.10)$$

С учетом уравнений (3.1), (3.3), (3.4) и (3.5) получим:

$$J_{\Sigma} = \frac{d\omega_1}{dt} + \frac{1}{2} \frac{dJ_{\Sigma}}{d\varphi} \omega_1^2 = (A - B\omega_1) + \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} M_c d\varphi + M_{cv}(\varphi). \quad (2.11)$$

В дальнейших исследованиях нас больше интересует уравнение, описывающее движение рабочего органа (жернова) мини-мельницы, которое можно описать в дифференциальной форме:

$$(J_2 + J_3) \frac{d\omega_1}{dt} = F_v \cdot R_{ж} + F_{ж} \cdot R_{ж} - F_{в.тр} \cdot R_{ж} - F_{с.тр} \cdot R_{ж} \quad (2.12)$$

где J_2, J_3 - моменты инерции соответственно второй массы и обрабатываемого материала, кг·м²/с² (Н·м);

F_B - сила, развиваемая двигателем, без учета массы неподвижного жернова, Н;

$F_{ж}$ - сила, затрачиваемая на неподвижный жернов, Н;

$F_{в.тр}$ - сила внутреннего (вязкого) трения, Н;

$F_{с.тр}$ - сила внешнего (сухого) трения, Н;

$R_{ж}$ - радиус жернова, м.

2.2. Моделирование аспирационного процесса жерновой мельницы в программном комплексе SolidWorks Flow Simulation

В предыдущей главе и опубликованных трудах [87, 94] приведены исследования аспирационных и охлаждающих процессов универсального станка ММП-150/50. Данные исследования выявили, что рабочий орган жернова во время работы нагревается до 90°C, и это приводит к снижению производительности жерновой мини-мельницы.

Для повышения производительности мини-мельницы ММП-150/50 и улучшения качества готовой продукции, необходимо обеспечить целенаправленный воздушный поток для охлаждения рабочей поверхности и проведения процесса аспирации. В качестве аспирационных устройств применялись несколько центробежных вентиляторов с разными техническими характеристиками. Основная идея заключалась в решении данной проблемы и обосновании целесообразности применения центробежного вентилятора с соответствующими аэродинамическими параметрами.

В результате установили, что необходимо увеличить количество потока охлаждающего воздуха. Просверливая пять сквозных отверстий на неподвижном жернове: один в центре жернова и четыре на осях под углом 90°, а так же быстрым вращением подвижного жернова создавались воздушные вихревые потоки, которые проходили через эти просверленные отверстия. Подача воздуха (аспирация) через центр круга жерновой мельницы по сравнению с предыдущим в предлагаемой конструкции улучшена за счет

использования в пять сквозных отверстий, которые положительно повлияли на процесс измельчения.

Аэродинамика рабочего органа мини-мельницы ММП-150/50, в частности распределение воздушного потока на рабочих поверхностях жерновов, в главных и второстепенных бороздках, его скорость и давление не исследовались. Это связано с конструктивным характером мини-мельницы, так как измельчение происходит в замкнутом месте и рабочий зазор между жерновами очень узкий, а так же со сложностью аэродинамических процессов. Из этого формулировалась задача исследовать и моделировать движение и распределение воздушного потока, а также охлаждения рабочих поверхностей жерновов мини-мельницы.

С развитием программно-аппаратной базы электронно-вычислительных машин, стало возможным моделирование воздушного потока в пространстве, что позволяет на основе численных расчетных методов производить компьютерное моделирование аэродинамических процессов внутри рабочей зоны жерновой мини-мельницы в качестве исходного метода исследования [95].

Для исследования аэродинамики рабочего органа жерновой мини-мельницы были созданы 3D модели с помощью программного комплекса SolidWorks (рисунок 2.1). В качестве объекта моделирования воздушного потока внутри рабочего органа был выбран интегрированный расчетный модуль SolidWorks Flow Simulation (далее – Flow Simulation), который предназначен для решения задач гидрогазодинамики и теплопередачи [96].

Данное программное обеспечение имеет следующие преимущества: удобный интерфейс к пользователю; сокращает время на тестирование проектов на компьютере вместо испытаний в эксплуатационных условиях; имеет возможность технологического анализа проектных решений; возможности указать свойства материалов, ограничения, нагрузки, выполнить анализ и просмотреть результаты; возможность создавать анимации различных процессов и представлять реалистичное изображение проекта.

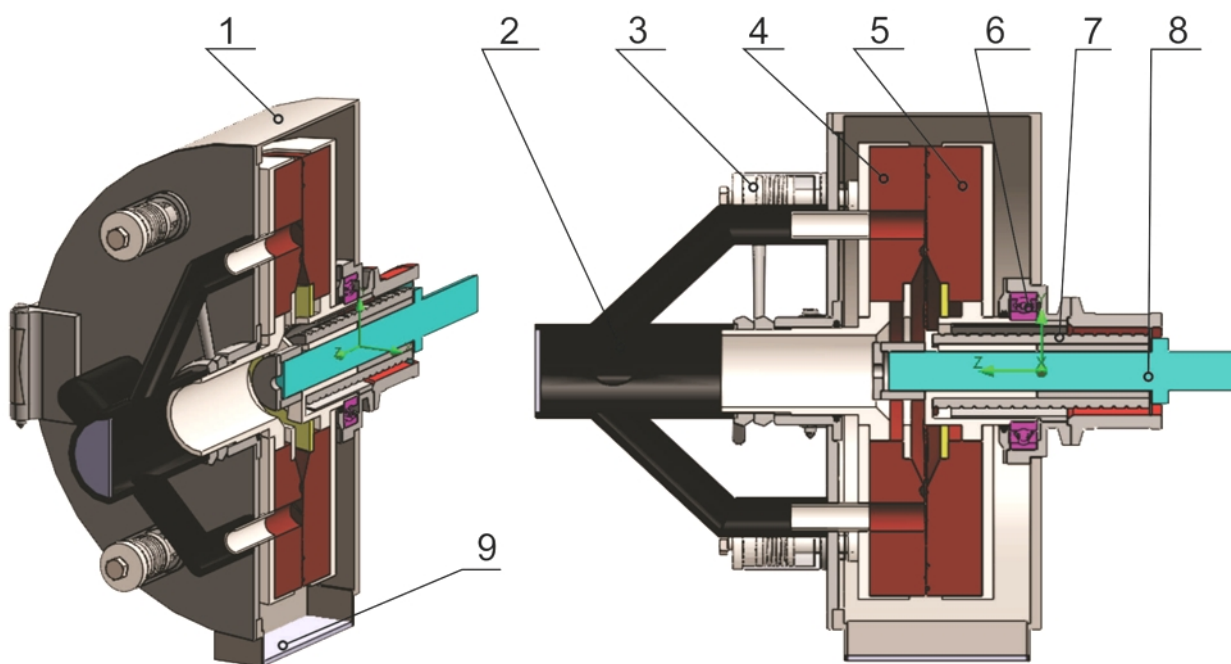


Рисунок 2.1 - 3D модель рабочего органа жерновой мельницы с горизонтальной осью вращения в разрезе

1 - корпус, 2 - воздуховод, 3 - прижимной механизм, 4 - неподвижная жернова, 5 - подвижная жернова, 6 - подшипник, 7 - шнек, 8 - приводной вал, 9 - выход для готового продукта.

Программный комплекс Flow Simulation, на основе уравнения Навье-Стокса моделирует движение потока газа и жидкости, которые базируются на первом законе термодинамики, т.е. совокупности законов сохранения энергии, массы и импульса. В уравнение Навье-Стокса, интегрированы состояния среды, которые интерпретированы эмпирическими зависимостями вязкости, плотности и теплопроводности зависимости от температуры среды. Для расчётной области, т.е. рабочей зоны жерновов строится структурированные поверхности модели с разбиением неравномерной сетки по мере их приближения к поверхности, и на участках с наибольшими градиентами физических параметров текучей среды [96, 97, 98].

Для выполнения расчётного анализа с помощью Flow Simulation прежде всего необходимо проектировать каждый компонент сборки. Для создания 3D

модели рабочего органа жерновой мельницы в SolidWorks проектированы более 20 компонентов и с помощью сопряжений все компоненты собраны в один узел (рисунок 2.1). Основные исследуемые компоненты, такие как вращательный жернов и неподвижный жернов проектированы (рисунок 2.2) сохраняя все условия, которые приведены в разделе 3.2. Выбор жерновых камней для мини-мельницы.

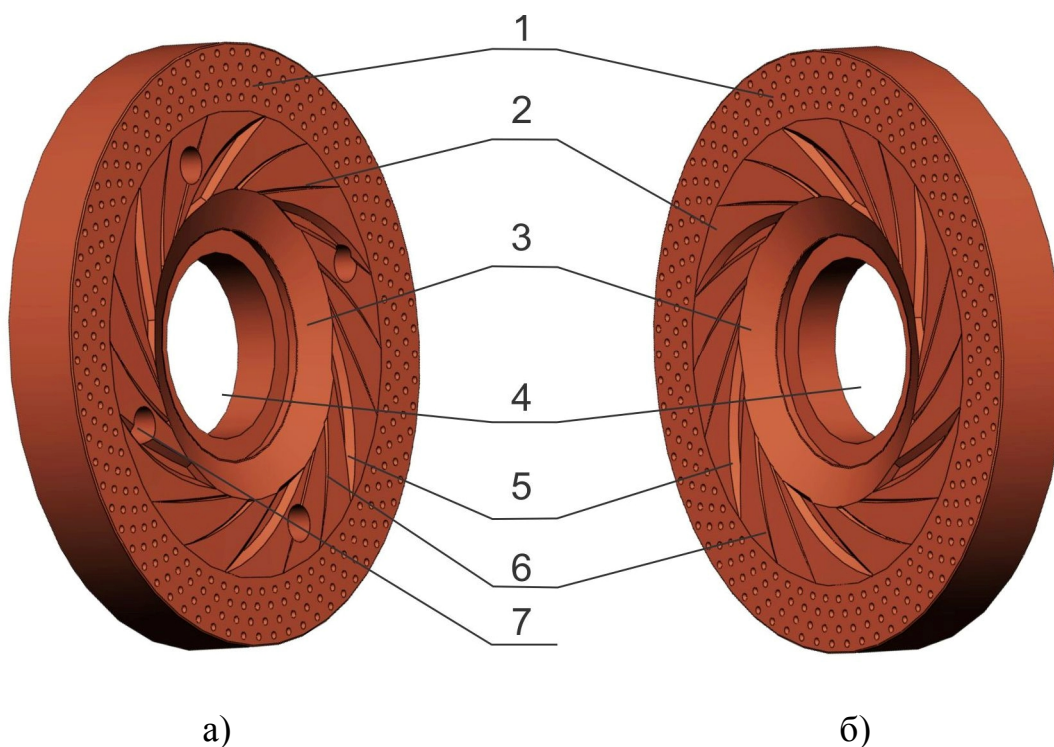


Рисунок 2.2 - 3D модель рабочего органа жерновой мельницы

а) вращательный жернов; б) неподвижный жернов

1 - мелющий пояс, 2 - подводящий пояс, 3 - двор или глаток, 4 - центральное отверстие (горловина), 5 - бороздка главная, 6 - бороздка второстепенная, 7- дополнительные отверстия.

Для исследования аэродинамического процесса в рабочей зоне мини-мельницы были определены нижеследующие исходные данные: единица измерения - система СИ; текучая среда - воздух; температура окружающей среды - 20,05°C; задан коэффициент теплоотдачи гранита 2,66 Вт/м·К [99]. Выполнение расчётного анализа в FlowSimulation заключались в следующем: создан проект исследования с помощью «Мастер проекта», установлены все основные параметры проекта (рисунок 2.3).

Для проекта установлены следующие граничные условия: объемный расход воздуха на зоне рабочего пространства жерновой мельницы $0,04 \text{ м}^3/\text{с}$; давление окружающей среды - $101,325 \text{ кПа}$.

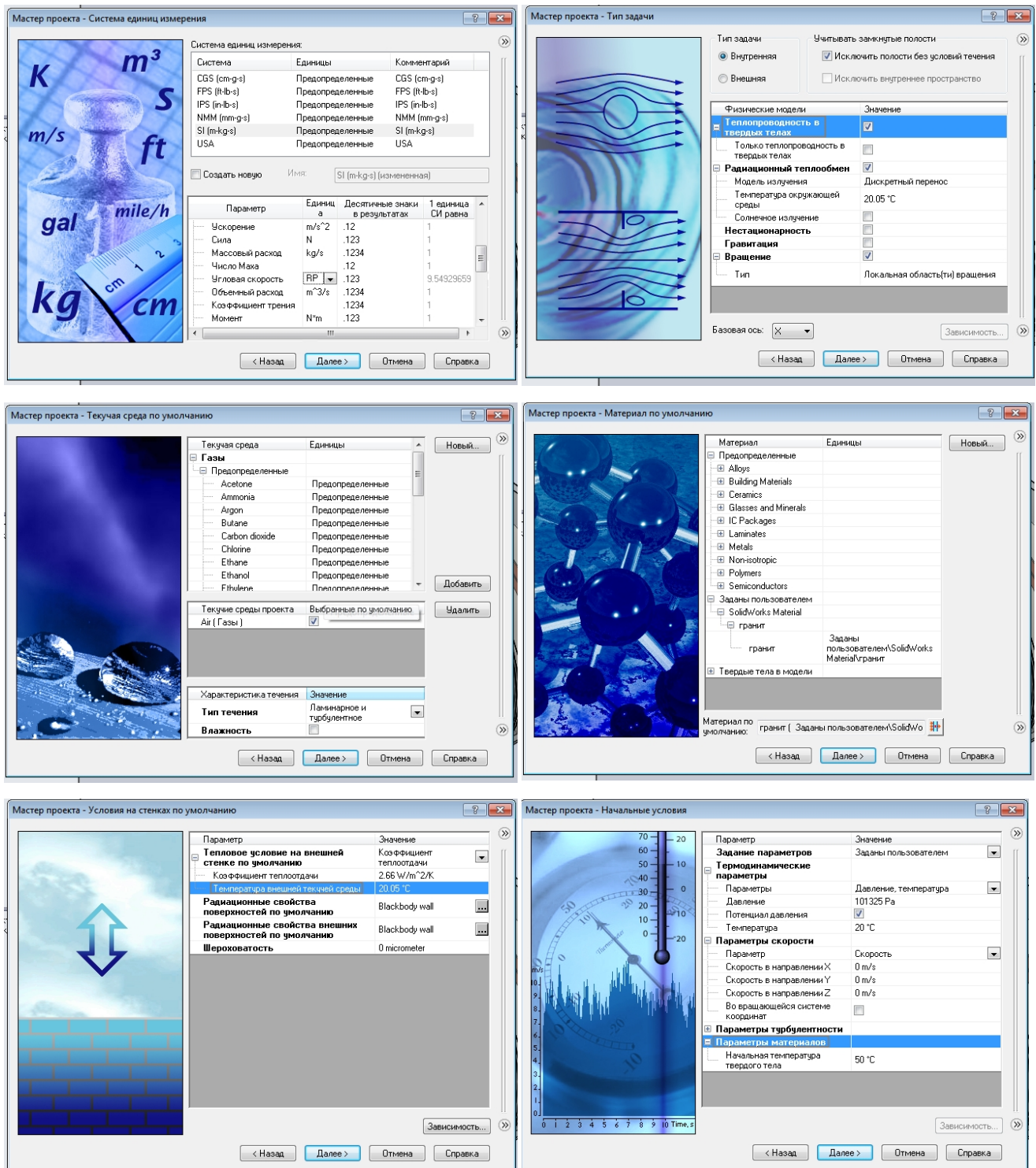


Рисунок 2.3 - Установление основных параметров проекта с помощью «Мастер проекта»

После установления необходимых граничных условий моделирования, установлена цель проекта - определить температуру текучей среды, скорость и температуру твердого тела (жернов), изменение давления. Оценка точности расчета, проведенны в приложении 1, методом сходимости по сетке, и полученные результаты проанализированы [96].

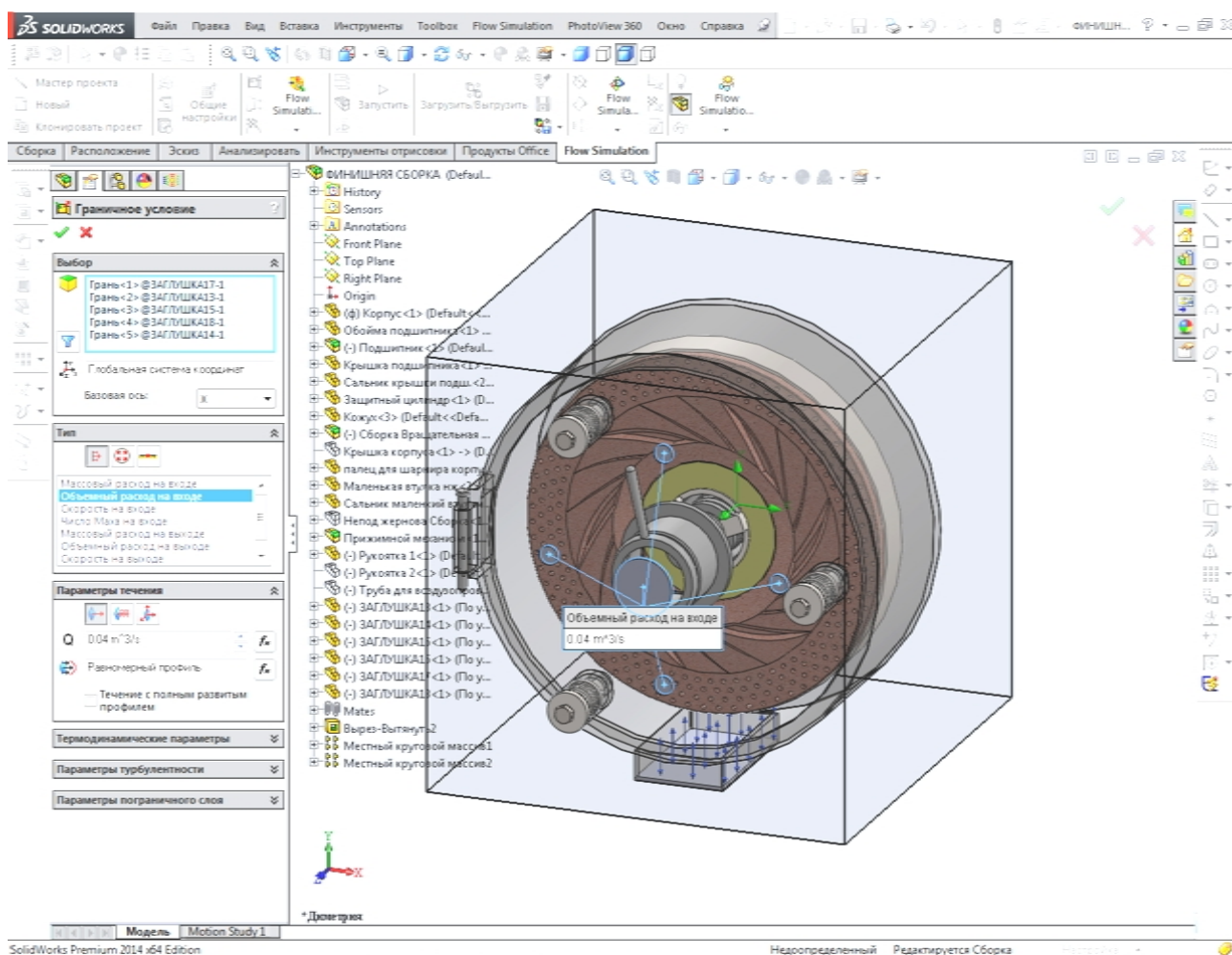


Рисунок 2.4 Установление граничных условий проекта

В результате были смоделированы аэродинамические процессы и определены параметры скорости потока воздуха, распределение давления, а также траектория ее частиц и их скорости. Найденные параметры и их визуализация представлены на рисунках 2.5; 2.6; 2.7.

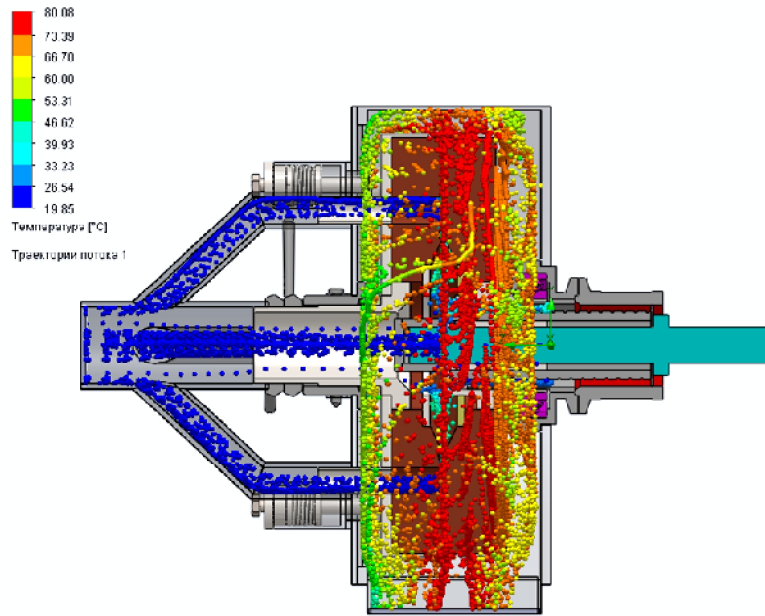


Рисунок 2.5. Температура и траектория потока

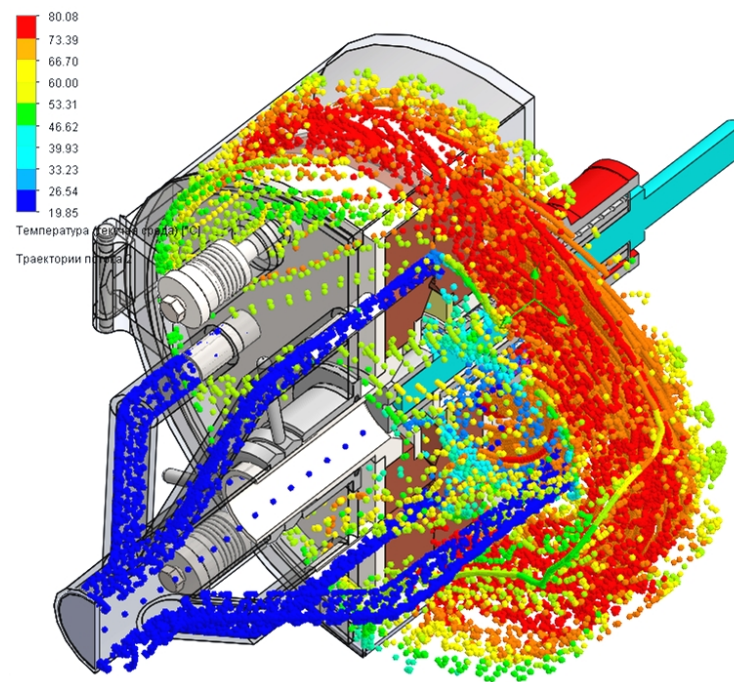


Рисунок 2.6. Температура (текучая среда) и траектория потока

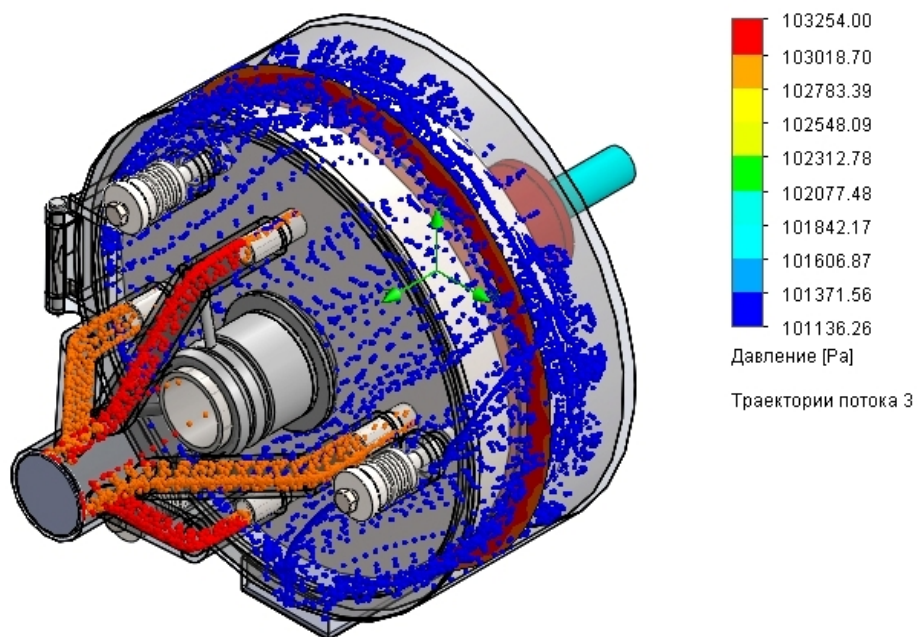


Рисунок 2.7. Давление и траектория потока

Выводы по 2 главе

Проектирована 3D модель жерновой мини-мельницы с горизонтальной осью вращения, где в неподвижном жернове просверлены пять сквозных отверстий. Исследования распределения воздушного потока проведены с помощью программного модуля Flow Simulation в рабочем органе жерновой мельницы с учетом скорости вращения подвижного жернова. В результате определены параметры, скорости воздушного потока и ее распределения, а также охлаждение рабочего органа жерновой мини-мельницы. И построены графики (Приложение 1) изменения величины скорости воздушного потока и температуры рабочей зоны мельницы. На основе построенной 3D модели аэродинамики жерновой мельницы с горизонтальной осью вращения можно проводить дальнейшие расчеты, а так же совершенствовать конструкцию жерновой мельницы данного типа.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ЖЕРНОВОЙ МИНИ-МЕЛЬНИЦЫ

3.1 Выбор конструктивно-технологической схемы жерновой мини-мельницы

Нами разработаны жерновые мельницы в двух вариантах с улучшенными конструктивными и режимными параметрами с учетом требований малых сельхозформирований (фермерские и крестьянские хозяйства), которым нужны низко энергоемкие мини-машины с рациональной производительностью обеспечивающие более однородный состав готового продукта без запаха гари, устраняющие налипания на поверхностях рабочих органов - клейстеров.

Конструкции жерновых мельниц защищены патентами Кыргызской Республики изобретения: №1830 «Жерновая мельница» от 31.03.2016 и №1860 «Жерновая мельница» от 31.05.2016 [89, 90].

На рисунке 3.1. представлена в варианте 1, общая схема жерновой мини-мельницы [89], а на рисунке 3.2.- неподвижная с пятью сквозными отверстиями жернова.

Жерновая мини-мельница работает следующим образом. Вращательное движение вала электродвигателя 1 через приводной механизм 2 передается к исполнительному механизму вращающемуся жернову 6. Зерно из бункера 3 с помощью шнекового механизма 5 через отверстия камня в ведущем жернове попадает в рабочую зону-щель между подвижными и неподвижными жерновами, и измельчаются до необходимой кондиции, а заслонка 4 регулирует подачу зерна. Воздух подаваемая вентилятором 9 подается к отверстиям 8 в неподвижном жернове 7, через воздухопровод 10 на рабочую поверхность движущимся жернове 6, и продувает рабочую зону поддающемся и размалывающемся поясе, тем самым дополнительно охлаждает обрабатываемую продукцию и рабочие поверхности жерновов [89].

Измельченный готовый продукт проходит через барабанное сито 11, и попадает в бункер для готовой продукции 12.

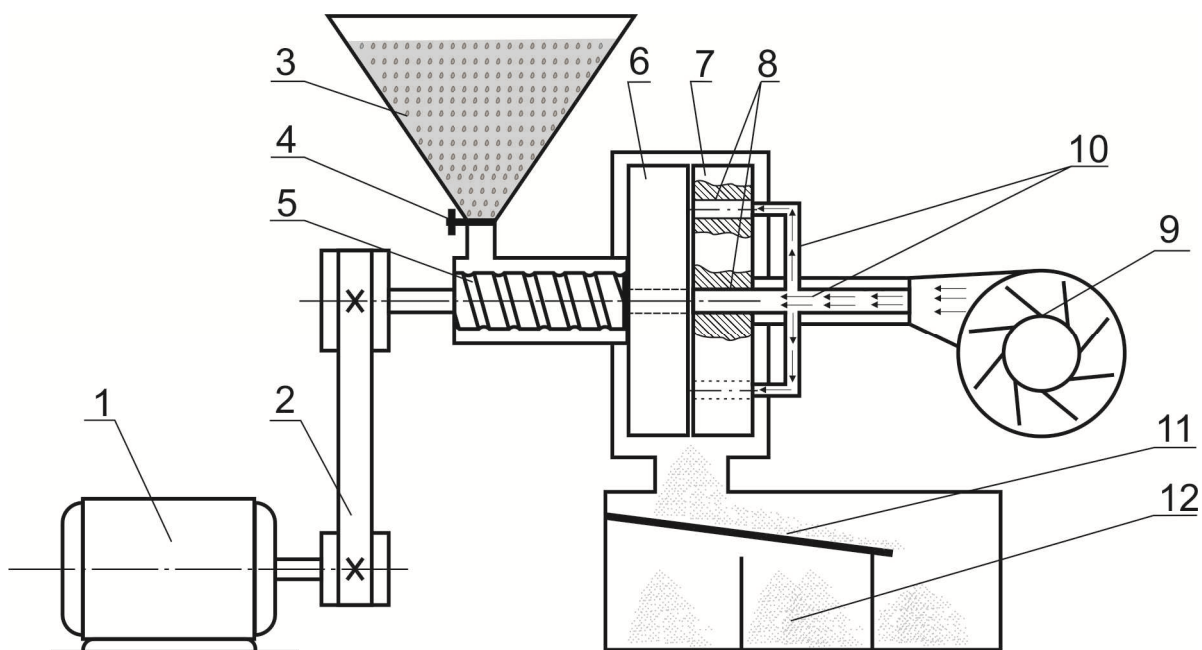


Рисунок 3.1 - Общая схема жерновой мельницы (вариант 1)

1 - электродвигатель, 2 - электропривод, 3 - бункер, 4 - заслонка, 5 - шнек, 6, 7 - подвижный и неподвижный жернова, 8 – отверстия, 9 – вентилятор, 10 – воздухопровод, 11 – сито, 12 - бункер.

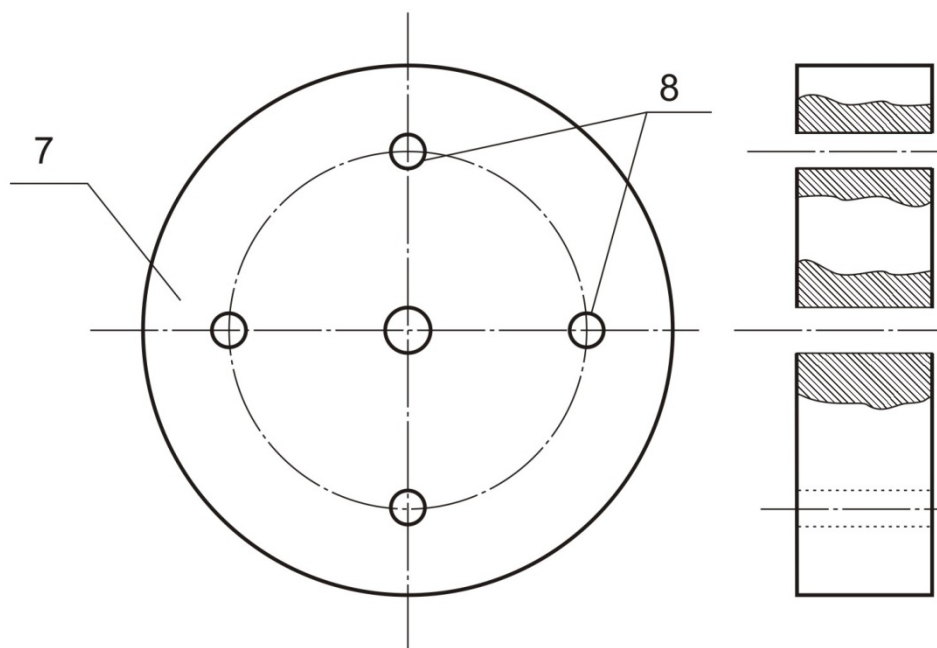


Рисунок 3.2 - Неподвижный жернов с отверстиями

7 - неподвижный жернов; 8 - отверстия.

На рисунке 3.3а, 3.3б приведены общая схема жерновой мельницы (вариант 2) [90] и неподвижный жернов с напороустойчивыми трубками имеющие косые наконечники, соответственно.

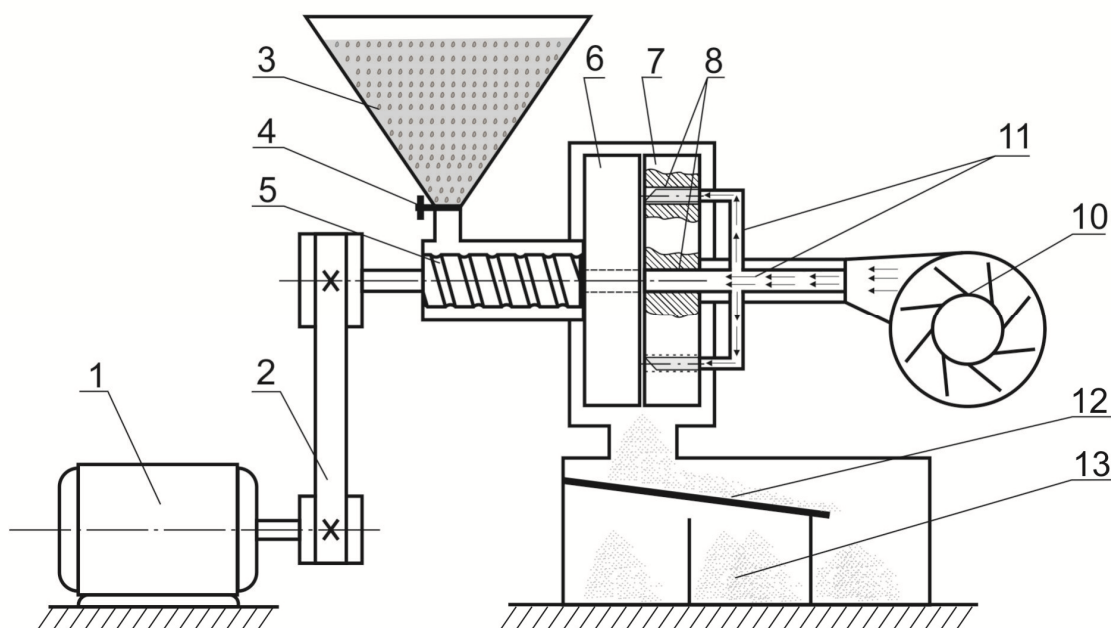


Рисунок 3.3а - Общая схема жерновой мельницы (вариант 2)

1 - электродвигатель, 2 - электропривод, 3 - бункер, 4 - заслонка; 5 - шнек; 6, 7 - подвижный и неподвижный жернова, 8 - отверстия, 9 - трубки с косыми наконечниками, 10 - компрессор, 11 - шланги высокого давления, 12 - сито; 13 - бункер.

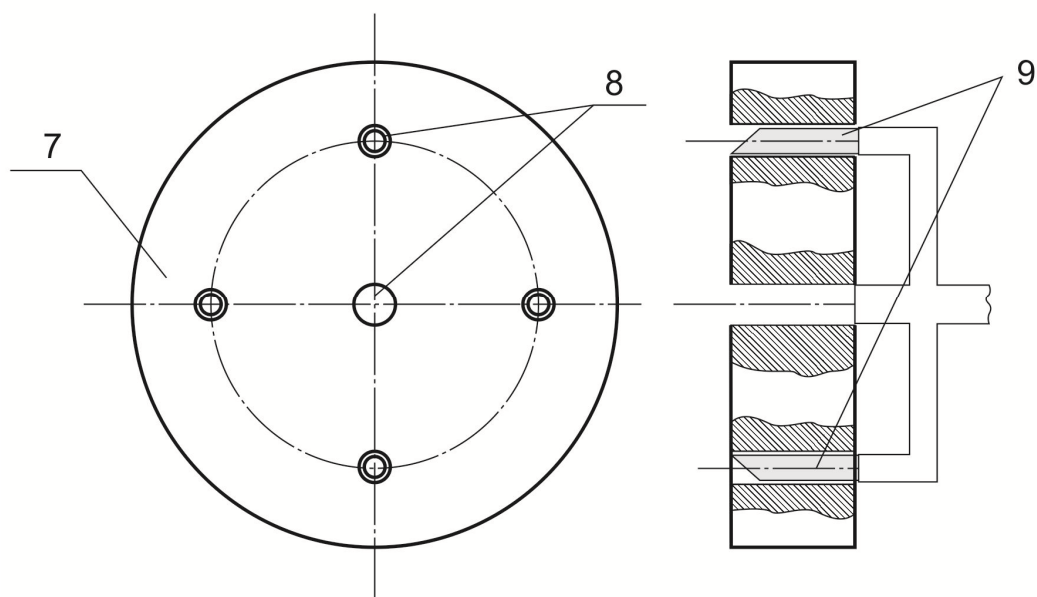


Рисунок 3.3б - Неподвижный жернов с напороустойчивыми трубками
7 - неподвижный жернов, 8 – отверстия, 9 - трубки с косыми наконечниками.

Отличительной особенностью жерновой мельницы во втором варианте является то, что в конструкции данной мельницы улучшена охлаждающая система. Для этого в сквозных отверстиях неподвижного жерновов установлены четыре напоростойчивые трубки со специальными косыми наконечниками и использован компрессор (вместо вентилятора) со шлангами высокого давления.

Рабочий процесс жерновой мельницы (вариант 2) с учетом выше указанных конструктивных изменений, протекает следующим образом. Подача зерна и регулировки массы подаваемого зерна осуществляется аналогично к варианту 1, а система охлаждения работает: создаваемый компрессором 10 высоконапорный сжатый поток воздуха подается через шланги высокого давления 11 в напоростойчивые трубки специальными косыми наконечниками 9, установленными в отверстиях 8, в рабочую зону между вращающимся и неподвижными двумя жерновами и продувает рабочую зону потоком воздуха, охлаждает поверхности рабочих органов и измельчаемую продукцию, заодно одновременно направляя последних к своевременному ускоренному выпадению их из камеры измельчения под определенным углом к направлению вращения вращающейся жерновы, и тем ускоряют процесс выпадения муки из рабочей зоны измельчения и способствуют повышению производительности мельницы.

Основным отличительным признаком разрабатываемых вариантов жерновых мельниц является интенсификация охлаждения рабочих поверхностей жернова и измельчаемого продукта.

Существующие конструкции жерновых мельниц оборудованные невращающейся жерновой с просверленными на них отверстиями в центре круга жерновов и вокруг них, имеющиеся на производстве, практически не могут обеспечить необходимыми высокими сильными целенаправленными вихревыми напорами сжатого воздуха установленными на них заводскими вентиляторами так как у последних не достаточны рабочие мощности. Поэтому нами исходя из практического опыта предлагается применение компрессоров среднего давления (до 10 МПа), вместо вентиляторов, которые могут обеспечить необходимые высокие вихревые напоры в рабочей зоне на концах

напороустойчивых трубок, а последние благодаря специальных косых угловых концов направят поток воздуха в сторону выхода готового продукта для своевременного (ускоренного) выхода их из рабочей зоны под углом к направлению вращения жернова.

Готовый измельченный продукт из рабочей зоны, удаляется со скоростью силой инерции, создаваемой вращающимся жерновом и воздушным вихрем, даже при максимальной подачи продукта, зерно дополнительно разрушается ударной нагрузкой, в результате чего жернова и продукт не перегревается, за счет уменьшения процесса перетирания, следовательно дополнительное охлаждение поверхности рабочего органа и измельчаемого продукта, благоприятно влияют на качество измельчения и в целом на готовую продукцию, отсутствие запаха гари дает возможность получить качественную и более однородный состав продукта.

Кроме того, созданные воздушные потоки, создаваемые четырьмя трубками со специальными косыми наконечниками способствует формированию оптимального воздушного потока и своевременному выводу продукта из рабочей зоны измельчения.

3.2. Выбор жерновых камней для мини-мельницы

Жерновые камни бывают искусственные и естественные. Для изготовления естественных жерновов применяются камни из твердых горных пород: кварцевые камни, гранит, песчаник и порфиновые камни, содержащие минимальное количество острых кристаллов. Искусственные жернова изготавливаются из дробленого кремня, кварца и наждака. В качестве связующего вещества применяется хлористый магний и магнезит [4, 100].

При изготовлении мельничных жерновов из камней горных пород необходимо обеспечить наличие несколько конструктивных элементов [3, 4, 90]: нанесение бороздок на рабочие поверхности жерновов; насечка (ковка) рабочих поверхностей жерновов; узел крепления жернова к ведущему валу

(«параплица»); опора ведущего вала (веретено) в неподвижном камне (кружловина); ведущий вал («веретено»).

Рабочая поверхность жерновов должна обладать следующими свойствами: твердостью для увеличения износоустойчивости; вязкостью, чтобы избежать выкрошивания частиц жернова во время работы и возможного попадания их в продукт; пористостью, при которой обеспечивается постоянная шероховатость рабочих поверхностей жерновов; однородностью для получения одинаковой степени воздействия жерновов на измельчаемый продукт по всей рабочей поверхности; прочностью, отсутствием трещин, чтобы избежать отделения больших кусков или разрыва жернова во время работы.

Размеры жерновов характеризуются их диаметром, который по настоящее время измеряют четвертями аршина, и, соответственно, называются четвериками, пятериками, шестериками, семериками и восьмериками [3, 4, 100]. В жерновых поставах с вертикальной осью вращения, наиболее применимы камни диаметром в пятерик - 890 мм; шестерик - 1070 мм; семерик - 1240 мм; восьмерик - 1420 мм. В жерновых поставах с горизонтальной осью вращения применяется камни диаметром №2 - 560 мм и №4 - 760 мм. В таблице 3.1 приведены технические характеристики жерновых мельниц, которые используются в практике [100].

Сравнительный анализ технических характеристик распространенных жерновых мельниц показывает, что для фермерских (крестьянских) хозяйств наиболее подходящими параметрами обладает мини-мельница ММП-50. Данная мини-мельница имеет минимальные массогабаритные размеры по сравнению с другими анализируемыми мельницами. Производительность ММП-150/50 равная 100 кг/час при потребляемой мощности привода 5,5 кВт вполне отвечает требованиям фермеров. Небольшое число оборотов равное 417 об/мин обеспечивает надежность машины.

Таблица 3.1. – Технические характеристики наиболее распространенных жерновых мельниц и ММП-150/50 [91]

№	Наименование параметров	Размерность	Жерновой постав с горизонтальной осью вращения			Жерновой постав с вертикальной осью вращения			
			<i>ММП-150/50</i>	№ 2	№4	<i>пятерик</i>	<i>шестерик</i>	<i>семерик</i>	<i>Восьмерик</i>
1	Диаметр жерновов	мм	400	560	760	890	1070	1240	1420
2	Число оборотов	<i>об/мин</i>	417	600	450	250	220	180	160
3	Окружная скорость жернова	<i>м/сек</i>	8,7	18	18	12	12	12	12
4	Потребляемая мощность	<i>кВт.</i>	5,5	7,5	11,5	7,5	11	13,5	16
5	Масса пары жерновов	<i>кг</i>	50	135	350	850	1300	1800	2300
6	Расход воздуха	<i>м³/мин</i>		8	10	16	18	20	22
7	Толщина жерновов:								
	верхнего жернова	<i>мм</i>	50	140	200	350	400	400	400
	нижнего жернова	<i>мм</i>	50	140	200	250	250	290	290
8	Диаметр горловины								
	верхнего жернова	<i>мм</i>	150	160	200	300	300	400	400
	нижнего жернова	<i>мм</i>	150	160	250	275	275	275	275
9	Количество бороздок	<i>шт</i>	6	10-14	12-16	16-20	20-24	24-28	28-32
10	Ширина бороздки	<i>мм</i>	15-20	20-30	20-30	20-35	35-40	35-40	40
11	Глубина бороздки	<i>мм</i>	3-5	4-6	4-6	5-8	5-8	5-8	5-8
12	Производительность	<i>кг/ч</i>	100	350	600	400	500	550	650

Для изготовления жерновых камней целесообразно подбирать камни из горных пород с последующей обработкой рабочей поверхность данного камня как показана на рисунке 3.4.

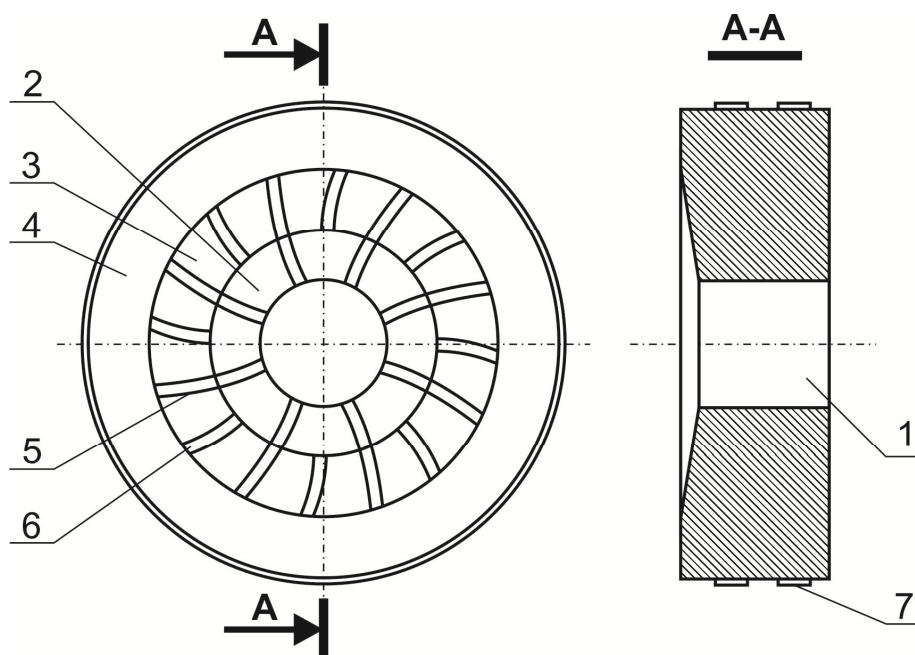


Рисунок 3.4 - Жерновые камни для мельницы с горизонтальной осью вращения, разбивка рабочей поверхности жернова

1 - центральное отверстие («глазок»), 2 - «двор» или «глоток», 3 - подводящий пояс, 4 - размалывающий пояс, 5 - бороздка главная, 6 - бороздка второстепенная, 7 - обруч.

Рабочую поверхность [3, 4, 100] жернова обрабатывают следующим образом. В центре каждого из камней имеется отверстие, называемое горловиной или «глазом». Рабочая поверхность жернового камня делится на три пояса: двор или называемый «глотком», подводящий и размалывающий. Глоток устраивается для подачи продукта к мелющему поясу. Подводящий пояс служит для затягивания продукта в размалывающий пояс. Сначала зерно дробится в подводящем, а затем окончательно мелется в размалывающем поясе. Глоток вращающего камня выбирается глубиной 20-40 мм, а неподвижного камня 15-30 мм.

В таблице 3.2. приведены размеры поясов в зависимости от диаметра жерновых камней.

Таблица 3.2. – Размеры поясов в зависимости от диаметра жерновых камней

Диаметр жернова		Ширина пояса в мм			Диаметр отверстия жернова, мм	Глубина глотка	
в четвертях аршина,	мм	глоток	подводящего	мелющего		вращающегося жернова	не подвижного жернова
4/4	400	50	100	30,5	150	20	15
5/4	890	90	110,5	90	300	20,5	20,0
6/4	1070	120	140,5	120	300	30,0	20,5
7/4	1240	140	160,5	140	350	30,5	30,0
8/4	1420	160	190,0	160	400	40,0	30,5

На рабочей поверхности жернова насекают дугообразные (радиальные) или прямолинейные бороздки. Бороздки на жерновых камнях предназначены, главным образом, для вентилирования пространства между жерновами и их охлаждения, а так же перемещают размалываемый продукт к выходу из мелющего пространства. Глубина, ширина и количество бороздок на поверхности жернова в зависимости от его диаметра указаны в таблице 3.3.

Таблица 3.3 - Основные параметры бороздок в зависимости от диаметра жернова

Диаметр жернова в мм.	Количество бороздок	Ширина бороздки в мм.	Глубина бороздки в мм.
400	8-12	15-25	4-6
560	10-14	20-30	4-6
760	12-16	20-30	4-6
890	16-20	30-35	5-8
1070	20-24	35-40	5-8
1240	24-28	35-40	5-8
1420	28-32	40	5-8

При нанесении бороздок на поверхности жерновов необходимо соблюдать следующие условия:

1. При вращении бегуна точки пересечения бороздок верхнего и нижнего камней (жерновов) должны перемещаться по направлению от центра к наружной окружности. В противном случае производительность жернового постава значительно уменьшится. На рисунке 3.5 показаны бороздки обоих жерновов (при наложении верхнего на нижний). Толстыми линиями обозначены бороздки бегуна, тонкими - бороздки лежняка. При вращении верхнего жернова, как указано стрелкой, точки Д пересечения бороздок верхнего и нижнего жерновов будут перемещаться по направлению от центра к наружной окружности. Мука при этом будет выбрасываться наружу.

2. Направление бороздок обоих жерновов должно быть таким, чтобы при любом повороте бегуна каждая его бороздка пересекалась с бороздкой лежняка только в одной точке. Если же окажется, что бороздки жерновов пересекаются в двух точках, то только одна из них будет перемещаться к наружной окружности, а вторая будет перемещаться к центральной части жернова. Ясно, что бороздки такого очертания будут препятствовать выходу размолотого продукта наружу. Это приведет к уменьшению производительности постава, чрезмерному нагреву размолотого продукта и излишнему расходу энергии.

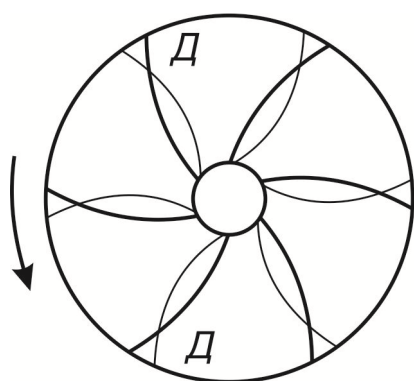


Рисунок 3.5 - Бороздки при наложении их друг на друга

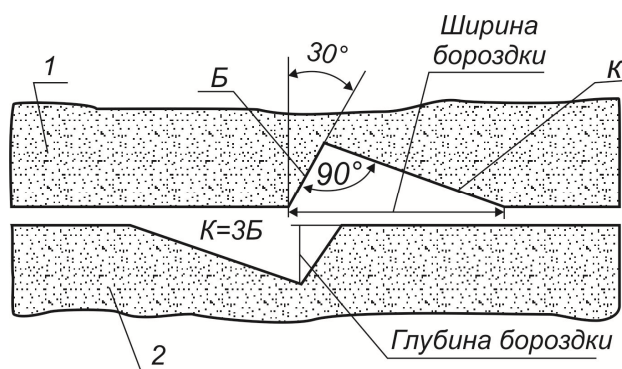


Рисунок 3.6 - Поперечное сечение бороздки

1 -Верхний камень; 2 - нижний камень,
Б - Крутая стенка, К - отлогая стенка

3. Крутая стенка Б бороздки (рисунок 3.6) при работе жернова должна идти впереди по направлению вращения бегуна, а отлогая К - позади. Крутую стенку высекают по прямой линии с уклоном 30° в сторону вращения, а отлогую - с небольшой выпуклостью и в три раза длиннее первой. При несоблюдении этого правила зерно будет дробиться в крупу но не в муку, так как при этом зерно не размалывается [4, 100].

Дугообразные бороздки наносят следующим образом (рисунок 3.7). Внешнюю окружность жернова делят на столько частей, сколько хотят иметь бороздок. Из точек деления окружности радиусом, равным радиусу R жернова плюс $1/10$ его часть, наносят линии крутых и отлогих стенок

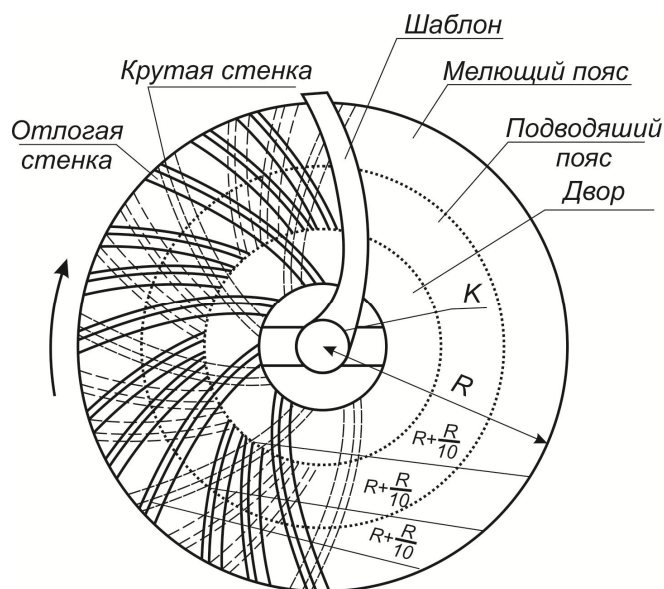


Рисунок 3.7 – Нанесение круговых бороздок на поверхности жерновов

бороздок (по одной длинной и по две коротких бороздки). Все бороздки будут касательными к окружности K , диаметр которой равен $1/10$ радиуса жернова [3, 4, 91, 101].

Короткие (промежуточные) бороздки пересекаются только в мелющем поясе, а длинные бороздки (основные) пересекаются у их основания. Короткие бороздки доводят только до окружности «двора», как указано на рисунке 3.7. Начало длинных бороздок у центра жернова должно находиться на некотором расстоянии от окружности «двора». На рисунке сплошными линиями показаны бороздки бегуна, а пунктиром - бороздки лежняка. Такие бороздки отвечают всем указанным выше условиям, обеспечивающим хорошую работу жернового постава. Число бороздок и их размеры даны в таблице 3.3.

Бороздки насекают с таким расчетом, чтобы при вращении бегуна они как бы пересеклись и способствовали перемещению продукта от центра к

периферии. Форма бороздки должна обеспечить удобный выход продукта из бороздок в рабочее поле. Глубина бороздок составляет 10-15 мм при тонком размоле зерна в муку или крупу. Ширина и количество бороздок зависит от диаметра жерновых камней (таблица 3.3).

Размещение жерновов в вертикальном положении вносит свои особенности в процесс аспирации.

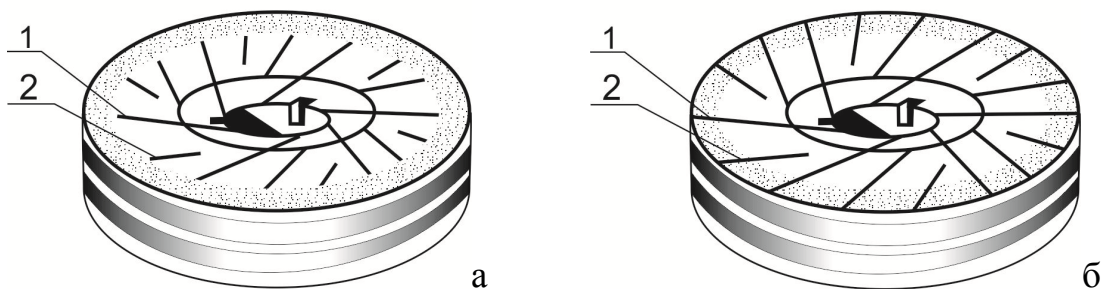


Рисунок 3.8 - Прямолинейные бороздки: а- для мельницы с горизонтальной осью вращения; б- для мельницы с вертикальной осью вращения; 1- бороздка главная; 2- бороздка второстепенная.

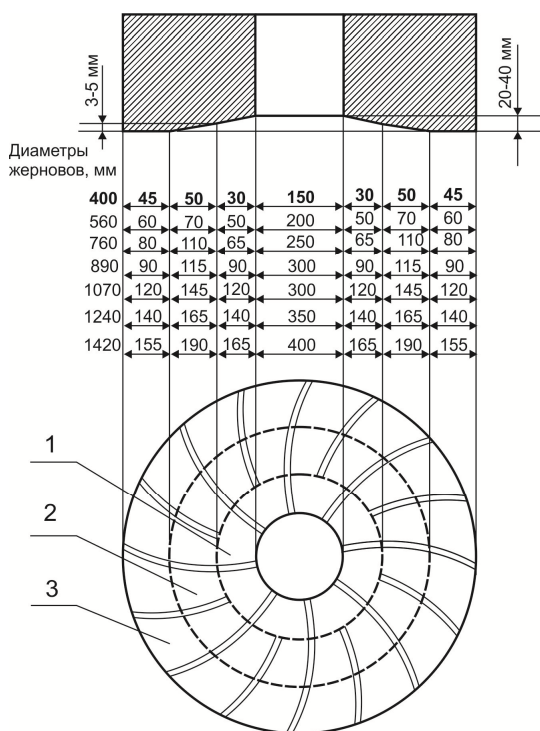


Рисунок 3.9 - Разбивка рабочей поверхности жернова
1 - двор или глоток; 2 - подводящий пояс; 3 - мелющий пояс

Для равномерного расположения бороздок на рабочей поверхности камня окружность жернова делят на число бороздок. Из точек деления раствором циркуля, равным радиуса жернова, наносят первую (внутреннюю) линию бороздки. Затем раствор циркуля увеличивают на ширину бороздки и проводят вторую (внешнюю) линию (рисунок 3.5). Прямолинейные бороздки наносят так: из точек, намеченных по окружности жернова, проводят линии по касательной к окружности горловины (глаза) или вспомогательной

окружности диаметром $\frac{2}{3}$ диаметра глаза. Отступив на ширину бороздки, проводят вторую линию, параллельную первой, и получают грани главной бороздки.

Между главными бороздками, параллельно им, проводят полубороздки, не доведя их до главных бороздок не менее чем на 50 миллиметров. Параллельно бороздкам рекомендуется ещё наносить нити глубиной до 1 мм, по 8-10 штук на один линейный дюйм (25 мм). Чтобы получить большую шероховатость поверхности мелющего пояса, целесообразно, кроме нитей, параллельных бороздкам, наносить также и поперечные нити (рисунок 3.9).

При пользовании поставом, как крупорушальной машиной, бороздки не наносятся. В этих случаях рабочая поверхность жерновов разбивается только на два пояса, а ковка (насечка) жерновов делается более мелкой и частой, чем у жерновов, предназначенных для размола зерна.

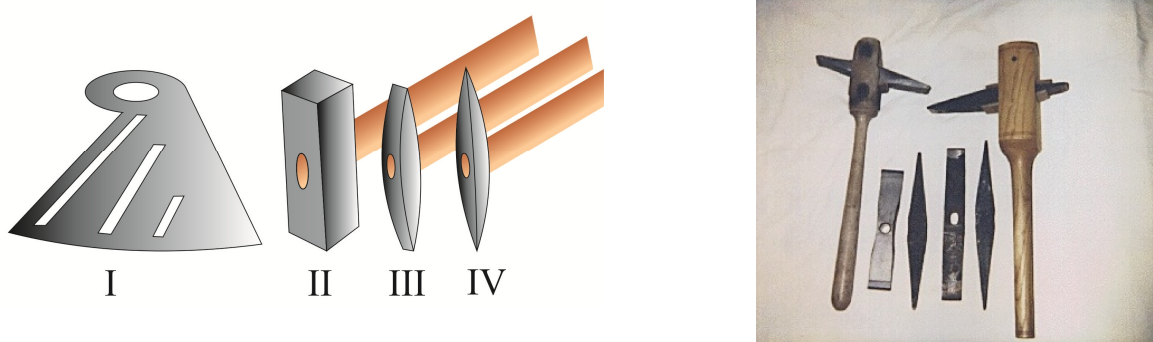


Рисунок 3.10 - Инструменты для насечки жерновов

I - шаблон, II - рябчик, III - насека, IV - клевец.

Рабочая поверхность у обоих камней должна быть острошероховатой. Для этого поверхности камней периодически обрабатывают следующими специальными инструментами - рябчик, насека, клевец, шаблон для разметки прямолинейных бороздок (рисунок 3.10). Насеки должны быть двухсторонними, длиной 250-300 мм и с шириной рабочего лезвия 25-35 мм.

Рябчик - это двухсторонний молоток с насечками в виде пирамидок на его рабочих поверхностях (12-16 на 1 см²). Этим инструментом выравнивают рабочие поверхности жерновов и придают им шероховатость.

Для выравнивания углов бороздок применяют двухконечные клевачи длиной 250-300 мм.

В настоящее время насечки жерновов выполняются болгарками, перфораторами и на специальных станках. А так же существуют жернова, сделанные из специальных сплавов, которые не требуют периодической обработки. Однако эти жернова готовятся в зарубежных странах и себестоимость их очень дорогая.

Чтобы не допускать снижения производительности жерновов, рекомендуется периодически проводить насечку (ковку). Чем тверже и однороднее рабочая поверхность камня, тем реже требуется его ковать. При размоле сухого зерна шероховатость рабочих поверхностей сохраняется лучше, а влажное зерно быстро забивает поры острошероховатых камней и они перестают размалывать зерно, а начинают его плющить. В этих случаях необходимо ковать камни.

Таким образом при выборе мельничных жерновов преимуществами обладают камни горных пород, которые после соответствующей обработки обеспечивают необходимые свойства присущие к жерновам: твердость, вязкость, пористость, однородность и прочность. При изготовлении жерновов из камня горных пород необходимо строго соблюдать технологию: при вращении бегуна точки пересечения бороздок верхнего и нижнего камней (жерновов) должны перемещаться по направлению от центра к наружной окружности; направление бороздок обоих жерновов должны быть таким, чтобы при любом повороте бегуна каждая его бороздки пересекалась с бороздкой лежняка только в одной точки; крутая стенка бороздки при работе жернова должна идти впереди по направлению вращения бегуна, отлогая позади.

Только при строгом соблюдении данной технологии изготовления мельничных жерновов из камней горных пород можно обеспечить максимальную производительность мельницы и качество продукции.

Чтобы обеспечить устойчивую производительность необходимо периодически проводить насечку (ковку) жерновов с помощью специальных инструментов. В вопросе обеспечения устойчивой производительности мельницы немаловажное значение имеет подготовка зерно к измельчению, то есть влажность и спелость зерна.

3.3. Обоснование выбора вентилятора (компрессора) для аспирации жерновов

Критерием качества аспирации жерновов принимаем специальный коэффициент ε характеризующий концентрацию подаваемого количество воздуха в рабочую зону жерновов для их охлаждения и своевременного удаления измельченных частиц зерна из зоны. В общем виде коэффициент ε имеет следующий вид:

$$\varepsilon = \frac{Q_{из}}{Q_{в}}, \quad (3.1)$$

где $Q_{из}$ - количество выделяемого измельченного зерна, кг/с;

$Q_{в}$ - количество воздуха, подаваемого в рабочую зону жерновов, кг/с.

Количество выделяемого измельчаемого зерна $Q_{из}$ в процессе аспирации жерновов зависит от скорости движения частиц измельченного зерна в рабочей зоне жерновов и от количества частиц в 1 м^3 воздуха, то есть:

$$Q_{из} = G_{из} \cdot V_{из} \cdot F, \quad (3.2)$$

где $G_{из}$ - количество частиц 1 м^3 воздуха, кг/м³;

V_{uz} - скорость движения частиц измельченного зерна в рабочей зоне, м/с;

F - площадь поперечного сечения воздуховода, м².

Теоретически можно принимать, что в процессе аспирации измельченные частицы зерна находятся друг от друга на одинаковом расстоянии ℓ_{uz} во всех направлениях. С учетом данной теоретической предпосылки можно считать, что 1 м³ воздух содержит $1/\ell_{uz}^3$ частиц. Поскольку расстояние между частицами измельченного зерна в рабочей зоне ничтожно малы ($\ell_{uz} \approx 0$), то можно принимать $G_{uz} \approx \rho_{uz}$ (где ρ_{uz} - плотность измельченного зерна). Тогда формула (2.2) примет следующий вид:

$$Q_{uz} = \rho_{uz} \cdot V_{uz} \cdot F = W_n, \quad (3.3)$$

где W_n - производительность жерновой мельницы с аспирацией, кг/с.

В свою очередь, количество воздуха, подаваемого в рабочую зону жерновов Q_g зависит от скорости воздуха в воздуховоде вентилятора:

$$Q_g = \rho_g \cdot V_g \cdot F, \quad (3.4)$$

где ρ_g - плотность воздуха, кг/м³;

V_g - скорость воздуха в воздуховоде вентилятора, м/с;

Отсюда коэффициент характеризующий критерий качества аспирации жерновов мельницы имеет вид:

$$\varepsilon = \frac{\rho_{uz} \cdot V_{uz}}{\rho_g \cdot V_g}. \quad (3.5)$$

Таким образом критерий качества аспирации жерновов мельницы ε это отношение параметров измельченного зерна (ρ_{uz}, V_{uz}) к параметрам продуваемого воздуха (ρ_g, V_g).

Данное выражение (3.5) позволяет определить скорость частиц измельченного зерна V_{uz} и скорость воздуха V_6 для аспирации жерновов и своевременного удаления измельченных частиц из рабочей зоны жерновов:

$$V_{uz} = \frac{\varepsilon \cdot \rho_6 \cdot V_6}{\rho_{uz}}, \quad V_6 = \frac{\rho_{uz} \cdot V_{uz}}{\varepsilon \cdot \rho_6}. \quad (3.6)$$

Анализ зависимости (3.6) показывает, что изменение скорости V_{uz} по времени t зависит от скорости воздуха V_6 , коэффициента ε и плотности измельченного зерна ρ_{uz} . При этом зависимости $V_{uz} = f(V_6)$ и $V_{uz} = f(\varepsilon)$ имеют прямую пропорциональности, а зависимость $V_{uz} = f(\rho_{uz})$ обратную пропорциональность, то есть с ростом плотности измельченного зерна скорость V_{uz} уменьшается, что требует увеличение скорости V_6 .

Для определения оптимальной скорости воздуха V_6^{opt} в воздуховоде вентилятора с определенным сечением F , принимаем $V_{uz} = V_{uz}^{np}$ (где V_{uz}^{np} - предельная скорость частиц измельченного зерна в рабочей зоне жерновов, м/с) Тогда

$$V_6^{opt} = \frac{\rho_{uz}^{opt} \cdot V_{uz}^{opt}}{\varepsilon \cdot \rho_6}. \quad (3.7)$$

При вращении лопасть колеса вентилятора сообщает абсолютную скорость V_a частице воздуха, под углом β по отношению к радиусу - вектору r (OA). Создаваемый вентилятором напор воздуха H_6 выражается уравнением Эйлера [102]:

$$H_6 = \frac{N_m}{Q} = \rho_6 (U_2 V_{\tau 2} - U_1 V_{\tau 1}), \quad (3.8)$$

где N_m - приобретенная энергия воздуха под действием лопаток вентилятора, $H \cdot м/с$;

Q - расход воздуха, $м^3/с$;

U_1, U_2 - окружные скорости точек соответственно начало и конца лопасти, м/с;

$V_{\tau 1}, V_{\tau 2}$ - проекции абсолютной скорости частиц воздуха по направлению, перпендикулярной радиус-вектору, м/с.

Для вывода основных соотношений параметров работы вентилятора рассмотрим схему криволинейной лопасти с радиусами r_1 на входе и r_2 на выходе (рисунок 3.11)

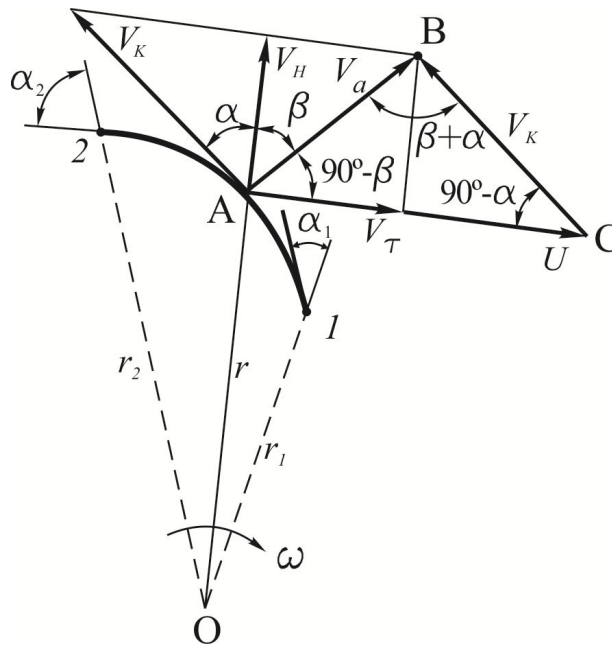


Рисунок 3.11 - Схема для вывода основных соотношений параметров работы вентилятора

Поскольку напор определяемый по уравнению (3.8) теоретический, то есть $H_g = H_m$, заменим проекции скорости $V_{\tau 1}$ и $V_{\tau 2}$ на окружные скорости U_1 и U_2 :

для точки A имеем,

$$V_{\tau} = U - V_k \sin \alpha = U \left(1 - \frac{V_k}{U} \sin \alpha\right), \quad (3.9)$$

из треугольника ABC имеем,

$$\frac{V_k}{U} = \frac{\cos \beta}{\sin(\alpha + \beta)}$$

представляя значение V_k в выражение (3.9), получим,

$$V_\tau = U \left[1 - \frac{\sin\alpha \cdot \cos\beta}{\sin(\alpha+\beta)} \right] \text{ или } V_\tau = U \frac{\sin\beta \cdot \cos\alpha}{\sin(\alpha+\beta)} \quad (3.10)$$

По аналогии для точек 1 и 2 (соответственно начала и конца лопасти) имеем:

$$V_{\tau 1} = U_1 \frac{\sin\beta_1 \cdot \cos\alpha_1}{\sin(\alpha_1+\beta_1)}, \quad V_{\tau 2} = U_2 \frac{\sin\beta_2 \cdot \cos\alpha_2}{\sin(\alpha_2+\beta_2)}. \quad (3.11)$$

Подставляя значение (3.11) в уравнение (3.8), получим:

$$H_T = \rho_B \left[U_2^2 \frac{\sin\beta_2 \cdot \cos\alpha_2}{\sin(\alpha_2+\beta_2)} - U_1^2 \frac{\sin\beta_1 \cdot \cos\alpha_1}{\sin(\alpha_1+\beta_1)} \right]. \quad (2.12)$$

Чтобы получить расчетную формулу напора заменим U_1 на ωr_1 и U_2 на ωr_2 (где $\omega = \frac{\pi n}{30}$ угловая скорость лопасти) и производим соответствующие математические преобразования:

$$\frac{H_T}{\rho_B n^2 r_2^2} = \frac{\pi^2}{900} \left[\frac{\sin\beta_2 \cdot \cos\alpha_2}{\sin(\alpha_2+\beta_2)} - \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 \frac{\sin\beta_1 \cdot \cos\alpha_1}{\sin(\alpha_1+\beta_1)} \right]. \quad (3.13)$$

Правая часть уравнения (3.13) в основном содержит конструктивные параметры вентилятора и как правило, выбранный вентилятор имеет постоянные размеры.

Исходя из этого получим:

$$\frac{H_T}{\rho_B n^2 r_2^2} = A - const \text{ или } H_T = A(\rho_B n^2 r_2^2), \frac{H}{M^2} \quad (3.14)$$

Таким образом напор H_T создаваемый вентилятором, изменяется пропорционально квадрату частоты выражения лопастного колеса n^2 .

Для определения следующего соотношения параметров работы вентилятора рассмотрим условия непрерывности аспирации жерновов в процессе работы мини-мельницы. Соблюдение данного условия осуществляется при непрерывности воздушной струи:

$$Q = 2\pi r_2 \cdot B \cdot V_{H_2}, \quad (3.15)$$

где V_{H_2} - проекция абсолютной скорости воздуха при сходе с лопасти на направление радиуса, м/с;

B - ширина лопасти, м.

Используя графические методы скорость V_{H_2} представим выражением:

$$V_{H_2} = \frac{V_{\tau_2}}{\operatorname{tg}\beta_2} = \frac{U_2 \cos\alpha_2 \cdot \cos\beta_2}{\operatorname{Sin}(\alpha_2 + \beta_2)} \quad (3.16)$$

Произведя аналогичные замены U_2 на ωr_2 имеем:

$$\frac{Q}{Br_2^2 \cdot n} = \frac{2\pi^2}{30} \cdot \frac{\cos\alpha_2 \cdot \cos\beta_2}{\operatorname{Sin}(\alpha_2 + \beta_2)} \quad (3.17)$$

Аналогично, правая часть уравнения (3.16) постоянно, тогда

$$\frac{Q}{Br_2^2 \cdot n} = B - \operatorname{const} \text{ или } Q = B(Br_2^2 \cdot n), \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \quad (3.18)$$

Таким образом расход воздуха Q пропорционален частоте вращения n лопастного колеса.

Следующее соотношение параметров работы вентилятора связана с энергией N_T которая приобретает воздух. Из уравнения (3.8) находим:

$$N_T = H_T \cdot Q, \quad (3.19)$$

Подставляя значения H_T и Q из уравнений (3.14) и (3.18) соответственно в уравнение (3.19) имеем:

$$N_T = \frac{H_T}{\rho_B n^2 r_2^2} \cdot \frac{Q}{Br_2^2 \cdot n} = \frac{H_T \cdot Q}{\rho_B Br_2^4 \cdot n^3} = A \cdot B - const \quad (3.20)$$

Таким образом энергия приобретенная воздухом, изменяется пропорционально кубу частоты вращения вала вентилятора.

Для построение характеристики центробежного вентилятора применены компьютерная программа из класса систем автоматизированного проектирования MathCad и прикладная программа для решения задач технических вычислений Matlab [103, 104, 105, 106, 107, 108].

Вид математической модели вентилятора представлена графическим способом и отражает следующие результаты моделирования: зависимость полного напора H , мощность N , коэффициент полезного действия η и коэффициент ε от расхода воздуха Q .

На рисунке 3.12 приведены механические характеристики вентилятора.

При построении механической характеристики использованы следующие расчетные формулы, экспериментальные даны и технические паспортные данные вентилятора.

1. Расход воздуха Q_B ,

$$Q_B = \rho_B \cdot V_B \cdot F$$

где $\rho_B = 1,2 \text{ кг/м}^3$ при $t_B=20^\circ\text{C}$, $P_0=10,3 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$ [109]

2. Скорость воздушного потока,

$$V_B = \sqrt{\frac{2}{\rho_B} h_g} ;$$

при $\rho_B = 1,2 \text{ кг/м}^3$, $V_B = 1,28\sqrt{h_g}$

где h_g динамический напор, Н/м^2

3. Значения полного H и динамического h_g напора по данным экспериментов представлены в таблицах 3.4; 3.5; Замеры произведены микроманометром при разных расходах воздуха

4. Значение мощности вентилятора N , рассчитанные по формуле (3.19) представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4. - Рассчитанные значения мощности N

Диаметр воздуховода мм	Площадь выходного отверстия канала вентилятора (F), м^2	Расход воздуха (Q_B), $\text{м}^3/\text{с}$	Полный напор (H), Н/м^2	Мощность N кВт
10	0,0000785	0,0412	173942,46	13,01
15	0,0001766	0,0412	34359,01	2,57
20	0,0003140	0,0412	10871,40	0,81
25	0,0004906	0,0412	4452,93	0,33
30	0,0007065	0,0412	2147,44	0,16
35	0,0009616	0,0412	1159,13	0,08
10	0,0000785	0,09	84775,75	136,00
15	0,0001766	0,09	16745,83	26,86
20	0,0003140	0,09	5298,48	8,50
25	0,0004906	0,09	2170,26	3,48
30	0,0007065	0,09	1046,61	1,67
35	0,0009616	0,09	564,94	0,90

5. Значения коэффициента полезного действия вентилятора η , рассчитанные по формуле

$$\eta = 10^{-3} \frac{Q_B \cdot H}{\rho_B \cdot N} \quad (3.21)$$

представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5. Рассчитанные значение коэффициента полезного действия η

Расход воздуха (Q_B), m^3/c	Полный напор (H), H/m^2	Мощность N , $кВт$	Коэффициента полезного действия η
0,0412	173942,46	13,01	0,46
0,0412	34359,01	2,57	0,46
0,0412	10871,40	0,81	0,46
0,0412	4452,93	0,33	0,46
0,0412	2147,44	0,16	0,46
0,0412	1159,13	0,09	0,46
0,09	84775,75	136,0	0,46
0,09	16745,83	26,86	0,46
0,09	5298,48	8,5	0,46
0,09	2170,26	3,48	0,46
0,09	1046,61	1,68	0,46
0,09	564,94	0,91	0,46

6. Значения коэффициента ε , рассчитанные по формуле (3.1) с учетом формулы (3.3) занесены в таблицу 3.6.

Таблица 3.6. - Рассчитанные значения коэффициента ε

Расход воздуха (Q_B), m^3/c	Производительность мини - мельниц (W), $кг/с$	Коэффициент ε
0,0412	0,0005	9,0
0,0412	0,0012	20,1
0,0412	0,0021	35,8
0,0412	0,0032	55,9
0,0412	0,0046	80,6
0,0412	0,0063	109,6
0,09	0,0005	4,1
0,09	0,0012	9,2
0,09	0,0021	16,4
0,09	0,0032	25,6
0,09	0,0046	36,8
0,09	0,0063	50,2

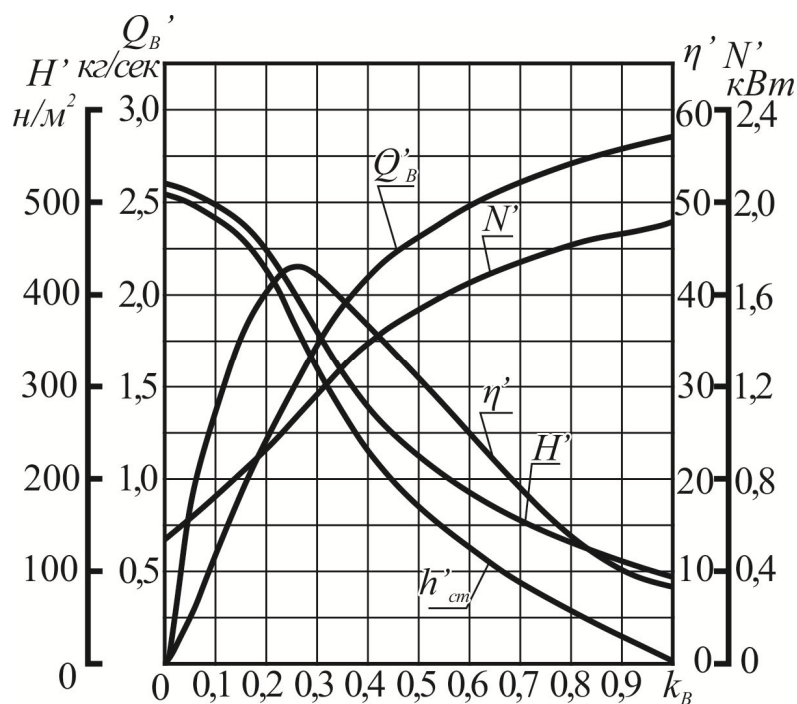


Рисунок 3.12 - Механические характеристики вентилятора

Из рисунка 3.12 следует, что с увеличением расхода воздуха Q_B для аспирации жерновов мини-мельницы потребная мощность N так же увеличивается. В начальный момент работы вентилятора потребуется максимальный напор H , так как в это время электродвигатель вентилятора работает на пусковом режиме, когда пусковой ток доходить до максимального значения. Данная характеристика показывает, что максимальное значение коэффициента полезного действия вентилятора соответствует расходу воздуха в пределах $Q_B=0,0412\text{м}^3/\text{с}$.

Качественная характеристика вентилятора показана на рисунке 3.13, где приведена зависимость $\varepsilon = f(B_k)$.

В соответствии с зависимостью $\varepsilon = f(B_k)$ качественная характеристика вентилятора оценивается равномерностью воздушного потока по сечению выходного отверстия вентилятора B_k (м).

Из графика (рисунок 3.13) видно, что чем больше выходного отверстия вентилятора B_k качественная характеристика вентилятора увеличивается.

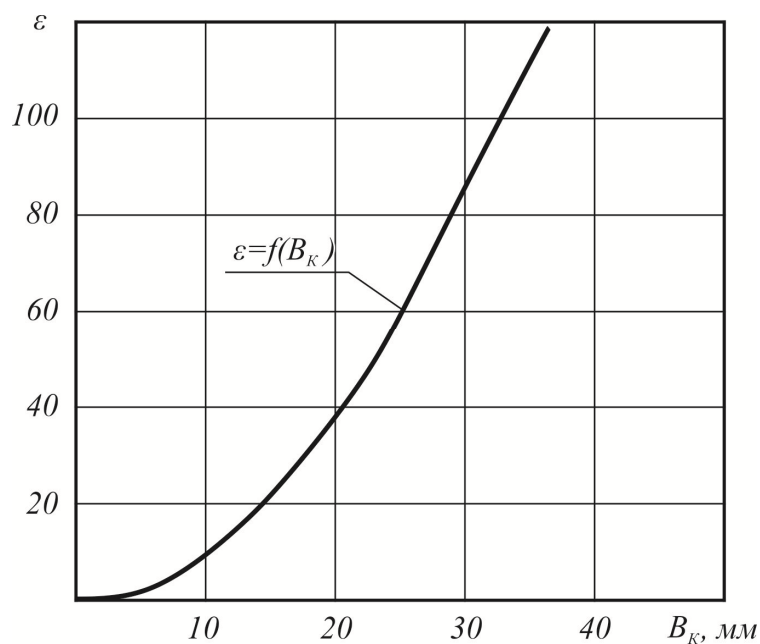


Рисунок 3.13. Качественная характеристика вентилятора

3.4. Обоснование параметров шнекового механизма жерновой мини-мельницы

Шнековые механизмы благодаря простоте конструкции и надежности в работе получили широкое применение в качестве транспортирующих устройств в различных отраслях в частности сельском хозяйстве.

Процесс транспортирования сыпучих материалов (зерна) винтовой поверхностью шнека состоит в непрерывном воздействии этой поверхности на перемещаемые частицы.

Для ММП-150/50 более подходят быстроходные транспортеры (рисунок 3.14). В быстроходных транспортерах соответственно при $\omega > \omega_k$ (угловая скорость винта ω , больше критической ω_k) и $m\omega^2 R f_2 > mg$ (сила тяжести меньше чем сила трения в кожухе) [110, с.149; 111] продукт под действием центробежных сил, концентрично располагается на поверхности кожуха, а частица А описывает траекторию в виде винтовой спирали с шагом S_m , которая меньше шага $S_{ш}$. В действительности траектория движения частицы А - сложнее, вследствие неоднородности частиц массы груза, и следствии перемешивания и неравномерности подачи продукта [112].

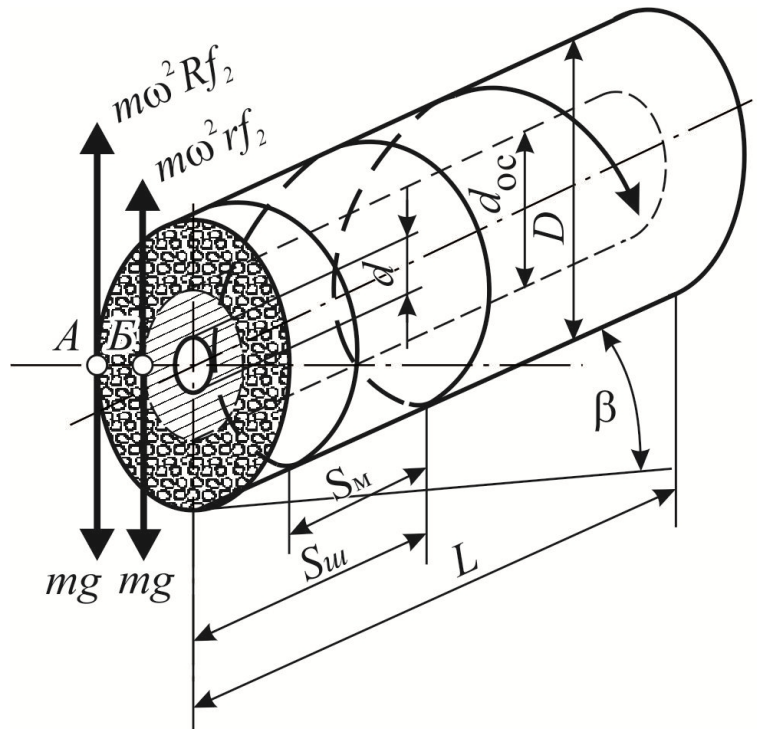


Рисунок 3.14 - Расчетная схема быстроходного шнекового механизма

Работа шнекового механизма состоит из трех основных и согласованных между собой процессов: неразрывно связанных загрузкой, транспортировкой и разгрузкой. Следовательно при обосновании и выбора параметров шнека, требуется обеспечение их рационального соотношения устройств: загрузки Q_3 , транспортирования Q_m и разгрузки Q_p [110].

Повышаются расход энергии шнекового механизма при $Q_3 > Q_m > Q_p$, за счет истирания и дробления продукта, что может привести к забиванию шнека; при условии $Q_3 < Q_m < Q_p$ обеспечивается работоспособность транспортера в следствии выполнения основных требований, т.е. производительность шнека $Q = Q_3$. Конструкция элементов шнека и схема ее работы оказывают существенное влияние на производительность шнека [110, с.147; 111].

Существуют разные методы технологических расчетов шнекового механизма. Рассмотрены различные винтовые конвейеры и их использование в разных отраслях сельского хозяйства [112, с.101; 113, с.266; 114, с.351; 115,

с.264]. Однако в данных расчетах рассматриваются только широко используемые стандартные винтовые конвейеры.

В сельскохозяйственном машиностроении в соответствии ГОСТ 2705-73 «Шнеки для сельскохозяйственных машин» изготавливаются транспортные шнеки, с холодной прокаткой ленты или полосы сталей шириной до 100мм, спирали шнека имеют наружный диаметр 60...320 мм и внутренний 20...121 мм. Конструкция шнека (рисунок 3.15) имеет вал-трубу 1, к которой приваривается рабочий элемент - спираль 2 [116, с. 5].

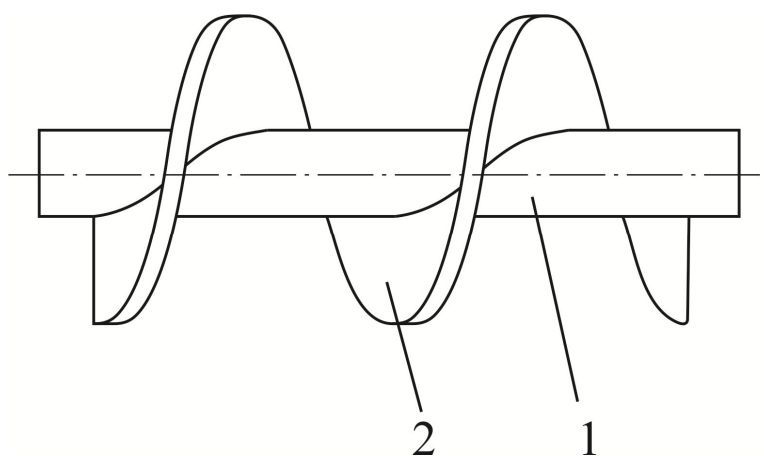


Рисунок 3.15 - Конструкция шнека

1 - вал - труба, 2 - спираль.

Особенности шнекового механизма используемого в мини-мельнице ММП-150/50 заключается в том, что габаритные размеры значительно меньше, чем у стандартных шнековых механизмов, место спирального элемента на цилиндрической поверхности высечена спиралевидная канавка.

Образование винтовой линии на поверхности прямого кругового цилиндра можно представить следующим образом. Точка М движется по поверхности цилиндра, совершая одновременно два различных движения: первое - равномерно-поступательное вдоль образующих цилиндра, второе - равномерно-вращательное (рисунок 3.16).

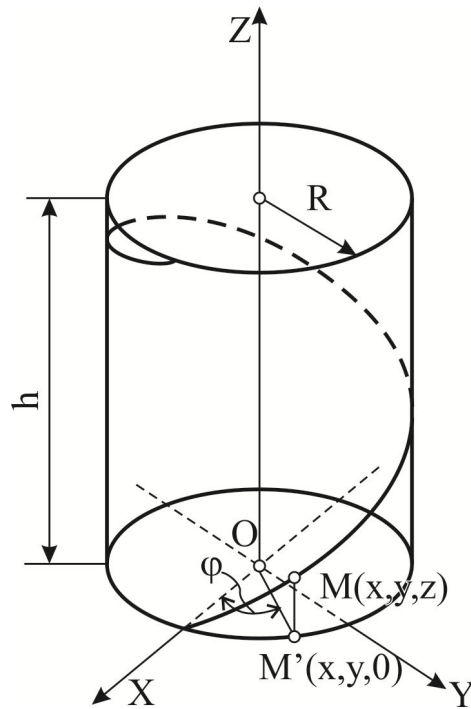


Рисунок 3.16 - Схема движения зерна по цилиндрической винтовой линии.

Винтовая линия шнека является пространственной кривой. Траекторию транспортируемого зерна по цилиндрической поверхности шнека можно описать параметрическим уравнением в следующем виде [113, 114, 117]:

$$\begin{cases} X = R\cos\varphi; \\ Y = R\sin\varphi; \\ Z = R\varphi\tg\alpha. \end{cases} \quad (2.21)$$

где X, Y, Z - координаты точек винтовой линии;

R - расстояние от оси Z до точек (радиус) винтовой линии;

φ - угол поворота точек по отношению к ее первоначальному положению;

α - угол подъема винтовой линии.

Поскольку U_z является функцией Z , то есть $U_z = f_1(Z)$, то угол подъема винтовой линии α также будет функцией координаты Z (рисунок 3.16), тогда

$$\alpha = f_2(Z). \quad (3.22)$$

Следовательно, координата Z винтовой линии, является функцией круговой координаты φ . Поэтому

$$Z = f_3(\varphi). \quad (3.23)$$

С учетом (3.22) и (3.23) уравнение винтовой линии (3.21) имеет вид:

$$\begin{cases} X = R \cos \varphi; \\ Y = R \sin \varphi; \\ Z = R \varphi \operatorname{tg}\{f_2[f_3(\varphi)]\} \end{cases} \quad (3.24)$$

где f_2, f_3 - коэффициенты трения зерна о кожу и шнек, соответственно.

Путь зерна, проходимый по заданной траектории винтовой линии, определяется известным соотношением [113, 114, 117]:

$$S = \int_0^{\varphi_k} \sqrt{\left(\frac{dx}{d\varphi}\right)^2 + \left(\frac{dy}{d\varphi}\right)^2 + \left(\frac{dz}{d\varphi}\right)^2} \cdot d\varphi. \quad (3.25)$$

Дифференцировав уравнение винтовой линии (2.24) получим;

$$\begin{aligned} \frac{dx}{d\varphi} &= -R \sin \varphi \\ \frac{dy}{d\varphi} &= R \cos \varphi \\ \frac{dz}{d\varphi} &= R \operatorname{tg}\{f_2[f_3(\varphi)]\} + R \varphi \frac{d}{d\varphi} \operatorname{tg}\{f_2[f_3(\varphi)]\} \end{aligned} \quad (3.26)$$

Время пребывания зерна в кожухе

$$t = \int_0^{S_{max}} \frac{ds}{V_{3.т}} + c; \quad (3.27)$$

где c - постоянная интегрирования, определяемая из условия $t=0; S=0$;

$V_{3.т}$ - скорость зерна транспортируемая в шнековом механизме, м/с.

Скорость зерна транспортируемая в шнековом механизме определяется по известной формуле [113, 114, 117]:

$$V_{з.т} = \sqrt{V_z^2 + V_y^2} = \frac{ds}{dt}, \quad (3.28)$$

где $V_{з.т}$, V_z , V_y - соответственно скорость зерна в зоне транспортировки, скорости зерна в вертикальном и горизонтальном направлениях;

S - путь зерна, проходимый по заданной траектории винтовой линии.

Следует отметить, что при определении величины скорости $V_{з.т}$ перемещения транспортируемого материала вдоль винтовой оси необходимо учитывать шаг винтовой линии $S_{ш}$, зависимость угол подъема винтовой линии α от радиуса R (рисунок 3.17) и коэффициент трения поверхности о материал (зерно).

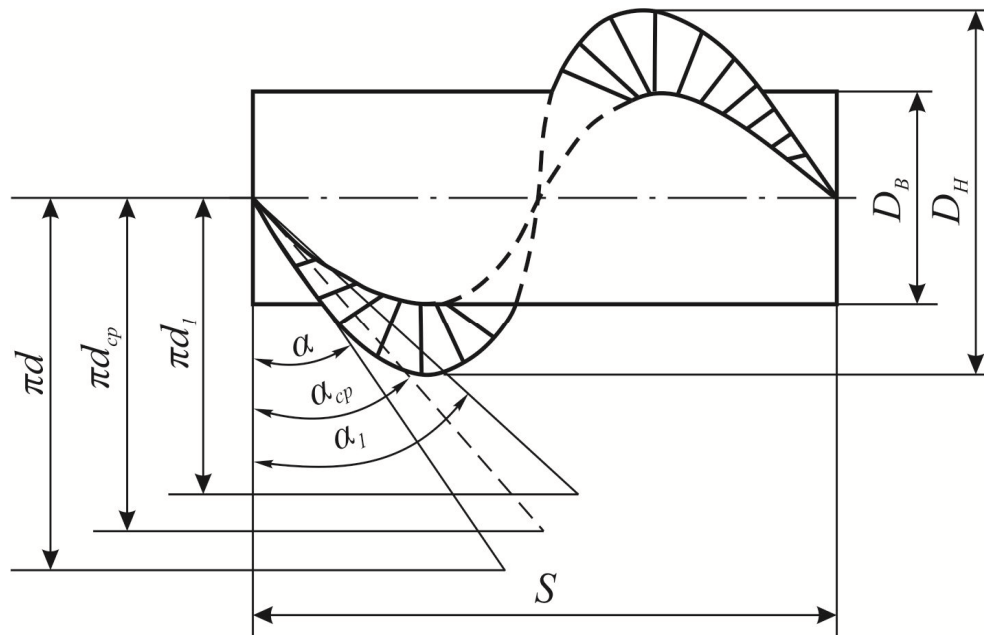


Рисунок 3.17 - Зависимость угла подъема α и радиуса винтовой линии R

Технологический расчет шнекового механизма включает определение основных конструктивных параметров и величины потребной мощности. В

данном случае методика расчета шнекового механизма осуществляется при известной производительности мини-мельницы ММП-150/50.

Поперечное сечение камеры шнека (кожуха) длиной L с шагом шнека $S_{ш}$ определяется зависимостью:

$$F_{ш} = \frac{\pi(D^2 - d_B^2)}{4}, \quad (3.29)$$

где D - диаметр шнека, м (мини-мельнице ММП-150/50 транспортирующим органом является винтовая цилиндр, помещенная в кожух, $D = D_{п}$);

d_B - диаметр вала шнека, м (сердечником винтового цилиндра является вал жернов, $d_B = d_{ш}$).

Масса зерна $M_з$ которая пройдет за 1 секунду через сечение $F_{ш}$ составляет:

$$M_з = \frac{\pi(D_{п}^2 - d_B^2)}{4} S \rho_з \frac{\omega}{2\pi}, \quad (3.30)$$

где $\rho_з$ - плотность зерна, кг/м³;

ω - угловая скорость, рад/с.

Тогда производительность шнека определяется по формуле:

$$Q_{ш} = M \cdot \varphi_з, \quad (3.31)$$

или

$$Q_{ш} = 0,125(D_{п}^2 - d_B^2) S \rho_з \omega \varphi_з = 0,013(D_{п}^2 - d_B^2) S \rho_з n \varphi_з \quad (3.32)$$

где $\varphi_з$ - коэффициент заполнения рабочего пространства шнека зерном.

Величину шага определяют по формуле:

$$S = \pi D_{\text{п}} t g \alpha, \quad (3.33)$$

где α - угол подъема винтовой линии шнека мини-мельницы ($\alpha = 7^\circ$)

Длина шнека определяется с учетом время подачи зерна в жернова:

$$L = S \tau_3 \frac{\omega}{2\pi}, \quad (3.34)$$

где τ_3 - время подачи зерна, с;

мощность, необходимая для привода шнека:

$$N = 9,81 Q_{\text{ш}} \cdot L f_2 f_3 \frac{1}{\eta}, \quad (3.34)$$

где η - коэффициент полезного действия привода мини мельницы

f_2, f_3 - коэффициент трения зерна о кожух и шнек, соответственно.

Построение характеристик шнекового механизма выполнено в среде Matlab (Simulink) с учетом известных параметров экспериментальной мини-мельницы ММП-150/50.

Принципиальная схема шнекового механизма мини-мельницы ММП-150/50 показано на рисунок 3.18.

Транспортирующим органом мини-мельницы ММП-150/50 является помещенный в кожух 3 винтовой цилиндрический шнек 2.

Вал жернова выступает для винтового механизма в качестве сердечника. В бункер 4 загружается сыпучий пищевой продукт (зерно) и поступает самотеком приемную часть шнека, который транспортируется шнеком при его вращении, тем самым перемещает материал в кожухе.

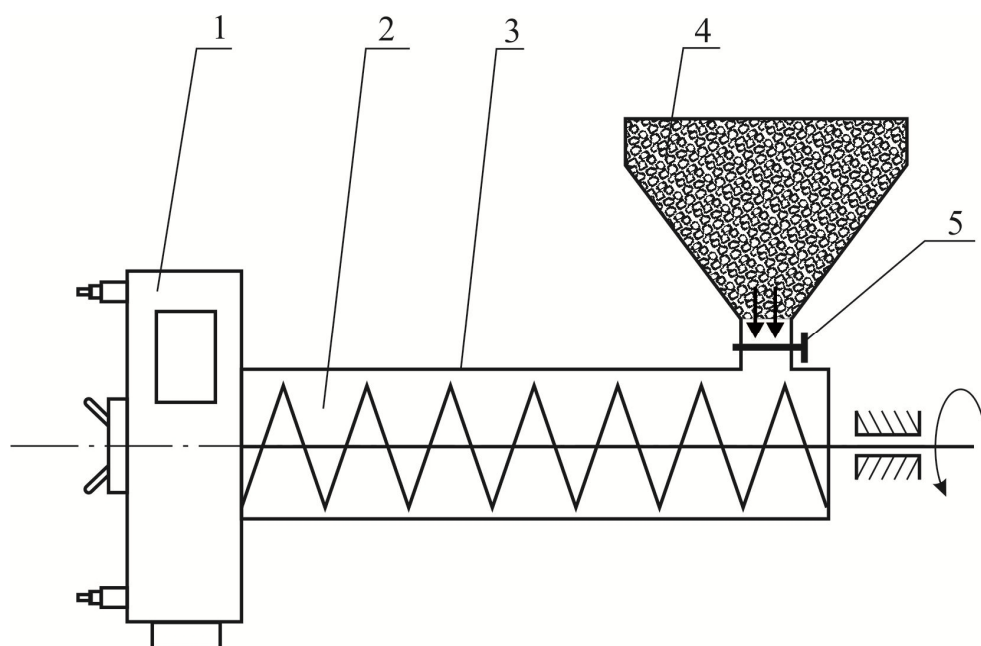


Рисунок 3.18 - Схема шнекового механизма мини-мельницы ММП-150/50
 1 - рабочий орган, 2 - винтовой цилиндрический шнек, 3 – кожух, 4 – бункер, 5 - заслонка.

К основным параметрам шнекового механизма следует отнести: рабочий диаметр кожуха $D_k=80\text{мм}$, длина шнека L , наружный диаметр $d_n=66\text{мм}$, внутренний диаметр d_b , диаметр винтовой канавки $d_{\text{п}}$, угол подъема $\alpha_{\text{ср}}$, шаг витков S (рисунок 3.19) [118].

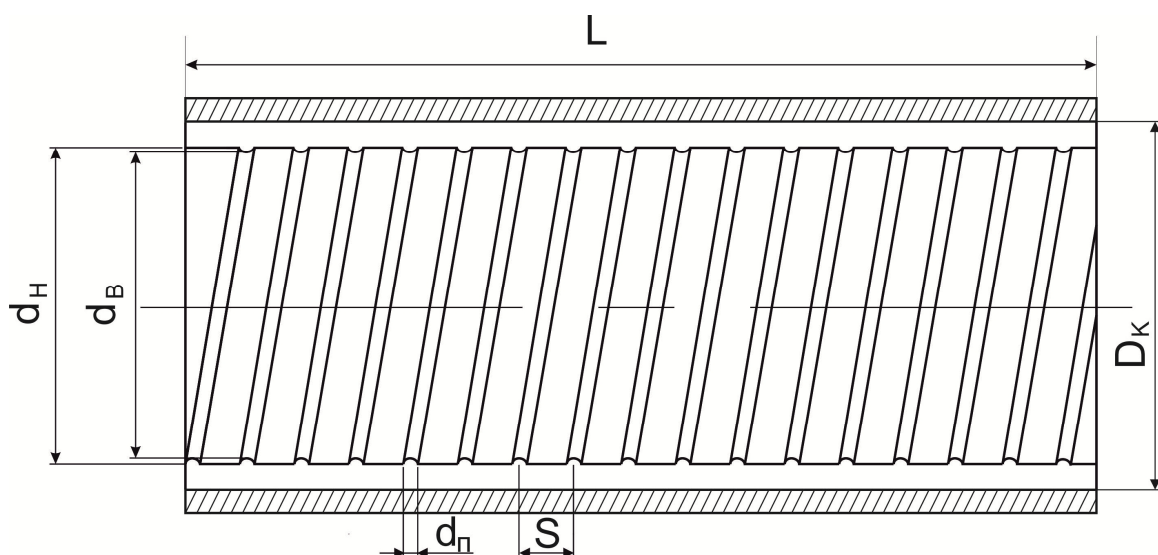


Рисунок 3. 19 - Основные параметры винтового цилиндрического шнека
 мини-мельницы ММП-150/50

При расчете параметров шнекового механизма необходимо учитывать также физико-механические свойства перемещаемого материала: материал-пшеница, плотность $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$ [110, с.5], коэффициент трения пшеницы о кожухе $f_2 = 0,5$ [110, с.8]; длина пути транспортирования $L = 190 \text{ мм}$. Производительность станка 150 кг/час , частота оборотов шнекового вала $n = 417 \text{ об/мин}$ [100, с.165].

В первом эксперименте использована цилиндрическая винтовая пружина. В качестве материала пружины принимали проволоку второго класса со следующими параметрами: проволока П-6,00 ГОСТ 9389-75; $\sigma_{\text{вр}} = 135 \dots 160 \text{ кгс/мм}^2$ [119, с.8], диаметр сердечника (вала) $D_c = D_{\text{вн}}$ т.е. $D_{\text{вн}}$, шаг винтовой линии пружины $S = \pi \cdot D_n \cdot \text{tg}\alpha = \pi \cdot 60 \cdot \text{tg}7^\circ 5' = 23,132 \text{ мм}$, принимаем $S = 24 \text{ мм}$, угол подъема винтовой линии пружины α .

В данном эксперименте проверено следующее соотношение $Q_z > Q_m > Q_p$ [110, с. 147] загрузочный производительность Q_z больше чем транспортирующего Q_m а транспортирующий больше разгрузочного Q_p , то есть повышался расход энергии, зерно истиралась, забивался транспортер, а рабочий орган не успевал перерабатывать сырье. Здесь видно, что жерновая мельница, с диаметром жерновов 400 мм при обороте 417 об/мин не обеспечивает функциональное назначение.

Применение винтового цилиндрического шнека (рисунок 3.19) устраняет вышеуказанные недостатки винтового механизма. Особенности данного шнека следующая: к цилиндру диаметром $d_n=66 \text{ мм}$ высекаются спирально образный паз диаметром $d_{\text{п}}=3 \text{ мм}$ шагом $S=11 \text{ мм}$. В этом быстроходном винтовом механизме зерно транспортируется под действием центробежных сил.

Кроме того, конструкция винтового механизма позволяет использовать регулятор подачи зерна (рисунки. 3.20., 3,21.).

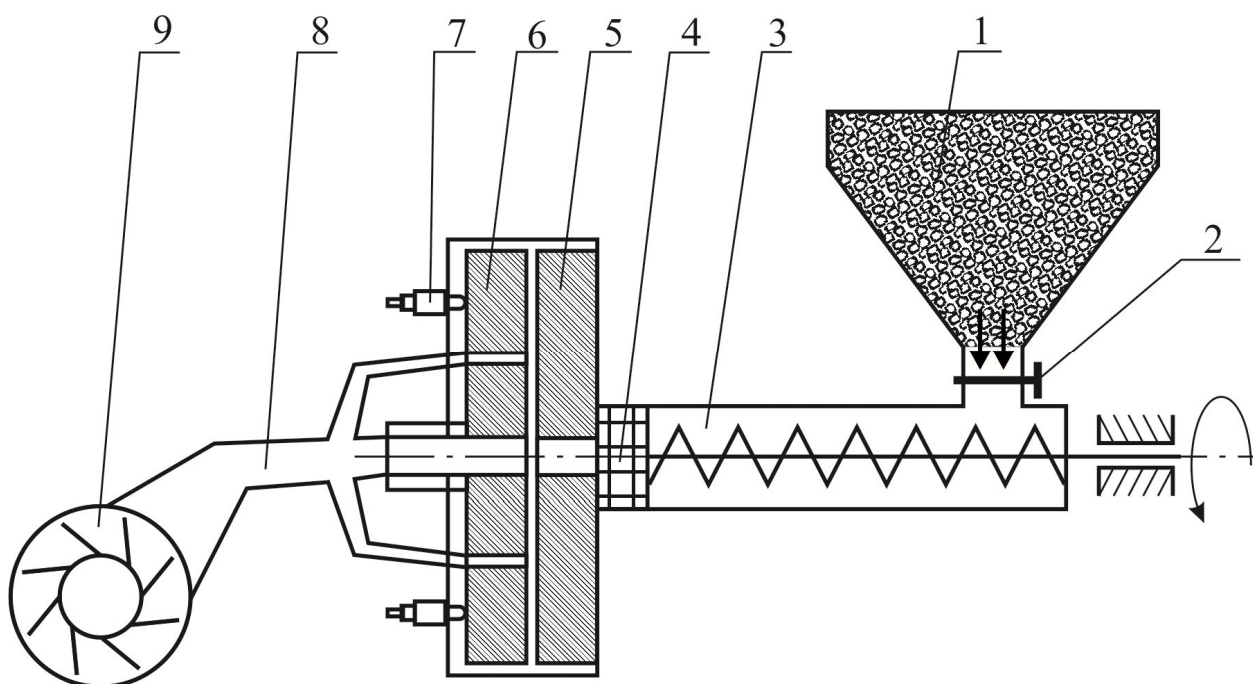


Рисунок 3.20 - Кинематическая схема мини-мельницы с регулятором подачи зерна
 1 - бункер, 2 - заслонка, 3-шнек, 4 - регулятор подачи зерно, 5 - подвижный жернов, 6 - неподвижный жернов, 7 - прижимной механизм, 8 - воздуховод, 9-вентилятор.



Рисунок 3.21 - Регулятор подачи зерна

Расчетные параметры шнекового механизма для построения графической зависимости производительность шнека от частоты вращения сведены в таблице 3.7.

Таблица 3.7. - Расчетные значения производительности шнека

Диаметр винтовой пружины (шнека) D_n м	Диаметр вала шнека $d_в$, м	Шаг шнека S , м	Частота вращения n , об/мин	Производительность шнека $Q_{ш}$, кг/с
0,066	0,063	0,011	100	0,034
			200	0,040
			300	0,044
			400	0,048
			500	0,053
			600	0,057
			700	0,062

Зависимость $Q_{ш} = f(n)$ показано на рисунке 3.22

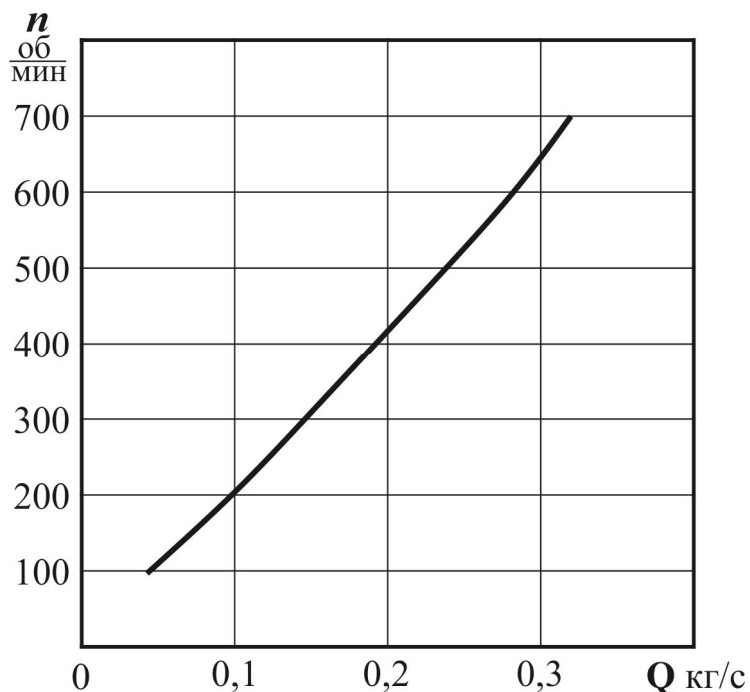


Рисунок 3.22 - Зависимость производительности шнека от частоты вращения

$$(Q_{ш} = f(n))$$

Выводы по главе 3

1) Как показывает, проведенные нами экспериментально-теоретические исследования, при постоянных S и f величина осевой скорости зависит только от угла α .

2) Анализ процесса перемещения пшеницы, заключенных в кожухе винтовой поверхностью шнека, дает возможность сделать вывод, что чем больше угол α , тем ближе рассматриваемая винтовая линия шнекового механизма к оси винта и тем меньше транспортирующая способность винтовой поверхности.

3) В целях изучения влияния бокового зазора на работу шнекового механизма были проведены опыты при различных значениях этого зазора, что достигалось путем использования в качестве шнекового механизма шнеков различного диаметра при одних и тех же размерах шнекового вала.

4) Как известно, из других специальных литератур, при транспортировании зерна необходимо считаться с его дроблением. Если подходить с их позиций, то боковой зазор должен втрое превышать среднюю толщину зерен. Но, в нашем анализе, влиянием бокового зазора на транспортируемую массу пренебрегли. Поскольку, материал транспортируется на измельчение. Наблюдения за процессом движения пшеницы под действием винта показали, что транспортируемая шнеком масса движется и в зазоре, точнее в области, находящейся вне активного воздействия винта.

ГЛАВА 4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Определение экономической эффективности от внедрения жерновой мини-мельницы в фермерского хозяйства.

Расчет экономической эффективности выполнены на примере малых и средних фермерских хозяйств Кыргызской Республики. По данным министерство сельского хозяйства Кыргызской Республики существует 439602 фермерских хозяйств в республике. Средне статистическое данные крестьянское хозяйство имеет 10 коров, 50 овец и 60 кур [120].

Для определение экономической эффективности жерновой мини мельницы прежде всего необходимо определить среднюю потребность кормов, именно дерть ячменя для животных и пшеницы для птиц.

Таблица 4.1.- Расход дерть ячменя на корм животных

Показатели	на 1 голову в сутки, кг	на весь период, ц
Коровы	3	159,9
Коровы сухостойные	1,5	21,5
Нетели	1	10,4
Телки 1 год	1,5	2,0
Телки 6 месяцев	1,0	32,5
Телки 1,5 месяцев	1,5	41,0
Быки производители	2,5	16,3
Бычки 6 месяцев	1	11,7
Бычки 1,5 месяцев	1,5	42,9
Бараны производители	1	
Требуется итого:		338,2

Данные таблицы 4.1. из норма расхода дерть ячменя рациона кормов для кормления животных Образовательно-научно-инновационный центр при Кыргызского национального аграрного университета имени К.И. Скрябина (ОНИЦ при КНАУ им К.И.Скрябина) и Биоцентра Кыргызского научно-исследовательского института животноводства и пастбищ за 2018 г.

Средний показатель баланс кормов для мелких крестьянских хозяйств за 365 дней.

Таблица 4.2. - Сводная таблица расхода кормов на животных и птиц фермерских хозяйств

Показатели	Колич. голов	Дерть ячменная для животных			Дерть пшеничная для птиц		
		на 1 голову в сутки, кг	в сутки на по-голове, кг	на весь период, кг	на 1 голову в сутки, кг	в сутки на по-голове, кг	на весь период, кг
Коровы	8	2,5	20	7300	-	-	-
Быки	2	2	4	1460	-	-	-
Овцы	50	1	50	18250	-	-	-
Куры	30	-	-	-	0,125	3,75	1368,75
ИТОГО				27010			1368,75
Требуемые продукция на одну хозяйства в год/ т							28,379
Требуемые продукция на 10 хозяйств в год/ т							283,79

В итоге в год требуется на одну хозяйства 27,01 тонна дерть ячменная и 1,37 тонна дерть пшеничная, общая сумма 28,38 тонна кормов. Жерновая мельница в год может обеспечить 10 условны хозяйств, тогда требуемые продукция составляет 283,79 т.

$$H_{год} = \frac{T_{prod}}{Q_m} \quad (4.1)$$

Где $H_{год}$ - годовая нагрузка жерновой мини мельницы;

T_{prod} - требуемые продукция на одну хозяйства, год/т;

Q_m - часовая производительность мельницы, т/час.

Таблица 4.3. - Годовая загрузка мини-мельницы в часах

Установка	Требуемые продукция, т	Часовая производительность машины т/час	Годовой фонд рабочего времени загрузка, час
Универсальный станок ММП 50/150	283,79	0,15	1891,9
Предлагаемый	283,79	0,17	1669,3

Таблица 4.4. - Исходные данные для расчета экономической эффективности

№	Показатели	Единица измерения	ММП-150/50	Предлагаемая мини мельница
1	Производительность, Q_m	т/час	0,15	0,17
2	Годовой фонд рабочего времени загрузка	час	1891,9	1669,3
3	Общая мощность N_m	кВт	6,6	6,25
	Мощность привода мельницы;	кВт	5,5	5,5
	Мощность вентилятора	кВт	1,1	0,75
4	Удельный расход энергии, $q_{эл} = N_m / Q_m$	кВт·ч/т	44	36,8
5	Годовая расход энергии	кВт·ч	124867	10443,5
6	Годовая выработка	т	283,79	283,79
7	Потери зерна от сгорания при дроблении %	%	4	1,5
8	Количество обслуживающего персонала	чел	1	1

Расчет экономической эффективности предлагаемой конструкции мини-мельницы для зерновых продуктов по сравнению с базовым прототипом универсального станка ММП-150/50 проведен на основании результатов, полученных лабораторных испытаний, представленных в таблице 4.4.

Удельная затраты электроэнергии,

$$Z_{эл} = q_{эл} \cdot C_{эл} \quad (4.2)$$

где $q_{эл}$ - удельный расход энергии, кВт·ч/т;

$C_{эл}$ - цена 1 кВт·ч энергии ($C_{эл} = 2,24$ сом).

Таблица 4.5. - Удельные затраты электроэнергии

Установка	Удельный расход энергии, кВт·час/т	цена за электроэнергию сом/кВт·час	Удельная затраты электроэнергии сом/т
ММП 50/150	44	2,24	98,56
Предлагаемая мини-мельница	36,8	2,24	82,35

Оплата труда с отчислениями на социальной нужду обслуживающего персонала рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{П} = Z_{ОП} + Z_{ОТ} \quad (4.3)$$

где $Z_{ОП}$ - оплата труда обслуживающего персонала за единицу работы, сом;

$Z_{ОТ}$ - отчисления на социальные фонд.

По формуле (4.4) рассчитывается стоимость оплаты определенного объема работ [121]:

$$Z_{ОП} = \frac{C_{ТАР} \cdot K_{СЛ} \cdot (1 + K_{ДОП}) \cdot Л}{W_{Ч}} \quad (4.4)$$

где $C_{ТАР}$ - тарифная ставка персонала за выполненные работы ($C_{ТАР}=3,2$ сом/ч);

$K_{СЛ}$ - коэффициент сложности работ ($K_{СЛ}= 1,3$) [122];

$K_{ДОП}$ - сумма дополнительной оплаты работников ($K_{ДОП}= 15\%$) [122];

L - количество обслуживающего персонала, человек ($L = 1$);

$W_{ч}$ - часовая производительность, т/ч.

Социальные отчисления ($З_{ОТ}$) зависят от заработной платы, их рассчитываются по следующей формуле:

$$З_{ОТ} = \frac{З_{ОП} \cdot K_{ОТ}}{100} \quad (4.5)$$

где $K_{ОТ}$ - норма социальных отчислений:

пенсионный фонд- 8 %;

государственный накопительный пенсионный фонд - 2 %;

Таблица 4.6 - Затраты на оплату труда

Мини-мельница	Число обслуживающего персонала, час	Тарифная часовая ставка	Коэффициент сложности работ	Размер дополнительной оплаты работников	Часовая производительность	Оплата труда	Отчисление на социальной нужды	Заработная плата обслуживающего персонала
	чел.	сом/ч		%	т			
ММП 50/150	1,0	3,2	1,3	15	0,15	443,2	44,4	488,11
Предлагае мая	1,0	3,2	1,3	15	0,17	391,5	39,2	430,68

Размер амортизационных отчислений за эксплуатацию мельниц определяется по следующей формуле (4.6) [121]:

$$Z_A = \frac{B \cdot H_A}{100 \cdot T_{\text{Год}} \cdot W_{\text{ч}}}, \quad (4.6)$$

где B - балансовая стоимость мельницы, сом.;

H_A - норма амортизационных отчислений для мельниц ($H_A = 10\%$) [122];

$T_{\text{Год}}$ - годовая нормативная загрузка мельницы, ч.

Таблица 4.7. - Затраты на амортизационных отчислений

Мини-мельница	Стоимость мини мельницы, сом	Норма амортизационных отчислений	Нормативная годовая загрузка машин	Часовая производительность	Сумма амортизационных отчислений
	сом	%	час	т/час	сом/т
ММП 50/150	100000	10	1891,9	0,15	35,24
Предлагаемая	100000	10	1669,3	0,17	35,24

Расчет затраты на техническое обслуживание и ремонт мельницы на переработку 1 тонны зерна производится по следующей формуле [121]:

$$Z_{\text{ТО}} = \frac{B \cdot H_{\text{ТО}}}{100 \cdot T_{\text{год}} \cdot W_{\text{ч}}}, \quad (4.7)$$

где $H_{\text{ТО}}$ - норматив затрат на техническое обслуживание и ремонт мельниц ($H_{\text{ТО}}=14,5\%$) [121].

B - балансовая стоимость мельницы, сом.;

$T_{\text{Год}}$ - нормативная годовая загрузка мельницы, ч.

Результаты расчетов затраты на техническое обслуживание и ремонт мельницы на переработку 1 тонны зерна представлены в таблице 4.8.

Таблица 4.8- Затраты на техническое обслуживание и ремонт мельницы, на 1 тонну зерна

Мини-мельница	Стоимость мини-мельницы, сом	Норма амортизационный отчислений, %	Нормативная годовая загрузка машин, час	Часовая производ., т/час	Сумма сом/т
ММП 50/150	100000	14,5	1891,9	0,15	51,09
Предлагаемая	100000	14,5	1669,3	0,17	51,09

Таблица 4.9 - Эксплуатационные затраты и общая экономия

Показатели	ММП 50/150		Предлагаемый		Общая экономия
	Удельные затраты, сом/т	Годовые затраты, сом	Удельные затраты, сом/т	Годовые затраты, сом	
Оплата труда	488,1	138518,6	430,7	122222,3	16296,3
Амортизационные отчисления	35,2	10000,0	35,2	10000	0
Техобслуживания и ремонт машин	51,1	14500,0	51,1	14500	0
Электроэнергия	98,6	27970,1	82,35	23370,74	4599,4
ИТОГО	673,0	190988,7	599,4	170093	20895,7

Таблица 4.10 - Годовая прибыль

Мини-мельница	Требуемые продукция, ц/год	Цена услуги сом/ц	Годовой доход от услуги, сом/год	Себестоимость Услуги, сом	Годовая прибыль, сом
ММП 50/150	2837,9	180	510822	190988,7	319833,3
Предлагаемая	2837,9	180	510822	170093	340729,0

Сравнительную экономическую эффективность за счет снижения электроэнергии и затрат труда определяют по следующей формуле [121]:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \mathcal{Z}_{\text{б}} - \mathcal{Z}_{\text{н}} \quad (4.8)$$

где $\mathcal{Z}_{\text{н}}$, $\mathcal{Z}_{\text{б}}$ - эксплуатационные затраты при использовании техники по новому и базовому вариантам, соответственно, сом.

Срок окупаемости общих капитальных вложений определяется по формуле [121]:

$$T_0 = \frac{K_0}{\mathcal{E}_{\text{ср}}} \quad (4.9)$$

где K_0 - сумма капитальных вложений, сом

При расчетах выявлена сравнительная экономическая эффективность $\mathcal{E}_{\text{ср}} = 20896$ сом, срок окупаемости $T_0 = 4,8$ лет

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Анализ и оценка существующих измельчающих машин зерна показал, что машины с ударными рабочими органами и вальцовые машины не отвечают зоотехническим требованиям, так как пылевидные частицы (переизмельченные частицы размером менее 0,2 мм) в корме достигают до 15%, которые отрицательно влияют на пищеварение животных и затрудняют проведение последующих операций (смешивание, гранулирование). Поэтому выявлена целесообразность применения жерновых мельниц для измельчения зерна в корм. Однако недостатком жерновых мельниц является то, что в процессе измельчения зерна происходит большое выделение тепла и влаги, которая образуются клейстер, в результате снижается качество продукта и производительность машины.

2. Для обоснования основных технологических параметров (производительность, энергоемкость и параметры привода) разрабатываемых жерновых машин создана динамическая модель, позволяющая определить

работу, затрачиваемую на размол зерна и оценить моменты сопротивления, возникающие на рабочем органе при различных режимах работы.

3. Исследованы и моделированы процессы охлаждения и распределения воздушного потока внутри рабочей зоны жерновой мельницы. Увеличение подачи воздуха положительно влияет на производительность мини мельницы. Производительность машины за счет уменьшения потери зерна от сгорания увеличивается до 20 кг/час. Для исследования аэродинамики рабочего органа жерновой мини-мельницы были созданы 3D модели с помощью программного комплекса SolidWorks. В качестве объекта моделирования воздушного потока внутри рабочего органа был выбран интегрированный расчетный модуль Solidworks Flow Simulation, который предназначен для решения задач гидрогазодинамики и теплопередачи.

4. Экспериментально подтверждено:

а) Исследованиями установлено, что при одинаковых подачах пшеницы по мере увеличения значения расхода воздуха, выход муки увеличивается и улучшается качество муки, поэтому для улучшения качества продукции и повышения производительности мельницы, просверливали пять сквозных отверстий на неподвижной жернове, одно в центре круга жернова и четыре на осях координат под углом 90° . Получены патенты на изобретения «Жерновая мельница» №1830 от 31.03.16, «Жерновая мельница» Бюлл. №3, №1860 от 31.05.16. Бюлл. №5.

б) Определен оптимальный диаметр для центрального отверстия 64 мм, для дополнительных отверстий 25 мм;

в) Для жерновов определены оптимальные количества, форма и размеры бороздок для своевременного выхода готового продукта.

5. Анализ экономической эффективности использования предлагаемой мини-мельницы показывает, что за счет снижения эксплуатационных затрат, расхода энергии расчетная годовая экономия от применения измельчителя новой конструкции по сравнению с прототипом составляет 21 тыс. сомов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Основные экономические показатели по промышленности Кыргызской Республики [Электронный ресурс]: Национальный статистический комитет Кыргызской Республики. - 2021. - Режим доступа: <http://www.stat.kg/ru/statistics/promyshlennost/>
2. **Кулаковский, И.В.** Машины и оборудование для приготовления кормов [Текст]: Ч.1. Справочник / И.В. Кулаковский, Ф.С. Кирпичников, Е.И.Резник. - М.: Россельхозиздат, 1987. - 285 с.
3. **Жислин, Я.М.** Выработка муки и крупы в сельскохозяйственном мукомолье [Текст] / Я.М. Жислин, А.К.Терещенко. -М.: «Колос», 1969. - 232 с.
4. **Соколов, А.Я.** Оборудование мельниц и крупзаводов [Текст]: Государственное издательство технической и экономической литературы по вопросам заготовок / А.Я. Соколов.- Москва, 1949. - 480 с.
5. **Карасартов, У.Э.** О выборе технологии и рациональной конструкции рабочего органа измельчения [Текст] / У.Э. Карасартов // Вестник КАУ – Бишкек, 2009. - №5. - С. 228-230
6. **Хусид, С.Д.** Измельчение зерна [Текст]/ С.Д. Хусид. - М.:1958. - 248 с.
7. **Бутковский, В.А.** Технология мукомольного крупяного и комбикормового производства [Текст]: Учебники и учеб. пособия для высш. учеб. заведений / В.А. Бутковский. - М.: «Колос», 1981. - 256 с.
8. **Наумов, И.А.** Совершенствование кондиционирование и измельчения пшеницы и ржи [Текст]: И.А. Наумов - М.: «Колос», 1975. - 176 с.
9. **Казаков, Е.Д.** Методы определения качества зерна [Текст]: Учебник и учеб. пособие для высш. учеб. заведений пищевой пром-сти (Лабораторный практикум) / Е.Д. Казаков. - М.: «Колос», 1967. - 287 с.
10. **Казаков, Е.Д.** Зерноведение с основами растениеводства [Текст]: Учебник и учеб. пособие для высш. учеб. заведений пищевой пром-сти / Е.Д. Казаков. - М.: «Колос», 1973. - 288 с.

11. **Крючин, Н.П.** Посевные машины. Особенности конструкций и тенденции развития [Текст]: Учебное пособие / Н.П. Крючин. - Самара: РИЦ СГСХА, 2009. - 176 с.
12. **Денисов, В.А.** Исследование процесса измельчения фуражного зерна в высокоскоростной центробежной дробилке и обоснование режимов ее работы [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / В.А. Денисов. - Москва, 1979. - 215 с.
13. **Сабиев, У.К.** Измельчитель зерновых материалов [Текст]/ У.К. Сабиев, А.С. Пушкарев // Сельский механизатор. 2018. №3. С. 22-23.
14. **Демидов, А.Р.** Определение прочностных характеристик зерна различных культур [Текст] / А.Р. Демидов, С.Е. Чирков, Л.А. Глебов // Мукомольно-элеваторная промышленность. - 1971. - № 8. - С. 44 - 46.
15. **Куприц, Я.Н.** Физико-химические основы размола зерна [Текст]/ Я.Н. Куприц. - М.: Заготиздат, 1946. - 214 с.
16. **Леонтьев, П.И.** К вопросу об измельчении зерна [Текст] / П.И. Леонтьев, С.В. Золотарев // Мукомольно-элеваторная и комбикормовая промышленность. - 1984. - №7. - С. 30.
17. **Лушников, Н.А.** Использование нетрадиционных кормов продуктов переработки семян рапса в рационах дойных коров [Текст] / Н.А. Лушников // Аграрн. вести. Урала. – Екатеринбург, 2003. - № 4. - С. 26-31
18. **Машков, Б.М.** Справочник по качеству зерна и продуктов его переработки [Текст]/ Б.М. Машков, З.И. Хазина. - М.: Колос, 1980. -335 с.
19. **Пилипенко, А.Н.** Механизация переработки и приготовления кормов в личных подсобных хозяйствах [Текст] / А.Н. Пилипенко, А.В. Тимановский. - М.: Росагропромиздат, 1989. - 143 с.
20. **Кукта, Г.М.** Технология переработки и приготовления кормов [Текст] / Г.М. Кукта. - М.: Колос, 1978. - 240 с.
21. **Мохнаткин, В.Г.** Повышение эффективности функционирования измельчителей и создание оборудования модульного типа для приготовления

кормов в животноводстве[Текст]: автореф. дис. ...д-ра техн. наук: 05.20.01 / В.Г. Мохнаткин. - Санкт-Петербург-Пушкин, 1995. - 39 с

22. Физико-механические, физико-химические и теплофизические свойства сырья и готовых продуктов пищевой промышленности[Текст]: справ. материалы / Юж-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ). - Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2012. - 28 с.

23. Технология переработки зерна [Текст] / под ред. Г.А. Егорова. - Изд. 2 - е. - М.: Колос, 1977. - 376 с.

24. **Елисеев, В.А.** Теоретическое и экспериментальное обоснование методов повышения эффективности процесса измельчения зерновых кормов на животноводческих фермах [Текст]: автореф. дис. ... д-ра. техн. наук: 05. 410/ В.А. Елисеев. - Воронеж, 1970. - 62 с.

25. **Мельников, С.В.** Исследование рабочего процесса молотковой дробилки и разработка оснований к проектированию рационального типа машин для дробления кормов[Текст]: дис. ... канд. техн. наук / С.В. Мельников. - Л., 1952. - 203 с.

26. **Сыроватка, В.И.** Основные закономерности процесса измельчения зерна в молотковой дробилке [Текст] / В.И. Сыроватка // Электрификация сельского хозяйства: Научные труды ВИЭСХ. -М.;, 1964. - С. 89-97.

27. **Пикуза, Н.Ф.** Машины для приготовления комбинированных и концентрированных кормов (теория и расчеты) [Текст]/ Н.Ф. Пикуза. - Ростов-на-Дону: Ин-т с.-х. машиностроения, 1973. - 165 с.

28. **Плохов, Ф.Г.** Исследование динамики рабочего процесса молотковой кормодробилки замкнутого типа[Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Ф.Г. Плохов. - Л.: Пушкин, 1966. - 20 с.

29. **Шуб, Г.И.** Исследование технологического процесса измельчения сырья комбикормового производства на молотковой дробилке[Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Г.И. Шуб. - Целиноград, 1966. -30 с.

30. **Аилов, Р.С.** Математическая модель жерновой мельницы с двухсторонним линейным асинхронным двигателем в приводе [Текст] / Р.С.

Аипов, Р.Р. Нугуманов // Электротехнические и информационные комплексы и системы. - 2013. - № 4. - С. 27-30.

31. Жерновые мельницы: особенности и преимущества [Электронный ресурс] - 2021. Режим доступа: <https://fresh-mania.com/zhernovye-melnicy-osobennosti-i-preimushhestva/>

32. **Грибов, В.Г.** Справочник мельника [Текст] / В.Г. Грибов, Д. Ривилис. - М.: Московский рабочий, 1947. - 248 с.

33. Сельскохозяйственная энциклопедия [Текст]: Т. 3 (Л - П) / Ред. коллегия: П.П. Лобанов (глав. ред.) [и др.]. / 3-е изд., перераб.- М.: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1953. - 613 с.

34. **Бурлаков, Я.М.** Мукомол [Текст]: Справочное руководство для работников гос. с.-х. мельниц / Я.М. Бурлаков, С.Е.Кофман. - Киев: Гостехиздат Украины, 1951.- 307 с.

35. **Соколов, Н.П.** Мельничное оборудование [Текст] / Н.П. Соколов. М.: Изд. и тип. Заготиздата, 1948.- 183 с.

36. Мельница электрическая HawosPegasus 220V [Электронный ресурс] - 2021. Режим доступа: <https://marcato.center/p56359257-melnitsa-elektricheskaya-hawos.html>

37. Мельнично-элеваторное оборудование – Микромельница МиМ [Электронный ресурс] - 2021. Режим доступа: <https://melagrosnab.ru/melnichno-elevatornoe-oborudovanie/melnicy-minikrupoceha/mikromelnica-mim.html>

38. Мукомольные установки ENGSKO United Milling Systems [Электронный ресурс] - 2021. Режим доступа: <https://unitedmillingsystems.com/ru>

39. **Косой, В.Д.** Инженерная реология биотехнологических сред [Текст] / В.Д. Косой, Я.И. Виноградов, А.Д. Малышев. - СПб.: ГИОРД, 2005. - 648 с.

40. **Мачихин, Ю.А.** Инженерная реология пищевых материалов [Текст] /Ю.А. Мачихин, С.А. Мачихин. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. - 216 с.

41. **Таранин, С.А.** Исследование процессов шелушения ячменя с целью создания малогабаритного шелушителя горизонтального типа [Текст]: автореф. дисс. ...канд. техн. наук: 05.18.12 / С.А. Таранин. - М., 2005. - 24 с.
42. **Макаров, Ю.И.** Аппараты для смешивания сыпучих материалов [Текст] / Ю.И. Макаров. - М.: Машиностроения, 1973. - 216 с.
43. **Ильченко, В.И.** Мельничные, крупяные и элеваторные машины [Текст]: Теория и конструкции / В.И.Ильченко - М.: Заготиздат, 1938. - 483 с.
44. **Первозванский, А.А.** Сила трения знакомая, но таинственная. [Текст]/ А.А. Первозванский // Соросовский образовательный журнал. - 1998. - №2. - С. 129-134.
45. **Соколов, А.Я.** Технологическое оборудование предприятий по хранению и переработке зерна [Текст]: учебное пособие / А.Я. Соколов - М.: Колос, 1975.-496 с.
46. **Вельтищев, В.Н.** Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых производств [Текст]: Часть 2. «Машины для выполнения процессов измельчения, прессования и перемешивания». Учебно-практическое пособие/В.Н.Вельтищев, Ю.А. Калошин. - М.: МГУТУ, 2005
47. **Нугуманов, Р.Р.** Влияние вязкого и сухого трения на работу жерновой мельницы с безредукторным электроприводом [Текст] / Р.Р. Нугуманов // Материалы международной научно-практической конференции в рамках XXIV международной специализированной выставки «Агрокомплекс - 2014» Часть 2. – Уфа: ФГБОУ ВПО Башкирский ГАУ, 2014. - С. 230-235.
48. **Хусид, С.Д., Ильинская Л.Д.** Исследование физико-механических свойств зерна [Текст] / С.Д. Хусид, Л.Д. Ильинская. // Мукомольно-элеваторная промышленность, 1954. - №9. - С. 16-18.
49. **Воцкий, З.И.** Влияние технологических факторов на повреждение зерна рабочими органами зерноуборочного комбайна [Текст] / З.И. Воцкий // Труды ЧИМЭСХ. Вып. 131. - 1977. - С.3-5.

50. **Мельников, С.В.** Исследование механических свойств зерновых кормов при испытании на сжатие [Текст] / С.В. Мельников // Тр. Волгоградского молочного института. - Волгоград, 1953. - вып. 12. - С. 293-318.
51. **Голотов, В.П.** Исследование механических свойств семян пшеницы и условий их повреждаемости в молотильных и транспортных устройствах [Текст]: дисс...канд. техн. наук: 05.00.00 / В.П. Голотов. - Челябинск, 1970.- 267 с.
52. **Горячкин, В.П.** Собрание сочинений [Текст]: Том 1-3 / В.П. Горячкин. - М.: Колос, 1965.
53. **Большая Советская Энциклопедия** [Текст]: Диспергирование -М.: Печатный двор, 1952. - Т.14: - 434 с.
54. **Ребиндер, П.А.** Исследования в области поверхностных явлений [Текст] / П. А. Ребиндер. - М.-Л.: Гипроцветмета, - т.1., 1936
55. **Сысков, К.И.** Аналитическое выражение и определение прочности кусковых материалов [Текст] / К.И. Сысков // Известия АН СССР. Отделение технических наук, - М., 1940. - №2.
56. **Аканов, Д.К.** Динамическая модель универсального станка ММП-50 [Текст] / Д.К. Аканов // Вестник Ысыккульского университета, №15, - Каракол, 2005. - С. 181-186.
57. **Абдраимов, С.** Двухмассовая модель с упругой связью и постоянным моментом сопротивления на исполнительном органе машины ММП-50 [Текст]/ С. Абдраимов, В.Э. Еремьянц. Д.К. Аканов // Вестник Иссык-Кульского университета, №27, - Каракол, 2010. -С. 148-150.
58. **Мельников, С.В.** Экспериментальные основы теории процесса измельчения кормов на фермах молотковыми дробилками [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.00.00./ С.В. Мельников. - Ленинград, 1969.- 576 с.
59. **Ребиндер, П.А.** Физико-химические исследования процессов деформации твёрдых тел [Текст]/ П.А. Ребиндер - Сборник АН СССР. 4.1. М.; Л.: 1947.- С. 533.

60. **Наймушин, А.А.** Модель размола зерна пшеницы с учетом его молекулярного строения [Текст] /А.А. Наймушин, И.А. Хозяев // Разработка инновационных технологий и технических средств для АПК: сб. науч. тр. - зерноград, 2013. - С. 179-188.

61. **Ржаницын, А.Р.** Некоторые вопросы механики систем, деформирующихся во времени [Текст] / А.Р. Ржаницын. - М.; Л.: Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 1949. - 252 с.

62. **Шагдыров, И.Б.** Обоснование параметров многоступенчатой дробилки фуражного зерна [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / И.Б. Шагдыров. - Челябинск, 1988. - 220 с.

63. **Труфанов, В.В.** Центробежный измельчитель [Текст]/ В.В. Труфанов, В.М. Опышко, М.Н. Яровой, В.В. Ляпин // Сельский механизатор №4. Москва, 2008. -С. 40.

64. **Сергеев, Н.С.** Центробежно-роторные измельчители фуражного зерна [Текст]:дис. ... д-ра.техн.наук: 05.20.01 / Н.С. Сергеев. - Челябинск, 2008. - 315 с.

65. **Золотарев, С.В.** Исследование и разработка конструкции центробежно-ударного измельчителя зерна[Текст]/ С.В. Золотарев, А.А. Смышляев // Развитие села и социальная политика в условиях рыночной экономики: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию МГАУ. - Москва, 2000. -С. 134-136.

66. **Долгов, И.А.** Математические методы в земледельческой механике [Текст] / И.А. Долгов, Г.К. Васильев. - М.: Машиностроение, 1967. - 204 с.

67. Особенности деформации зерна рабочими органами измельчителей / А.М. Семенихин, Л.А. Гуриненко, В.В. Иванов, В.Н. Шкондин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. - Краснодар, 2014. - №3- Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/03/pdf/03.pdf>

68. **Мельников, С.В.** Механизация животноводческих ферм [Текст]: учеб. пособие для вузов / С.В. Мельников, Б.И. Вагин, П.А. Андреев [и др.]- М.: «Колос», 1969. - 440 с.

69. **Смирнов, И.И.** Машины для животноводческих ферм [Текст]: Теория, конструкция, расчет / И.И. Смирнов. - М.: МАШГИЗ, 1959, - 359 с.

70. **Опрышко, В.М.** Сравнительная оценка качества продукта при измельчении в молотковой дробилке и ударно- центробежном измельчителе [Текст] / В.М. Опрышко, В.В. Труфанов, С.И. Щедрин, В.В. Ляпин // Природопользование: ресурсы, техническое обеспечение: Межвузовск. сборник науч. труд. -Вып. 3. - Воронеж, 2007. -С. 267-269.

71. **Сыроватка, В.И.** Основные закономерности процесса измельчения зерна в молотковой дробилке / В.И. Сыроватка // Научные Труды / ВИЭСХ, 1964. С. 38-52.

72. **Зотьев, А.И.** Современные средства размола зерна / А.И. Зотьев, А.Г. Аронов, И.П. Петрухин, А.С. Цыплаков. - М.: Колос, 1982. - 136 с.

73. **Изобретения к авторскому свидетельству SU 355979 A1**, Российская Федерация, МПК В02С13/02. Ударно-центробежная мельница [Текст]/ В.Н. Лебедев, А.Е. Куринный, Б.Н. Фастов, В.М. Давиденко Заявитель: Северодонецкий филиал Всесоюзного научного исследовательского, конструкторского института химического машиностроения. - заявл. 12.01.1971; опубл. 23.10.1972, Бюл. №32 - 3с.: ил.

74. **Полезная модель к патенту ВУ 3524U**, Республика Беларусь, МПК В02С7/00. Мельница [Текст]/ А.Г. Бакаев, Д.А. Боброва, Г.Н. Здор. Заявитель и патентообладатель: Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси. - заявл. 04.10.2006; опубл. 30.04.2007, Бюл. № - 3 с.: ил.

75. **Пат. RU 5366 U1**, Российская Федерация, МПК В02С7/02. Мукомольная мельница с горизонтальной осью вращения [Текст]/ Ю.И. Алексеев. Заявитель и патентообладатель: Ю.И. Алексеев. - заявл. 05.05.1996; опубл. 16.11.1997. - 12 с.: ил.

76. **Пат. 2436633** Российская Федерация, МПК В02С 9/04. Устройство для измельчения зерна [Текст] / Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственное предприятия «Эметрон». - № 2009129308/21; заявл. 29.07.2009; опубл. 20.12.2011, Бюл. № 35 - 4 с.: ил.

77. **Пат. 271741** Российская Федерация, МПК В02С 9/00, А23N 17/00. Пневматический конусный измельчитель зерна [Текст]/ Д.В. Молоков. - №2019128184; заявл. 03.09.2019; опубл. 17.03.2020, Бюл. №8 - 9 с.: ил.

78. **Пат. 2546860** Российская Федерация, МПК В02С 7/08, В02С 7/16. Устройство для измельчения [Текст] / Р.С. Аипов, Р.Р. Нугуманов, А.В. Линенко. - №2013153279/13; заявл. 29.11.13 ;опубл. 10.04.15, Бюл. №10 - 7с.: ил.

79. **Полезный модель 23795** Российская Федерация, МПК В02С 7/14. Мельница жерновая [Текст]/ В.Я. Бизяркин, Н.П. Бянкин, З.А. Галин, А.У. Губайдуллин. Заявитель и патентообладатель: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-техническая фирма «НИИТ-Проект». - №2001134431/20; заявл. 18.12.2001; опубл. 20.07.02, Бюл. №20 - 17с.:ил.

80. **Полезный модель 373** Российская Федерация, МПК В02С 07/06. Мельница мукомольная с горизонтальной осью вращения [Текст]/ А.Ф. Недугов, М.А. Куркулов. - №93034358/13; заявл. 01.07.93; опубл. 16.05.95, - 7с.:ил.

81. **Патент 2038147** Российская Федерация, МПК В02С 7/00, В02С 7/14. Электрическая мельница [Текст]/ С.Н. Галанин, В.П. Буров, Б.В. Нарбеков, В.П. Ганцев. Заявитель и патентообладатель: Акционерная общество «Муромский машиностроительный завод». - №5046540/33; заявл. 08.06.92; опубл. 27.06.95. - 9с.:ил.

82. **Патент 2073568** Российская Федерация, МПК В02С 7/18. Мельница для зерна [Текст]/ В.В. Палагин. - №94014510/13; заявл. 19.04.94; опубл. 20.02.97 - 5с.:ил

83. **Патент 2482920** Российская Федерация, МПК В02С 7/16 Устройство для измельчения твердых материалов [Текст]/ Р.С. Аипов, Р.Р.Нугуманов. - №2012106826/13 заявл. 24.02.12; опубл. 27.05.13, Бюл. №15 - 8с.:ил

84. **Патент 1861** Кыргызская Республика, МПК В02С 7/06, В02С 7/17 Жерновая мельница [Текст]/ Э.С. Абдраимов, Д.К. Аканов, А.А. Абытов. Заявитель и патентообладатель: Учреждение «Научно-исследовательский центр проблем машиностроения им. С. Абдраимова» - №20150047.1 заявл. 20.04.15; опубл. 31.05.16, Бюл. №5 - 3с.:ил

85. **Патент 1862** Кыргызская Республика, МПК В02С 7/06, В02С 7/14 Прижимной механизм жерновой мельницы [Текст]/ Э.С. Абдраимов, Д.К. Аканов, А.А. Абытов. Заявитель и патентообладатель: Учреждение «Научно-исследовательский центр проблем машиностроения им. С. Абдраимова» - №20150048.1 заявл. 20.04.15; опубл. 31.05.16, Бюл. №5 - 3с.:ил

86. **Абдраимов, С.** Обоснование параметров аспирации при помоле зерна на жерновой мельнице с горизонтальной осью вращения[Текст] / С.Абдраимов, Д.К.Аканов, М.Д.Баев[и др.]// Наука образование техника, Кыргызско-Узбекский университетвыпуск №2 - Ош, 2005. -С.140-143.

87. **Карасартов, У.Э.** Обоснование основных параметров универсального станка жерновой мельницы [Текст] / У.Э. Карасартов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета - Барнаул, 2018. - № 12. -С. 107-111.

88. Разработка, создание и подготовка к серийному выпуску универсального станка с расширенными функциональными возможностями для измельчения сыпучих пищевых продуктов и отжима масла из семян масличных культур [Текст]: отчет о НИР (заключительный): / Инженерная академия Кыргызской Республики; рук. С. Абдраимов, испол.: Э.С. Абдраимов, Д.К. Аканов[и др.]. - Бишкек, 2008. - 131 с.- Библиогр.: 50-52

89. **Патент 1830** Кыргызская Республика, МПК В02С7/00, В02С13/00 Жерновая мельница [Текст] / Т.О. Орозалиев, У.Э. Карасартов, Э.С. Абдраимов - № 20140139.1; заявл. 30.12.14; опубл. 31.03.16, бюл. №3. - 4 с.: ил.

90. **Патент 1860** Кыргызская Республика, МПК В02С7/00, В02С13/00 Жерновая мельница [Текст]/ Т.О. Орозалиев, У.Э. Карасартов, М.С. Жуматаев [и др.]. - № 20150039.1; заявл. 01.04.15; опубл. 31.05.16, бюл. №5 - 4 с.: ил.

91. **Фролов, К.В.** Теория механизмов и машин [Текст]: Учебник для вузов / К.В. Фролов, С.А.Попов, А.К. Мусатов и др. М.: Высш. шк., 1987. - 496 с.

92. **Reid, R.C.** The properties of liquids and gases [Текст]: 4rd ed./ R.C. Reid, J.M. Prausnitz, V. E. Poling - McGraw - Hill, New York, 1987. - 741 с.

93. **Нугуманов, Р.Р.** Совершенствование привода жерновой мельницы применением плоского линейного асинхронного двигателя [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / Р.Р. Нугуманов. – Уфа, 2016. – 118 с.

94. **Абдраимов, С.** Обоснование параметров аспирации при помоле зерна на жерновой мельнице с горизонтальной осью вращения [Текст] / С. Абдраимов, Д.К. Аканов, М.Д. Басеев, [и др.] // Наука образование техника, Кыргызско-Узбекский университет.- Ош, 2005. - №2 (14), - С.140-143.

95. **Попов, А.Ю.** Моделирование распределения воздушного потока в программном комплексе SolidWorks Flow Simulation / А. Ю. Попов. // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук – М., 2017. – С. 74-77

96. **Карасартов, У.Э.** Моделирование аспирационного процесса жерновой мельницы в программном комплексе SolidWorks Flow Simulation [Текст] / У.Э. Карасартов, Ы.Дж. Осмонов // Вестник КНАУ – Бишкек, 2021. - №3. - С. 352-357

97. **Алямовский, А.А.** SolidWorks Simulation [Текст]: Как решать практические задачи / А.А. Алямовский - СПб.: БХВ-Петербург, 2012. - 448 с.

98. **Порев, Д.С.** Моделирование газодинамических процессов в плоскорукавном фильтре / Д.С. Порев, Е.Ю. Шарай // Молодой учёный. – Казань, 2020. №19 (309) – С. 46-48

99. **Справочник (кадастр) физических свойств горных пород** [Текст]/ Под ред. Н.В. Мельникова, В.В. Ржевского, М.М. Протодяконова. М.: «Недра», 1975 . 279 с.

100. **Карасартов, У.Э.** Технологические параметры жерновых камней для мельницы [Текст] / У.Э. Карасартов, Ы.Дж. Осмонов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета - Барнаул, 2020. - С. 162-172

101. **Ларионов, П.А.** Атлас систем насечки борозд на жерновых мукомольных мельниц[Текст] / П.А. Ларионов - Вологда: Типография «Северосоюза», 1923. - 25 с.

102. **Бухгольц, Н.Н.** Основной курс теоретической механики [Текст]: часть 2 / Н.Н. Бухгольц. - М.: Наука, 1966. - 332 с.

103. **Дьяконов, В.П.** Новые информационные технологии [Текст]: Учебное пособие. Часть 3. Основы математики и математическое моделирование / В.П. Дьяконов, И.В. Абраменкова, А.А. Пеньков - Смоленск: СГПУ, 2003. - 192 с.

104. Основы вычислений и программирования в пакете MathCAD [Текст]: Учебное пособие / Ю.Е. Воскобойников, А.Ф. Задорожный, Л.А. Литвинов, Ю.Г. Черный - Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2012. - 212 с.

105. **Панферов, А.И.** Применение Mathcad в инженерных расчетах [Текст]: Учебное пособие / А.И. Панферов, А.В. Лопарев, В.К. Пономарев - СПб.: СПбГУАП, 2004. - 88 с.

106. **Потемкин, В.Г.** Введение в MATLAB [Текст]: учебное пособие / В.Г. Потемкин. - М.: ДИАЛОГ - МИФИ, 2000. - 247 с.

107. **Потемкин, В.Г.** Инструментальные средства MATLAB5.x[Текст]: учебное пособие / В.Г. Потемкин. - М.: ДИАЛОГ - МИФИ, 2000. - 336 с.

108. Поддержка пользователей Matlabв РФ. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.matlab.exponenta.ru>- 12.11.2013

109. **Гусев, В.М.** Теплоснабжение и вентиляция[Текст]: Учебник для вузов / В.М. Гусев. - Л.: Стройиздат, 1975. - 252 с

110. Подъемно-транспортные машины [Текст]/ [В.В. Красников, В.Ф. Дубинин, В.Ф. Акимов и др.]- М.: Агропромиздат, 1987. - 272 с.
111. **Карасартов, У.Э.** Технологический расчет шнекового механизма универсального станка ММП-150/50[Текст] / У.Э. Карасартов // Научные исследования в Кыргызской Республике - Бишкек, 2020. -№4 Часть I. С 10-16
112. **Григорьев, А.М.** Винтовые конвейеры [Текст] / А.М Григорьев. - М.: Машиностроение, 1972, -184 с
113. **Зенков, Р.Л.** Машины непрерывного транспорта [Текст]: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование» / Р.Л. Зенков, И.И.Ивашков, Л.Н. Колобов. - М.: Машиностроение, 1987. - 432 с.
114. **Спиваковский, А.О.** Транспортирующие машины [Текст]: учеб. пособие для машиностроительных вузов/ А.О. Спиваковский, В.К. Дьячков. - М.: Машиностроение, 1983. - 487 с.
115. **Кленин, Н.И.** Сельскохозяйственные машины [Текст]: учеб. пособие для факультетов механизации сельского хозяйства/Н.И.Кленин, И.Ф. Попов, В.А. Сакур. - М.: Колос, 1970. - 456 с.
116. **Гевко, Б.М.** Технология изготовления спиралей шнеков [Текст]/ Б.М. Гевко. - Львов: Вища школа, 1986. - 128 с
117. **Карасартов, У.Э.** К созданию конструкции жерновой мельницы [Текст] / У.Э. Карасартов // Вестник КНАУ – Бишкек, 2016. - №4. - С 71-76
118. **Карасартов, У.Э.** К обоснованию выбора параметров шнекового механизма жерновой мельницы [Текст] / У.Э. Карасартов, Ы.Дж. Осмонов // Вестник КНАУ – Бишкек, 2018. - №2. -С 350-352
119. ГОСТ 9389-75. Проволока стальная углеродистая пружинная [Текст]. - Введ. 1977-01-01. - М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. - 14 с.
120. Национальный статистический комитет Кыргызской Республики [Электронный ресурс]. Бишкек, 2021. - Режим доступа <https://www.stat.kg/ru/statistics/selskoe-hozyajstvo/>

121. Методика определения экономической эффективности технологий сельскохозяйственной техники [Текст]. М-во сельского хозяйства и продовольствия РФ -- М.; 1998. -220 с.

122. Методика определения экономической эффективности технологий сельскохозяйственной техники[Текст]: Часть II. Нормативно-справочный материал. М-во сельского хозяйства и продовольствия РФ - М.; 1998. -251 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Результаты аэродинамического процесса в рабочей пространстве жерновой мини-мельницы проведенные с помощью SolidWorks Flow Simulation.

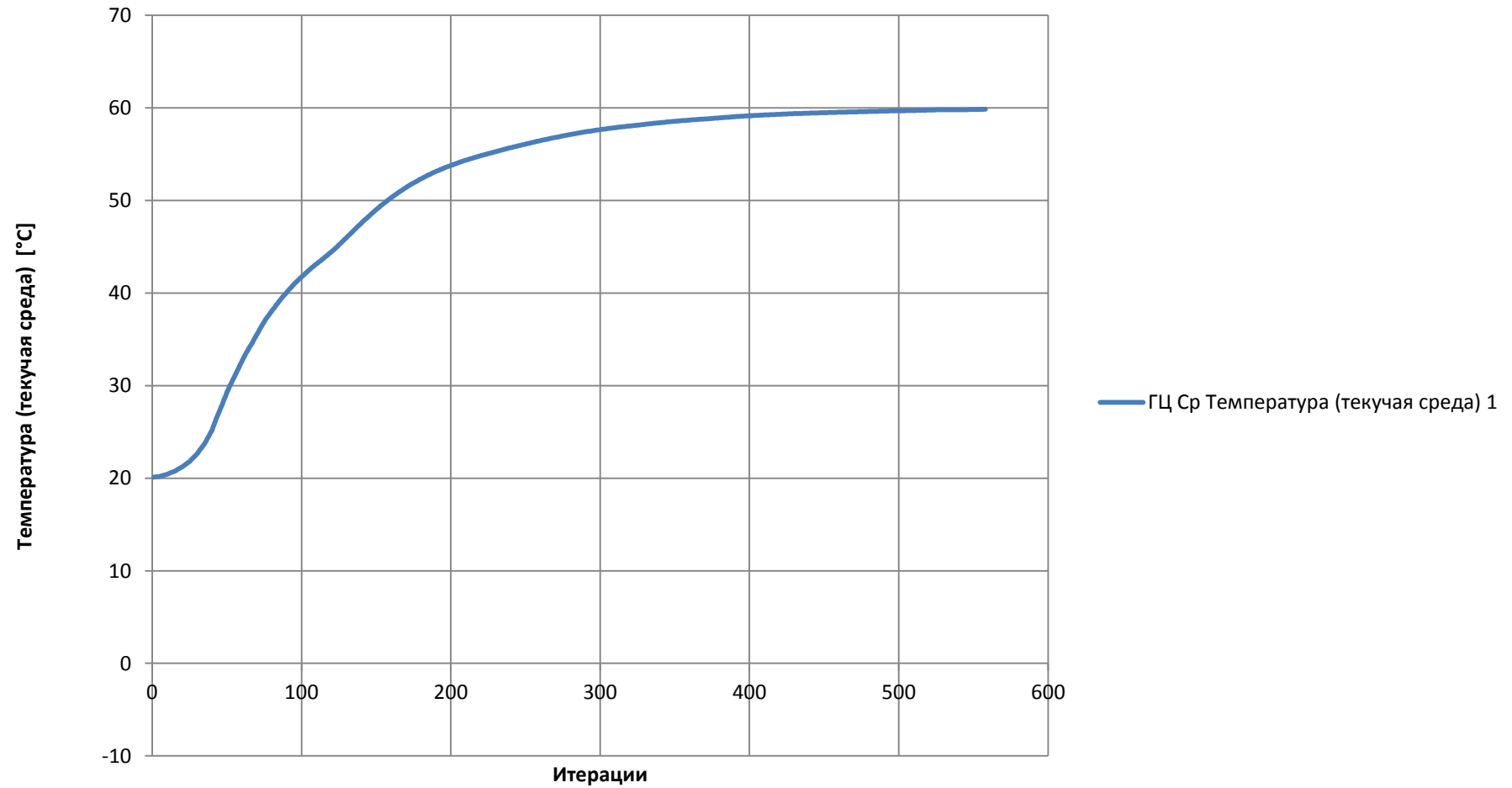
П.1.1 ФИНИШНЯЯ СБОРКА.SLDASM [Проект 2 [Default]]

Имя цели	Единица измерения	Значение	Среднее значение	Минимальное значение	Максимальное значение	Прогресс сходимости [%]	Использовать в сходимости	Дельта	Критерии
ГЦ Ср Температура (текучая среда) 1	[°C]	59,83078	59,7462348	59,63381103	59,83172651	100	Да	0,197915479	0,816922961
ГЦ Ср Скорость 1	[m/s]	1,520457	1,51413237	1,507355834	1,520457836	98,9	Да	0,013102002	0,012969038
ЛЦ Температура (твердое тело) 1	[°C]	27,00191	26,9781643	26,94986892	27,00191088	100	Да	0,052041961	0,159179515
ПЦ Ср Температура (текучая среда) 1	[°C]	79,99985	79,9998609	79,99985414	79,99986835	100	Да	1,82959E-06	3,05695E-05

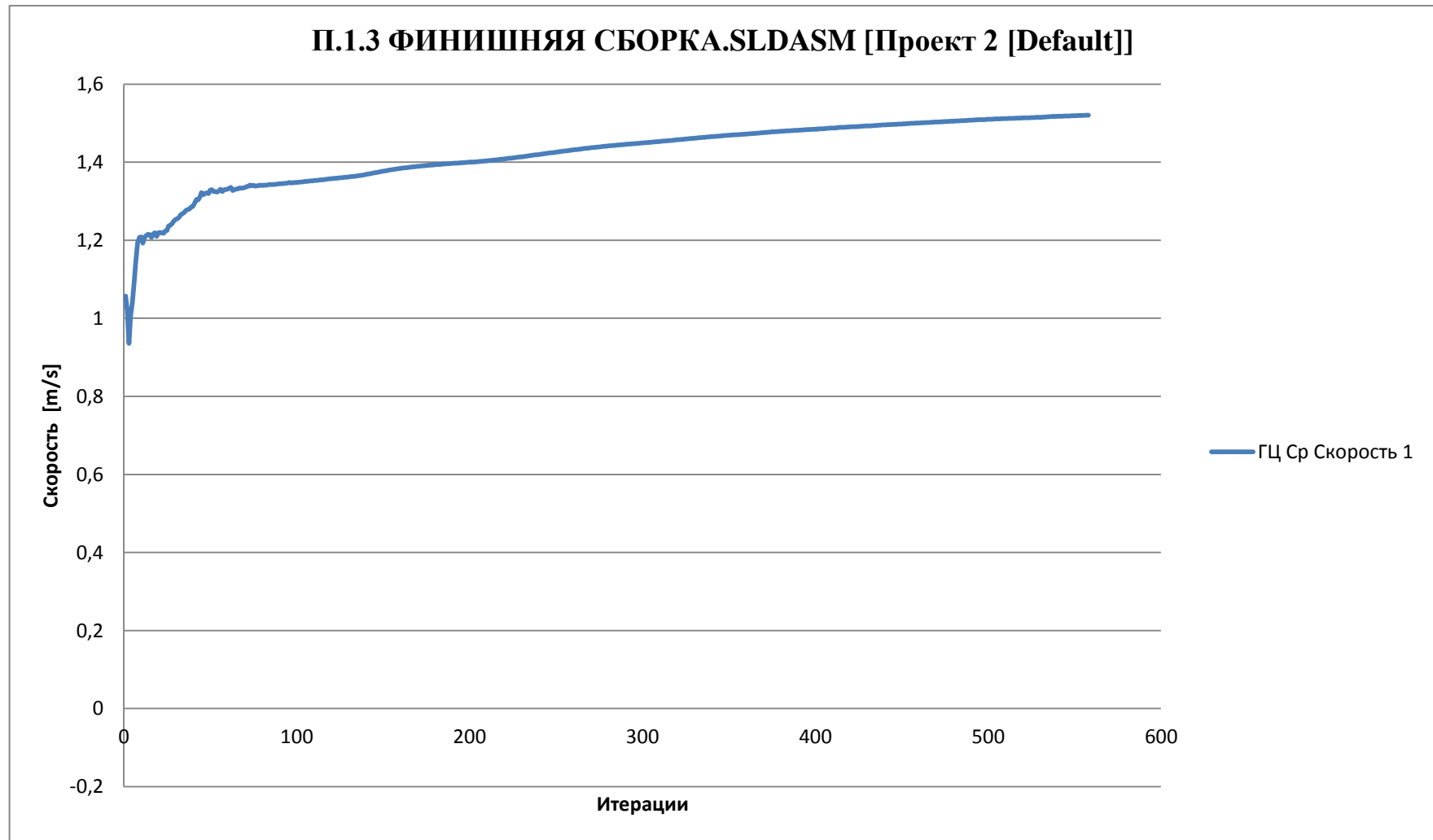
Итерации: 558

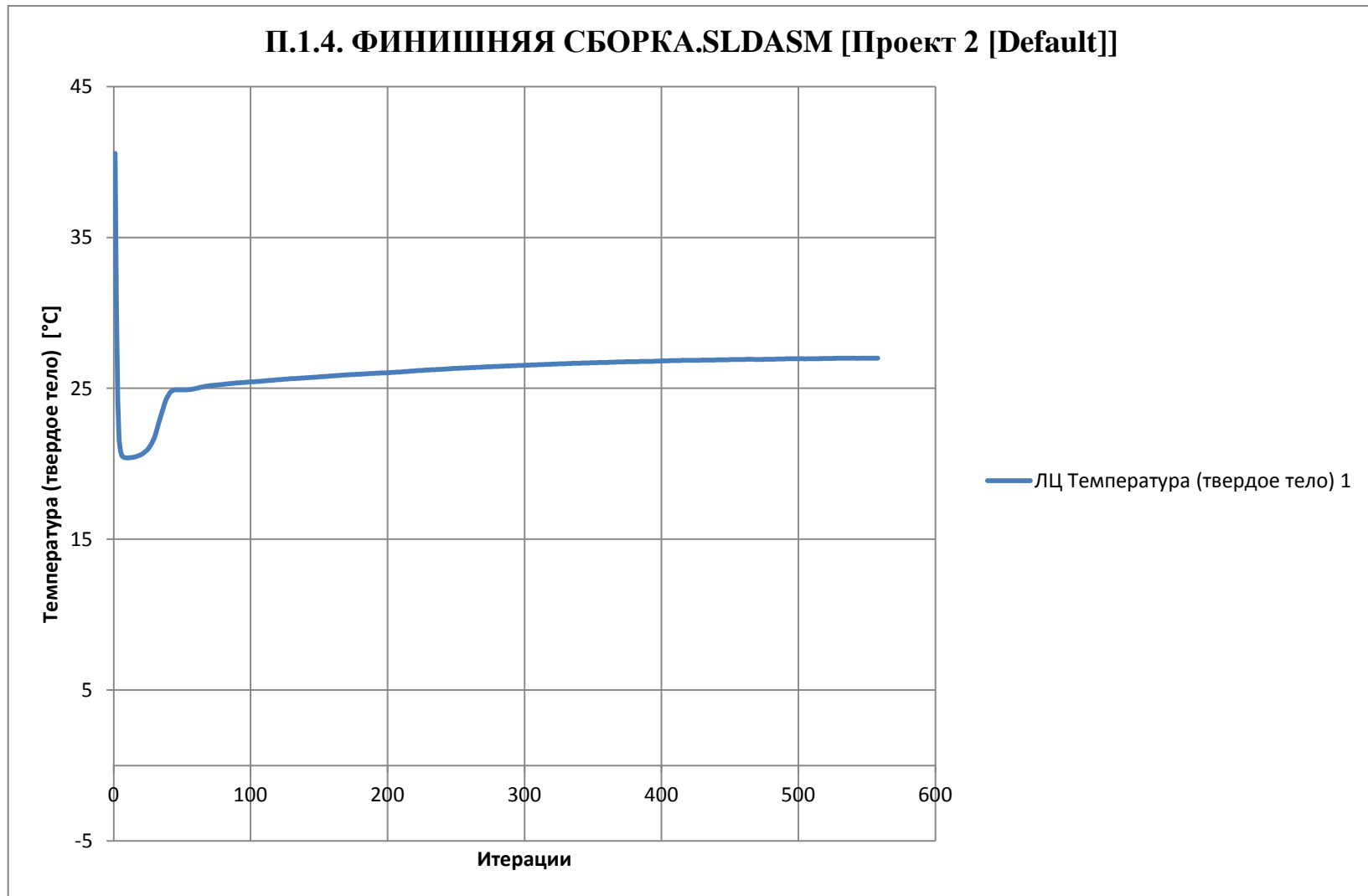
Интервал анализа: 70

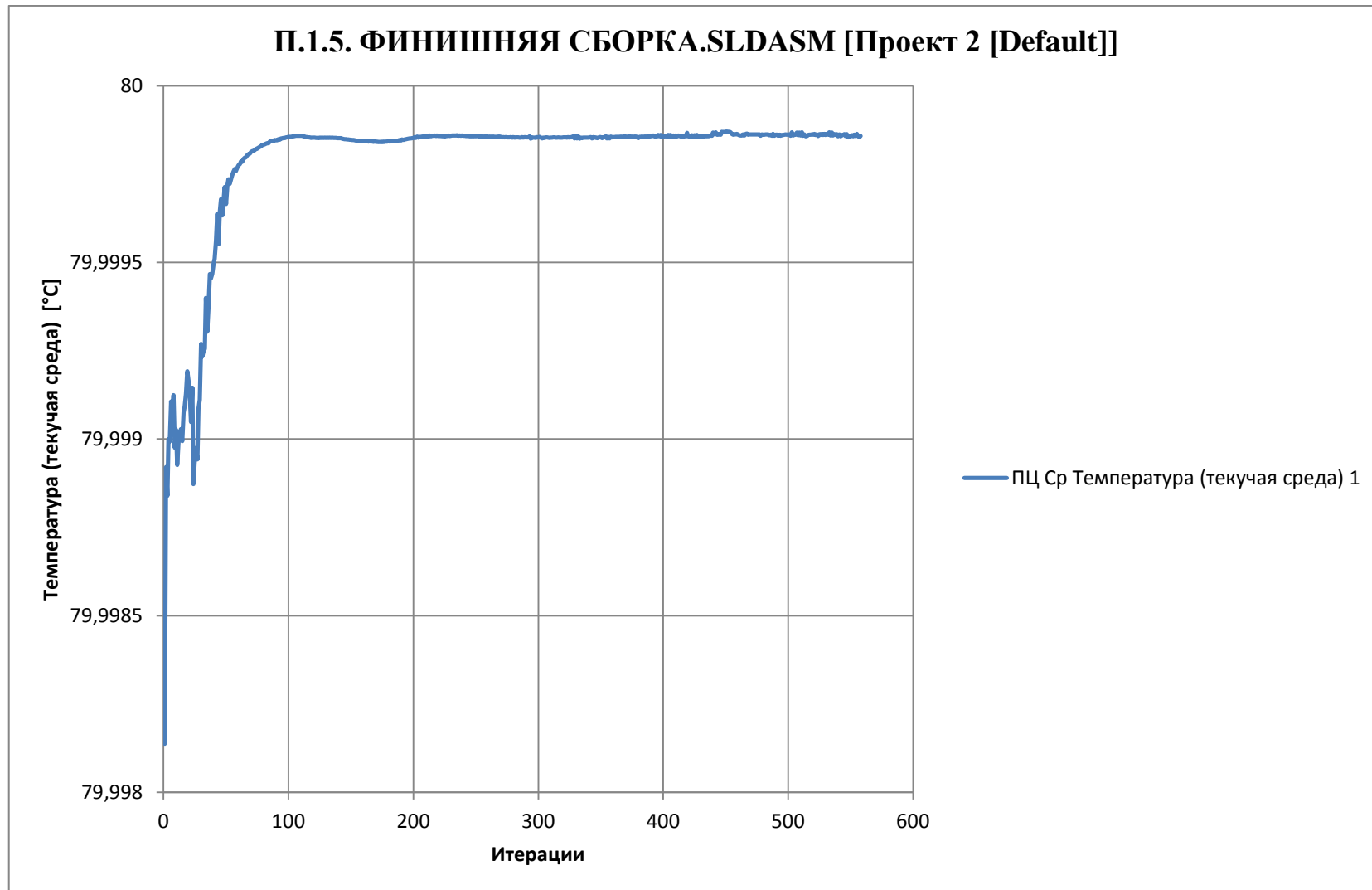
П.1.2 ФИНИШНЯЯ СБОРКА.SLDASM [Проект 2 [Default]]



ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 1







ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 1

П.1.6. ФИНИШНЯЯ СБОРКА.SLDASM [Проект 2 [Default]]

Температура (текущая среда) (°C)		Скорость (m/s)		Температура (твердое тело) (°C)		Температура (текущая среда) (°C)	
Итерации	ГЦ Ср Температура (текущая среда) 1	Итерации	ГЦ Ср Скорость 1	Итерации	ЛЦ Температура (твердое тело) 1	Итерации	ГЦ Ср Температура (текущая среда) 1
1	2	3	4	5	6	7	8
	Да		Да		Да		Да
	100		98,9		100		100
	0,197915479		0,013102002		0,052041961		1,82959E-06
	0,816922961		0,012969038		0,159179515		3,05695E-05
	59,74623489		1,514132371		26,97816433		79,99986098
	59,63381103		1,507355834		26,94986892		79,99985414
	59,83172651		1,520457836		27,00191088		79,99986835
1	20,08818781	1	1,056715019	1	40,56800624	1	79,99813766
2	20,11995419	2	1,022231702	2	30,37050671	2	79,99892108
3	20,14661645	3	0,935479733	3	24,18024714	3	79,99883989
4	20,17050734	4	1,005086068	4	21,54854607	4	79,99899871
5	20,19536943	5	1,040813299	5	20,8499804	5	79,9989937
6	20,23691398	6	1,093918858	6	20,53784387	6	79,9991066
7	20,28440595	7	1,14490496	7	20,45122746	7	79,99907207
8	20,33204658	8	1,19351616	8	20,4090828	8	79,99912445
9	20,37874403	9	1,20755795	9	20,39302695	9	79,9989759
10	20,42577983	10	1,208519857	10	20,38663475	10	79,99902616
11	20,49478517	11	1,192516182	11	20,38898003	11	79,998927
12	20,56083315	12	1,207743069	12	20,40157884	12	79,99899409
13	20,62437038	13	1,212180205	13	20,41334763	13	79,99901571
14	20,68772578	14	1,215020549	14	20,42799059	14	79,99902821
15	20,75044242	15	1,214348916	15	20,44422576	15	79,99899432
16	20,84253557	16	1,207288294	16	20,46890912	16	79,99907571
17	20,93215795	17	1,215657262	17	20,49792336	17	79,99909177
18	21,02113946	18	1,219437421	18	20,53046593	18	79,9991284
19	21,10883992	19	1,209678263	19	20,56438556	19	79,99919192
20	21,19423938	20	1,219160487	20	20,6011961	20	79,99916236
21	21,31894275	21	1,219898656	21	20,65659384	21	79,99912888
22	21,44327733	22	1,218753521	22	20,72236593	22	79,99904869
23	21,5648334	23	1,217829319	23	20,79199429	23	79,99914546
24	21,68375222	24	1,223650031	24	20,868581	24	79,99887268
25	21,79891034	25	1,225439161	25	20,95090098	25	79,99893996
26	21,96718026	26	1,236306219	26	21,08246553	26	79,99897455
27	22,13366042	27	1,238853413	27	21,23499264	27	79,99894252
28	22,29578018	28	1,243542194	28	21,40693322	28	79,999085
29	22,45367141	29	1,249113029	29	21,59503626	29	79,9991114
30	22,60911278	30	1,25318384	30	21,79777487	30	79,99926911
31	22,83162271	31	1,255381319	31	22,09472371	31	79,99923301
32	23,05582538	32	1,258935633	32	22,40890063	32	79,99924783
33	23,27395434	33	1,266118114	33	22,72604029	33	79,99925585
34	23,48596485	34	1,267978921	34	23,03143704	34	79,99939939
35	23,69450022	35	1,271370413	35	23,31646938	35	79,99930416
36	23,99668541	36	1,27653169	36	23,6559404	36	79,9993756
37	24,28677369	37	1,278842499	37	23,95677886	37	79,99946719
38	24,58601588	38	1,280231329	38	24,20444132	38	79,99945467
39	24,88049934	39	1,285332372	39	24,40145195	39	79,99946744
40	25,16573834	40	1,286406566	40	24,55388511	40	79,99949654
41	25,60266642	41	1,295048402	41	24,70786238	41	79,99951061
42	26,0407857	42	1,304690729	42	24,79757628	42	79,99955913
43	26,42771797	43	1,303659641	43	24,85056077	43	79,99963851
44	26,83979009	44	1,311042317	44	24,87988773	44	79,99955223
45	27,24527099	45	1,322145599	45	24,89614215	45	79,99963906
46	27,62181905	46	1,316750286	46	24,90336036	46	79,99967869
47	28,01877163	47	1,320142892	47	24,90632242	47	79,99963306
48	28,43855728	48	1,321128688	48	24,9056344	48	79,99967033
49	28,81390555	49	1,319140891	49	24,90445577	49	79,99971365
50	29,22591508	50	1,328792885	50	24,90413558	50	79,9996654
51	29,61389794	51	1,329570044	51	24,9035781	51	79,99971795
52	29,95548859	52	1,32441199	52	24,9039375	52	79,99973503
53	30,28100677	53	1,324999482	53	24,905842	53	79,99972231
54	30,60551309	54	1,323540295	54	24,90980644	54	79,99973564
55	30,94519595	55	1,327029698	55	24,9167403	55	79,99974659
56	31,29504289	56	1,330529003	56	24,92569666	56	79,99975676
57	31,61822068	57	1,324789508	57	24,93863363	57	79,99976484
58	31,92571537	58	1,329347403	58	24,95428945	58	79,99975821
59	32,27871368	59	1,329926701	59	24,97251306	59	79,99976731
60	32,59575121	60	1,330656941	60	24,99177128	60	79,9997753
61	32,91922425	61	1,333508839	61	25,01267771	61	79,99977843
62	33,23359242	62	1,335370868	62	25,0340968	62	79,99978591
63	33,53084122	63	1,327617356	63	25,05538241	63	79,99978479
64	33,80035767	64	1,32952829	64	25,07607016	64	79,9997928

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 1

1	2	3	4	5	6	7	8
65	34,08345269	65	1,33123427	65	25,09671704	65	79,99979588
66	34,34966851	66	1,331131518	66	25,11576686	66	79,99979768
67	34,61962122	67	1,334150853	67	25,13237099	67	79,99980362
68	34,92405625	68	1,333508674	68	25,14691437	68	79,99980688
69	35,21537033	69	1,334092692	69	25,15885698	69	79,99980775
70	35,48508071	70	1,334581931	70	25,17106727	70	79,99981234
71	35,77820046	71	1,337252871	71	25,18135234	71	79,99981506
72	36,05504428	72	1,337966396	72	25,19133205	72	79,99981554
73	36,34134686	73	1,341492179	73	25,19966663	73	79,99981765
74	36,61306641	74	1,339554986	74	25,20872915	74	79,99982144
75	36,87068666	75	1,341009164	75	25,21782026	75	79,99982199
76	37,12830269	76	1,338802102	76	25,22598853	76	79,99982434
77	37,35936732	77	1,339485859	77	25,23456086	77	79,99982686
78	37,58975483	78	1,340224345	78	25,24392648	78	79,99982853
79	37,81453308	79	1,341633398	79	25,2523992	79	79,99983297
80	38,02926779	80	1,339971207	80	25,26598419	80	79,99983313
81	38,23980943	81	1,341414475	81	25,2774845	81	79,99983442
82	38,459138	82	1,340958331	82	25,28687192	82	79,99983615
83	38,66985557	83	1,341710719	83	25,2963569	83	79,99983728
84	38,87615362	84	1,343032506	84	25,30394166	84	79,99983783
85	39,09228501	85	1,342654378	85	25,31340352	85	79,99984185
86	39,29541368	86	1,342456186	86	25,32264223	86	79,99984392
87	39,49728683	87	1,343038887	87	25,33156887	87	79,99984333
88	39,68764567	88	1,343708055	88	25,34068414	88	79,99984444
89	39,87642753	89	1,343849583	89	25,34974381	89	79,99984615
90	40,05935766	90	1,344459256	90	25,35738129	90	79,99984591
91	40,24317261	91	1,344738879	91	25,36400622	91	79,99984594
92	40,42343844	92	1,345510604	92	25,36999718	92	79,99984882
93	40,60045901	93	1,345531207	93	25,37621767	93	79,99984756
94	40,77199003	94	1,346416234	94	25,38225893	94	79,99985085
95	40,94269081	95	1,34669913	95	25,38918022	95	79,99985068
96	41,10764012	96	1,347788006	96	25,39608785	96	79,99985213
97	41,26640098	97	1,346894215	97	25,40334695	97	79,99985199
98	41,42116117	98	1,347608994	98	25,4121105	98	79,99985399
99	41,57761291	99	1,347787688	99	25,4201211	99	79,99985378
100	41,73097251	100	1,348305441	100	25,42685736	100	79,99985526
101	41,88294383	101	1,348641356	101	25,43196066	101	79,99985529
102	42,03029541	102	1,349073692	102	25,43658132	102	79,99985568
103	42,17636066	103	1,34944883	103	25,44195703	103	79,99985657
104	42,31931314	104	1,350101415	104	25,4474263	104	79,99985721
105	42,46393044	105	1,350477674	105	25,45294884	105	79,99985792
106	42,60328228	106	1,350986725	106	25,4604031	106	79,99985871
107	42,7412463	107	1,351352842	107	25,46908336	107	79,99985847
108	42,87562212	108	1,351904304	108	25,47825618	108	79,99985864
109	43,00882722	109	1,352258399	109	25,48743974	109	79,99985887
110	43,13483256	110	1,352715065	110	25,49491423	110	79,99985834
111	43,26150746	111	1,353125757	111	25,50165452	111	79,99985829
112	43,38813636	112	1,353603163	112	25,5089686	112	79,99985678
113	43,51600035	113	1,35402471	113	25,51574671	113	79,99985644
114	43,64403638	114	1,354668259	114	25,52247864	114	79,99985501
115	43,77320195	115	1,355078589	115	25,53017334	115	79,99985459
116	43,90325007	116	1,355570357	116	25,53790198	116	79,99985418
117	44,0362761	117	1,356117329	117	25,54687797	117	79,99985383
118	44,17043465	118	1,356623144	118	25,55513058	118	79,99985273
119	44,30726279	119	1,357157188	119	25,56241927	119	79,99985312
120	44,44773712	120	1,357567493	120	25,57010336	120	79,99985291
121	44,58749237	121	1,35799943	121	25,57862452	121	79,99985299
122	44,73315387	122	1,35858771	122	25,58576008	122	79,99985242
123	44,87873012	123	1,358994862	123	25,59229424	123	79,99985276
124	45,03032207	124	1,359470407	124	25,59798415	124	79,99985207
125	45,18160955	125	1,359821016	125	25,60541549	125	79,99985292
126	45,33509916	126	1,360341475	126	25,6128191	126	79,99985226
127	45,49083929	127	1,360715113	127	25,62083528	127	79,999853
128	45,64673124	128	1,361230122	128	25,62774511	128	79,99985258
129	45,80206795	129	1,361644522	129	25,63634695	129	79,99985316
130	45,95934159	130	1,362143018	130	25,64348541	130	79,99985258
131	46,11792602	131	1,362564878	131	25,64824636	131	79,99985311
132	46,27752078	132	1,363154847	132	25,65209154	132	79,99985285
133	46,4368438	133	1,363732781	133	25,65663619	133	79,99985317
134	46,59610877	134	1,364339382	134	25,66130395	134	79,99985277
135	46,7544149	135	1,364956168	135	25,66729452	135	79,99985311
136	46,91242233	136	1,365626973	136	25,67290708	136	79,99985215
137	47,06787272	137	1,366343236	137	25,67983164	137	79,99985271
138	47,22324126	138	1,367083172	138	25,68597086	138	79,99985237
139	47,37738182	139	1,367780997	139	25,69261858	139	79,99985206
140	47,52929336	140	1,368595559	140	25,69912644	140	79,99985188
141	47,68198126	141	1,369423138	141	25,70474128	141	79,99985139
142	47,83126777	142	1,370185824	142	25,70945649	142	79,99985141

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 1

1	2	3	4	5	6	7	8
143	47,98167521	143	1,371051485	143	25,71522249	143	79,99985012
144	48,12720571	144	1,3719123	144	25,72097692	144	79,99984964
145	48,2747679	145	1,372788157	145	25,72689507	145	79,99984903
146	48,42009799	146	1,37357247	146	25,7324103	146	79,99984903
147	48,56571725	147	1,374453715	147	25,73903773	147	79,99984826
148	48,70801398	148	1,375228213	148	25,74454719	148	79,99984772
149	48,85129101	149	1,376100371	149	25,75190295	149	79,99984733
150	48,9897906	150	1,376852731	150	25,7579723	150	79,99984685
151	49,12861505	151	1,37767223	151	25,7649933	151	79,99984668
152	49,26298847	152	1,378400839	152	25,77132224	152	79,99984623
153	49,39773641	153	1,37920104	153	25,77883751	153	79,99984556
154	49,5273283	154	1,379857881	154	25,78619573	154	79,99984527
155	49,65847507	155	1,380586141	155	25,79306618	155	79,99984449
156	49,78516398	156	1,381291848	156	25,79907047	156	79,99984448
157	49,91192626	157	1,381950445	157	25,80574211	157	79,99984416
158	50,03539212	158	1,382685899	158	25,81314917	158	79,99984408
159	50,15958475	159	1,383250579	159	25,81888505	159	79,999844
160	50,27947997	160	1,383934029	160	25,82603906	160	79,99984324
161	50,39842125	161	1,38452205	161	25,83130166	161	79,99984361
162	50,51512285	162	1,385159081	162	25,83816206	162	79,99984303
163	50,63107997	163	1,385654481	163	25,84519514	163	79,99984399
164	50,74392457	164	1,386306939	164	25,85228844	164	79,99984217
165	50,85597713	165	1,386802251	165	25,85884926	165	79,99984371
166	50,96731017	166	1,387406225	166	25,86461184	166	79,99984193
167	51,07657923	167	1,387881847	167	25,87100694	167	79,99984292
168	51,18328275	168	1,388430837	168	25,87715386	168	79,99984105
169	51,28775857	169	1,388907362	169	25,88200511	169	79,99984251
170	51,39002798	170	1,389341085	170	25,88876154	170	79,99984099
171	51,49247377	171	1,38976272	171	25,89539364	171	79,99984197
172	51,59095863	172	1,390214771	172	25,90132768	172	79,99984042
173	51,6891602	173	1,390685266	173	25,90608696	173	79,99984148
174	51,78737445	174	1,391064275	174	25,91195353	174	79,99984057
175	51,87894181	175	1,39146898	175	25,9157451	175	79,99984224
176	51,97088402	176	1,391906884	176	25,92037728	176	79,99984064
177	52,06420075	177	1,392340468	177	25,92401074	177	79,99984185
178	52,15375032	178	1,392670105	178	25,92891329	178	79,99984229
179	52,24334002	179	1,393066642	179	25,93516105	179	79,99984233
180	52,32843318	180	1,393434149	180	25,94094857	180	79,99984315
181	52,41343172	181	1,393867145	181	25,94639939	181	79,99984169
182	52,49627425	182	1,394174539	182	25,95234754	182	79,99984267
183	52,58004236	183	1,394496933	183	25,9562971	183	79,99984254
184	52,66055358	184	1,394868762	184	25,96085248	184	79,99984351
185	52,7410413	185	1,395234081	185	25,96375768	185	79,99984317
186	52,81846388	186	1,395545419	186	25,97084545	186	79,99984373
187	52,89558138	187	1,395881158	187	25,97725318	187	79,99984454
188	52,96923061	188	1,396183292	188	25,98376824	188	79,99984461
189	53,04372822	189	1,396524531	189	25,98860766	189	79,99984627
190	53,11478509	190	1,396859995	190	25,99381862	190	79,99984463
191	53,18649899	191	1,397197606	191	25,99851525	191	79,99984833
192	53,25603785	192	1,397483015	192	26,00238694	192	79,99984685
193	53,32476888	193	1,397774258	193	26,00541999	193	79,99984831
194	53,39206273	194	1,398102767	194	26,00940399	194	79,99984879
195	53,45864762	195	1,398413021	195	26,01475701	195	79,99984962
196	53,52325528	196	1,398682986	196	26,01944964	196	79,99985018
197	53,58811378	197	1,3989469	197	26,02311306	197	79,99985097
198	53,65106368	198	1,399273735	198	26,02685742	198	79,99985123
199	53,71328491	199	1,399588173	199	26,02952613	199	79,99985209
200	53,77480407	200	1,399861825	200	26,03333276	200	79,99985151
201	53,83470043	201	1,400144968	201	26,03714183	201	79,99985502
202	53,89503653	202	1,400478883	202	26,04199678	202	79,99985272
203	53,95303976	203	1,400856536	203	26,04856704	203	79,99985589
204	54,01003173	204	1,401163306	204	26,05594921	204	79,99985317
205	54,0670952	205	1,40156526	205	26,06009796	205	79,99985533
206	54,12245579	206	1,401939486	206	26,06608039	206	79,99985448
207	54,17692288	207	1,402354117	207	26,07007377	207	79,99985563
208	54,23128345	208	1,402702386	208	26,07566353	208	79,99985508
209	54,28457495	209	1,403125843	209	26,07927035	209	79,99985676
210	54,33594491	210	1,403540372	210	26,08598341	210	79,99985551
211	54,38749916	211	1,403986978	211	26,09354135	211	79,99985768
212	54,43806664	212	1,404417241	212	26,10259791	212	79,99985652
213	54,48753403	213	1,404878118	213	26,10869839	213	79,99985918
214	54,53672912	214	1,405328115	214	26,11733876	214	79,99985683
215	54,58566268	215	1,405758784	215	26,12422239	215	79,99985862
216	54,63309712	216	1,406256493	216	26,13276029	216	79,99985842
217	54,68142471	217	1,40680106	217	26,13829453	217	79,99985902
218	54,72721125	218	1,407222243	218	26,14603032	218	79,99985797
219	54,77381349	219	1,407781311	219	26,15300781	219	79,99985889
220	54,81930893	220	1,408324088	220	26,16220405	220	79,99985797

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 1

1	2	3	4	5	6	7	8
221	54,86396928	221	1,408824841	221	26,16642691	221	79,99985772
222	54,90999023	222	1,409460767	222	26,17327697	222	79,99985836
223	54,95438715	223	1,409898473	223	26,17834865	223	79,99985702
224	54,99903887	224	1,410513063	224	26,18586375	224	79,99985751
225	55,04343614	225	1,411079548	225	26,18967903	225	79,99985654
226	55,08797959	226	1,411617096	226	26,19598515	226	79,99985798
227	55,13266938	227	1,412108725	227	26,20092606	227	79,99985777
228	55,17699771	228	1,412755644	228	26,208037	228	79,99985889
229	55,22067177	229	1,413247042	229	26,21212066	229	79,99985771
230	55,26446819	230	1,413861069	230	26,21789267	230	79,9998587
231	55,30772623	231	1,414340649	231	26,22141343	231	79,99985904
232	55,35041246	232	1,414990418	232	26,22781091	232	79,99985922
233	55,3938484	233	1,415520568	233	26,23060503	233	79,99985919
234	55,43656496	234	1,416144372	234	26,23567303	234	79,99985921
235	55,47987228	235	1,41665143	235	26,23902652	235	79,99985972
236	55,52104101	236	1,417320446	236	26,24602292	236	79,9998588
237	55,56378688	237	1,417887832	237	26,24981009	237	79,99985954
238	55,60422059	238	1,418535861	238	26,25657528	238	79,99985883
239	55,64561555	239	1,419027363	239	26,26011557	239	79,99985906
240	55,68545828	240	1,419589371	240	26,26763415	240	79,99985848
241	55,72667634	241	1,420267572	241	26,2721917	241	79,9998586
242	55,76677657	242	1,420974337	242	26,27897268	242	79,99985783
243	55,80544615	243	1,421578095	243	26,28281124	243	79,99985761
244	55,84492808	244	1,422098451	244	26,29142699	244	79,99985765
245	55,88378804	245	1,422772553	245	26,29604156	245	79,99985734
246	55,92188	246	1,423316152	246	26,30426573	246	79,99985706
247	55,96059738	247	1,423901673	247	26,30819725	247	79,99985678
248	55,99848138	248	1,424444629	248	26,31615596	248	79,99985813
249	56,03828613	249	1,425103639	249	26,31935674	249	79,9998571
250	56,07629359	250	1,425610533	250	26,3233231	250	79,99985824
251	56,11568444	251	1,426181648	251	26,32570479	251	79,99985732
252	56,15391004	252	1,426745289	252	26,33149483	252	79,99985851
253	56,19191665	253	1,427428798	253	26,33463118	253	79,99985651
254	56,23011094	254	1,427955304	254	26,33991594	254	79,99985753
255	56,26814306	255	1,428586499	255	26,34298769	255	79,99985631
256	56,30495224	256	1,429076085	256	26,34903071	256	79,9998566
257	56,34314688	257	1,429684511	257	26,35333739	257	79,99985599
258	56,37928055	258	1,430280557	258	26,35819798	258	79,99985692
259	56,41594907	259	1,43089024	259	26,36199979	259	79,99985477
260	56,45144666	260	1,431411597	260	26,36671546	260	79,99985639
261	56,48725152	261	1,432026591	261	26,36932212	261	79,99985498
262	56,5215466	262	1,432497239	262	26,37315751	262	79,99985648
263	56,55767878	263	1,432999197	263	26,37622181	263	79,99985549
264	56,59215654	264	1,433604223	264	26,38214191	264	79,99985603
265	56,62676926	265	1,43420691	265	26,38632116	265	79,99985517
266	56,66113427	266	1,434687786	266	26,39275454	266	79,99985575
267	56,69482257	267	1,435279521	267	26,39823252	267	79,99985556
268	56,72842524	268	1,435723861	268	26,40319536	268	79,99985613
269	56,76290789	269	1,436285622	269	26,40872823	269	79,99985608
270	56,79486423	270	1,436717235	270	26,4150038	270	79,99985537
271	56,82865348	271	1,437288383	271	26,41846448	271	79,99985426
272	56,86058503	272	1,437861968	272	26,42291086	272	79,99985493
273	56,89274018	273	1,438392148	273	26,42657796	273	79,99985362
274	56,92452816	274	1,438776627	274	26,43115256	274	79,99985492
275	56,95695808	275	1,439224976	275	26,43521113	275	79,99985378
276	56,98643919	276	1,439699552	276	26,43867146	276	79,99985434
277	57,01956317	277	1,440233698	277	26,44299276	277	79,99985388
278	57,04914633	278	1,440574338	278	26,44680861	278	79,99985456
279	57,07931984	279	1,440982246	279	26,45011496	279	79,99985325
280	57,10865915	280	1,441532927	280	26,45266316	280	79,99985464
281	57,13923089	281	1,441955503	281	26,4555888	281	79,99985351
282	57,16717102	282	1,442311656	282	26,45981473	282	79,99985364
283	57,19769729	283	1,442868485	283	26,46317636	283	79,9998537
284	57,2260561	284	1,443171296	284	26,46759435	284	79,99985365
285	57,25442207	285	1,443670907	285	26,47040372	285	79,99985295
286	57,28311506	286	1,444010732	286	26,47571481	286	79,99985349
287	57,31206257	287	1,444350189	287	26,47956758	287	79,99985447
288	57,33779418	288	1,444748046	288	26,48271069	288	79,99985332
289	57,36689377	289	1,445218187	289	26,48547426	289	79,99985448
290	57,39291864	290	1,445556784	290	26,49170286	290	79,99985394
291	57,41932934	291	1,446036356	291	26,49460691	291	79,99985393
292	57,44554761	292	1,446389698	292	26,49986081	292	79,99985394
293	57,47176731	293	1,446755111	293	26,50259547	293	79,99985675
294	57,49469681	294	1,447039517	294	26,50854507	294	79,99985008
295	57,52054698	295	1,447573844	295	26,51158332	295	79,99985391
296	57,5441703	296	1,447818526	296	26,51545726	296	79,99985287
297	57,56756328	297	1,448248431	297	26,51644627	297	79,99985303
298	57,5918458	298	1,44856971	298	26,519616	298	79,99985272

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 1

1	2	3	4	5	6	7	8
299	57,61593466	299	1,448910543	299	26,52288078	299	79,99985489
300	57,63827253	300	1,449265542	300	26,52797297	300	79,99985301
301	57,66176536	301	1,449854789	301	26,53137711	301	79,99985519
302	57,68385858	302	1,450001229	302	26,53564913	302	79,99985343
303	57,70504679	303	1,450499279	303	26,5400363	303	79,99985114
304	57,72661116	304	1,45084744	304	26,54462555	304	79,99985353
305	57,74880185	305	1,451066849	305	26,54653422	305	79,9998524
306	57,76922228	306	1,451335213	306	26,55039072	306	79,99985374
307	57,79109729	307	1,45217667	307	26,55420444	307	79,99985431
308	57,81075744	308	1,452316078	308	26,55873137	308	79,99985322
309	57,83252884	309	1,452965458	309	26,56165786	309	79,9998528
310	57,85202716	310	1,453086213	310	26,56496747	310	79,99985299
311	57,87231115	311	1,45359139	311	26,56853509	311	79,99985327
312	57,89134483	312	1,453977234	312	26,57339661	312	79,99985367
313	57,91082232	313	1,454369558	313	26,57613964	313	79,99985396
314	57,92748955	314	1,454687484	314	26,58046342	314	79,99985293
315	57,94667616	315	1,455248499	315	26,58388643	315	79,99985324
316	57,96486887	316	1,455465051	316	26,58996105	316	79,99985385
317	57,98210964	317	1,455832014	317	26,59250613	317	79,99985287
318	58,00122114	318	1,456404025	318	26,59688546	318	79,99985359
319	58,01821902	319	1,456755855	319	26,59764612	319	79,99985321
320	58,03636212	320	1,457386635	320	26,60178123	320	79,99985415
321	58,05416469	321	1,457628439	321	26,60384027	321	79,99985377
322	58,07139578	322	1,45802705	322	26,60771388	322	79,99985416
323	58,08979384	323	1,458443672	323	26,61002554	323	79,99985351
324	58,10689097	324	1,458824042	324	26,61462609	324	79,99985451
325	58,12303046	325	1,459261789	325	26,61820863	325	79,99985349
326	58,1414588	326	1,459840646	326	26,62012991	326	79,99985468
327	58,16057156	327	1,460152959	327	26,62291867	327	79,99985406
328	58,17909342	328	1,460739533	328	26,62655863	328	79,99985671
329	58,19753149	329	1,460980748	329	26,62814213	329	79,99985123
330	58,21354334	330	1,461434804	330	26,63411947	330	79,99985664
331	58,23203592	331	1,461868195	331	26,63774426	331	79,99985068
332	58,24847549	332	1,462157964	332	26,642299	332	79,9998573
333	58,26706222	333	1,462733729	333	26,6454542	333	79,99985049
334	58,28273954	334	1,463124473	334	26,65009691	334	79,99985307
335	58,30179107	335	1,463439064	335	26,6534943	335	79,99985152
336	58,31746837	336	1,463866056	336	26,65653433	336	79,99985355
337	58,33543749	337	1,464236291	337	26,65841011	337	79,99985311
338	58,35077575	338	1,464610975	338	26,66229431	338	79,9998534
339	58,37015256	339	1,465003404	339	26,66366076	339	79,99985337
340	58,38323828	340	1,465320934	340	26,66707404	340	79,99985342
341	58,40260314	341	1,465728857	341	26,66945943	341	79,99985426
342	58,41850803	342	1,466039474	342	26,67226239	342	79,99985491
343	58,43204602	343	1,466417822	343	26,67564305	343	79,99985127
344	58,44782453	344	1,466802063	344	26,6790495	344	79,99985449
345	58,46442756	345	1,467051999	345	26,67997084	345	79,99985351
346	58,47644389	346	1,467411181	346	26,68267342	346	79,99985401
347	58,49467293	347	1,468069435	347	26,6849764	347	79,99985166
348	58,50858018	348	1,468106172	348	26,68864811	348	79,99985272
349	58,52575987	349	1,468829513	349	26,69034755	349	79,99985454
350	58,53937905	350	1,468879091	350	26,69256706	350	79,99985467
351	58,55514422	351	1,46931181	351	26,69542625	351	79,99985157
352	58,56780492	352	1,469385945	352	26,69985916	352	79,99985429
353	58,58322951	353	1,470021023	353	26,7029889	353	79,99985465
354	58,59619552	354	1,470142636	354	26,70655179	354	79,99985731
355	58,60987675	355	1,470533579	355	26,70771216	355	79,99985115
356	58,62345752	356	1,470744156	356	26,71037229	356	79,99985561
357	58,63605931	357	1,470954156	357	26,71172631	357	79,99985109
358	58,64827169	358	1,471370385	358	26,71508675	358	79,99985624
359	58,66284156	359	1,471748507	359	26,71585501	359	79,99985395
360	58,67444753	360	1,471993814	360	26,71710344	360	79,99985475
361	58,68782613	361	1,472394061	361	26,72028007	361	79,99985505
362	58,69990022	362	1,472740919	362	26,72386303	362	79,99985525
363	58,70962154	363	1,473122003	363	26,72665061	363	79,99985522
364	58,72172402	364	1,473404048	364	26,73149044	364	79,99985543
365	58,73093734	365	1,47380788	365	26,73528996	365	79,99985479
366	58,74230956	366	1,474117313	366	26,74001835	366	79,99985613
367	58,75520308	367	1,474461444	367	26,74158432	367	79,99985512
368	58,76297991	368	1,474772393	368	26,74514058	368	79,99985594
369	58,77630588	369	1,475440179	369	26,74794165	369	79,99985752
370	58,78682687	370	1,4755488	370	26,7510509	370	79,99985656
371	58,79927942	371	1,476333535	371	26,75357282	371	79,99985546
372	58,81058934	372	1,476409551	372	26,75610392	372	79,99985598
373	58,82290985	373	1,477053662	373	26,75728489	373	79,99985718
374	58,83406312	374	1,477082182	374	26,75933933	374	79,99985577
375	58,84661479	375	1,477956254	375	26,76197724	375	79,99985625
376	58,85838423	376	1,477859764	376	26,76497048	376	79,99985521

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 1

1	2	3	4	5	6	7	8
377	58,87171661	377	1,478469296	377	26,76681042	377	79,99985594
378	58,88429142	378	1,478411231	378	26,76913664	378	79,99985647
379	58,89721834	379	1,479095711	379	26,77050951	379	79,99985523
380	58,90985023	380	1,47910339	380	26,77224917	380	79,99985176
381	58,92335288	381	1,479540773	381	26,77260707	381	79,99985552
382	58,93587193	382	1,479626821	382	26,77375995	382	79,99985532
383	58,94825386	383	1,480160605	383	26,77409831	383	79,99985611
384	58,96057418	384	1,480151081	384	26,77684434	384	79,99985571
385	58,97298766	385	1,480555448	385	26,77800336	385	79,99985613
386	58,98561633	386	1,48077567	386	26,78083831	386	79,99985637
387	58,99784109	387	1,481245141	387	26,781791	387	79,99985611
388	59,01021355	388	1,481363651	388	26,78395303	388	79,99985673
389	59,02223766	389	1,481731453	389	26,78559005	389	79,9998561
390	59,03416919	390	1,481865331	390	26,78775443	390	79,99985685
391	59,04602945	391	1,482239613	391	26,78843355	391	79,99985772
392	59,05848216	392	1,48241029	392	26,7897135	392	79,99985892
393	59,06910001	393	1,482762299	393	26,79020702	393	79,99985707
394	59,08107511	394	1,482959829	394	26,79367992	394	79,99985536
395	59,09006464	395	1,483410509	395	26,79693066	395	79,99985721
396	59,10105602	396	1,483514815	396	26,80018987	396	79,9998606
397	59,10924841	397	1,483793954	397	26,80464394	397	79,99985678
398	59,11992849	398	1,484077087	398	26,80812693	398	79,99986101
399	59,13023978	399	1,484405246	399	26,81034619	399	79,99985504
400	59,13771709	400	1,484543105	400	26,81343932	400	79,9998564
401	59,14791313	401	1,484957291	401	26,81632766	401	79,99985681
402	59,15705448	402	1,485096623	402	26,81951036	402	79,99985714
403	59,16423138	403	1,48536881	403	26,82149844	403	79,99985643
404	59,17331006	404	1,485551564	404	26,824312	404	79,99986098
405	59,181661	405	1,485798084	405	26,82665579	405	79,99985549
406	59,18639355	406	1,486173164	406	26,8311399	406	79,99986071
407	59,19615023	407	1,486797987	407	26,83344059	407	79,99985568
408	59,20363946	408	1,486828615	408	26,83563755	408	79,99985894
409	59,211968	409	1,487391764	409	26,83621572	409	79,99985635
410	59,21916327	410	1,487369477	410	26,83803734	410	79,99985907
411	59,22704866	411	1,487950305	411	26,83966238	411	79,99985639
412	59,23415923	412	1,487960208	412	26,84183402	412	79,99985911
413	59,24221747	413	1,488710406	413	26,84302842	413	79,99985815
414	59,24899675	414	1,488683059	414	26,84555828	414	79,99985612
415	59,25726653	415	1,489364039	415	26,84809813	415	79,99985775
416	59,26533712	416	1,489166933	416	26,85037052	416	79,99985621
417	59,27367263	417	1,489608416	417	26,85236381	417	79,99985768
418	59,28107738	418	1,48978511	418	26,85370599	418	79,99985692
419	59,28711224	419	1,490255294	419	26,85360051	419	79,99986706
420	59,29411239	420	1,490256859	420	26,85513353	420	79,9998571
421	59,30079363	421	1,490686623	421	26,85514482	421	79,99985641
422	59,30876878	422	1,490819883	422	26,85583497	422	79,99985576
423	59,31551643	423	1,491174886	423	26,85476659	423	79,99986003
424	59,32368666	424	1,491293126	424	26,85634949	424	79,99985551
425	59,3313769	425	1,491704822	425	26,8567297	425	79,99985996
426	59,34007507	426	1,491831771	426	26,85822113	426	79,99985558
427	59,34605629	427	1,492234659	427	26,85935034	427	79,99986104
428	59,35364314	428	1,492374903	428	26,86262404	428	79,99985539
429	59,35969293	429	1,492698555	429	26,86573238	429	79,99985852
430	59,36696346	430	1,492705894	430	26,86796868	430	79,99985613
431	59,37077329	431	1,49305857	431	26,86957493	431	79,99985602
432	59,37772747	432	1,493239328	432	26,87084655	432	79,99985648
433	59,38042678	433	1,493577487	433	26,87262687	433	79,99985848
434	59,38744456	434	1,493786357	434	26,87545242	434	79,99985723
435	59,39042655	435	1,494210415	435	26,87628472	435	79,99985851
436	59,39869996	436	1,494386614	436	26,87747052	436	79,99985682
437	59,40037399	437	1,494733832	437	26,87767797	437	79,9998581
438	59,40677498	438	1,495006524	438	26,87896712	438	79,99985945
439	59,4112228	439	1,495330673	439	26,88094409	439	79,99985813
440	59,41843898	440	1,495611037	440	26,88341151	440	79,99986759
441	59,42600209	441	1,495845788	441	26,88502175	441	79,99986323
442	59,43155636	442	1,496027232	442	26,88654313	442	79,99986855
443	59,43393559	443	1,49639404	443	26,88801688	443	79,99986181
444	59,43963926	444	1,496565088	444	26,89087452	444	79,99986135
445	59,44652681	445	1,496828224	445	26,89271842	445	79,99986359
446	59,44893225	446	1,497002201	446	26,89568801	446	79,99986145
447	59,45593764	447	1,497283388	447	26,89670244	447	79,99986985
448	59,46127846	448	1,497324008	448	26,89844076	448	79,99986863
449	59,46289592	449	1,497767445	449	26,89947289	449	79,99987007
450	59,46933452	450	1,497971165	450	26,90159375	450	79,9998686
451	59,47438184	451	1,498110883	451	26,90201889	451	79,99987026
452	59,47542139	452	1,498442637	452	26,90203222	452	79,99986867
453	59,48267887	453	1,499020301	453	26,90236697	453	79,99987007
454	59,48801837	454	1,499079947	454	26,90492124	454	79,99986851

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 1

1	2	3	4	5	6	7	8
455	59,49216556	455	1,49952602	455	26,90652961	455	79,99986376
456	59,49746383	456	1,49948267	456	26,90851426	456	79,99986152
457	59,50369973	457	1,499919627	457	26,90966103	457	79,99986292
458	59,50789299	458	1,499999686	458	26,91062165	458	79,99986214
459	59,51506237	459	1,500397167	459	26,91286692	459	79,99986372
460	59,51929875	460	1,500452922	460	26,91529481	460	79,9998615
461	59,52369757	461	1,500791383	461	26,91811225	461	79,99985994
462	59,52795801	462	1,500956043	462	26,91959893	462	79,99985927
463	59,53294807	463	1,501298548	463	26,92025786	463	79,99985925
464	59,53669805	464	1,501391445	464	26,9222404	464	79,99986194
465	59,53753315	465	1,501738165	465	26,92223466	465	79,99985917
466	59,54292647	466	1,501916881	466	26,92240413	466	79,9998635
467	59,5453824	467	1,502178032	467	26,92056	467	79,99986433
468	59,55064691	468	1,50238	468	26,91817476	468	79,99986142
469	59,55214909	469	1,502728414	469	26,91678651	469	79,99986238
470	59,55810628	470	1,502854159	470	26,91651529	470	79,99986247
471	59,56002885	471	1,503099266	471	26,91566017	471	79,99986247
472	59,56600841	472	1,503238011	472	26,91582515	472	79,99986221
473	59,56962834	473	1,503599236	473	26,91586226	473	79,99986222
474	59,57512222	474	1,503810629	474	26,91791883	474	79,99986218
475	59,5778105	475	1,504075993	475	26,91863657	475	79,99986207
476	59,58325277	476	1,504211969	476	26,91982424	476	79,99986218
477	59,58650503	477	1,504492804	477	26,92029009	477	79,99986261
478	59,59174667	478	1,504691437	478	26,92159639	478	79,99985857
479	59,59559309	479	1,504932872	479	26,92354168	479	79,99986191
480	59,60105262	480	1,505239178	480	26,92680219	480	79,99986165
481	59,60224309	481	1,505474493	481	26,9286773	481	79,99986187
482	59,60704486	482	1,505695879	482	26,93229195	482	79,99986233
483	59,61294092	483	1,505853605	483	26,93489044	483	79,99986208
484	59,61292547	484	1,506106461	484	26,94078018	484	79,99986196
485	59,61856953	485	1,506557076	485	26,9437102	485	79,99985977
486	59,62220412	486	1,506560016	486	26,94685905	486	79,9998615
487	59,62696367	487	1,507023852	487	26,94770302	487	79,99985869
488	59,6307363	488	1,507063306	488	26,94988036	488	79,99986388
489	59,63381103	489	1,507355834	489	26,94986892	489	79,99985887
490	59,63818102	490	1,507541968	490	26,95370559	490	79,99986172
491	59,64299894	491	1,507701756	491	26,95451829	491	79,99986117
492	59,64927257	492	1,508200539	492	26,9571194	492	79,99985864
493	59,6535438	493	1,508295226	493	26,95719762	493	79,9998616
494	59,65483618	494	1,508735338	494	26,95938378	494	79,99985831
495	59,65837225	495	1,508822271	495	26,95987521	495	79,99986106
496	59,6582729	496	1,508914192	496	26,96050393	496	79,99986101
497	59,66441487	497	1,508861938	497	26,95827245	497	79,99986167
498	59,66508906	498	1,509194775	498	26,95880512	498	79,9998621
499	59,66999576	499	1,509417581	499	26,95669135	499	79,99986176
500	59,67175022	500	1,510001469	500	26,95743667	500	79,99986253
501	59,67652949	501	1,509985132	501	26,95609717	501	79,99986136
502	59,67600081	502	1,510570832	502	26,9559261	502	79,99985837
503	59,68198496	503	1,510468126	503	26,95466449	503	79,99986835
504	59,68173215	504	1,510961036	504	26,95494763	504	79,99985938
505	59,68882404	505	1,510840423	505	26,95399	505	79,99986124
506	59,68899095	506	1,511068982	506	26,95429549	506	79,99986136
507	59,69623879	507	1,511185701	507	26,95486783	507	79,99986782
508	59,69753143	508	1,511474504	508	26,95846121	508	79,99985972
509	59,70458053	509	1,511582799	509	26,96029843	509	79,99986737
510	59,7052871	510	1,511712218	510	26,96255907	510	79,99985925
511	59,71218224	511	1,511919839	511	26,96360563	511	79,99986835
512	59,71365863	512	1,512246251	512	26,96580272	512	79,99985855
513	59,71961828	513	1,512307134	513	26,96613554	513	79,99986257
514	59,72156951	514	1,512539504	514	26,96883056	514	79,9998572
515	59,72734916	515	1,512607174	515	26,96996489	515	79,99985757
516	59,7298391	516	1,512863237	516	26,97219199	516	79,99986038
517	59,73596893	517	1,512827477	517	26,97142788	517	79,99986165
518	59,73849086	518	1,513048217	518	26,97254393	518	79,99986133
519	59,74523588	519	1,513093841	519	26,97305657	519	79,99986201
520	59,75070653	520	1,513397752	520	26,97526399	520	79,99986145
521	59,7567347	521	1,513420661	521	26,97661679	521	79,99986413
522	59,76070535	522	1,513658529	522	26,97921091	522	79,99986113
523	59,76575391	523	1,513794379	523	26,98055655	523	79,999862
524	59,76951594	524	1,513955334	524	26,98473446	524	79,99985778
525	59,77354135	525	1,514187412	525	26,98707107	525	79,99986328
526	59,7769921	526	1,514384386	526	26,99021987	526	79,99986091
527	59,78064761	527	1,514448666	527	26,98960799	527	79,99986376
528	59,78208125	528	1,514760351	528	26,99128175	528	79,99986076
529	59,7835527	529	1,514886797	529	26,99112519	529	79,99986361
530	59,78361109	530	1,515057261	530	26,99169352	530	79,9998608
531	59,78340094	531	1,51528394	531	26,99189198	531	79,99986373
532	59,78520866	532	1,515665366	532	26,99490468	532	79,99986122

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 1

1	2	3	4	5	6	7	8
533	59,7860043	533	1,515745742	533	26,99427671	533	79,99986795
534	59,78482288	534	1,516287521	534	26,99583408	534	79,99985889
535	59,78680205	535	1,5162756	535	26,99628642	535	79,99986742
536	59,78436813	536	1,516907036	536	26,99801603	536	79,99985897
537	59,78747757	537	1,516758221	537	26,99564785	537	79,99986293
538	59,78658799	538	1,517341954	538	26,99521038	538	79,99986087
539	59,78875369	539	1,517337289	539	26,99255375	539	79,99986294
540	59,78692179	540	1,517648788	540	26,99210453	540	79,99985694
541	59,78983155	541	1,517619313	541	26,99025905	541	79,9998624
542	59,7886518	542	1,517839429	542	26,99071412	542	79,99985699
543	59,79405912	543	1,517757363	543	26,98919783	543	79,99986092
544	59,79265979	544	1,518214488	544	26,99135499	544	79,99986078
545	59,79705384	545	1,518217584	545	26,99111118	545	79,99986327
546	59,79629847	546	1,51841816	546	26,9938294	546	79,99985741
547	59,80132325	547	1,518524481	547	26,99392453	547	79,99986308
548	59,80267408	548	1,518838863	548	26,99496381	548	79,99985414
549	59,80862679	549	1,518870494	549	26,99379136	549	79,99985748
550	59,81148578	550	1,519134581	550	26,99583248	550	79,99985686
551	59,81668566	551	1,519132251	551	26,99569014	551	79,99985997
552	59,82070369	552	1,519385773	552	26,99742574	552	79,9998573
553	59,82450398	553	1,519532986	553	26,99679133	553	79,99986131
554	59,82510095	554	1,519807802	554	26,99910935	554	79,99985767
555	59,82964158	555	1,51981081	555	26,99792756	555	79,99986349
556	59,82828647	556	1,52004617	556	27,00052704	556	79,99985751
557	59,83172651	557	1,5201093	557	26,99998844	557	79,99985497
558	59,8307867	558	1,520457836	558	27,00191088	558	79,99985763

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

УТВЕРЖДАЮ

Председатель крестьянское хозяйство «Кайрат» Сокулукского района Чуйской области



Исмаилов Ж.К.

2021 г.

АКТ

внедрения результатов научно-исследовательских и научно-технических работ

- Автор внедрения:** Карасартов Урмат Эркинбекович, Осмонов Ысман Джусупбекович
- Наименование научно-исследовательских и научно-технических работ:** Разработка и обоснование основных параметров машины для переработки продуктов зерна
- Краткая аннотация:** Разработана жерновая мини-мельница с горизонтальными осями вращения с отличительной особенностью, которого является то, что на неподвижном жернове сделаны пять сквозных отверстия, одно в центре круга жернова и четыре на осях координат под углом 90° для аспирации измельчаемого материала и охлаждения рабочей поверхности с целью улучшения качества измельченного продукта.
- Эффект от внедрения:** В процессе эксплуатации мини-мельницы в крестьянское хозяйство «Кайрат» установлено: снижена удельная энергоемкость, улучшена качества готовой продукции и увеличена производительность 10–13%, сэкономлена электроэнергия на 20%. Срок окупаемости составляет 4,8 лет
- Место и время внедрения:** Чуйская область, Сокулукский район, крестьянское хозяйство «Кайрат», 2021 год.
- Форма внедрения:** Установлена жерновая мини-мельница с горизонтальными осями вращения для измельчения зерновых культур (Жерновые мельницы, патенты Кыргызской Республики 1830,1860).

Представитель КНАУ имени К. И. Скрыбина

Зав. каф. «ПМФииП», к.т.н.,
доцент Б.С. Токтоналиев



Представитель крестьянское хозяйство «Кайрат»



Председатель
Ж.К. Исмаилов

СОГЛАШЕНИЕ
О НАУЧНОМ СОТРУДНИЧЕСТВЕ

г. Бишкек

«10» 02 2015 г.

Учреждение “Научно-исследовательский центр проблем машиностроения им. С. Абдраимова”, именуемое в дальнейшем «Партнер», в лице *директора Абдраимов Эмиль Самудинович*, с одной стороны и Кыргызский национальный аграрный университет им. К.И.Скрябина, именуемое в дальнейшем «Университет», в лице проректора по научной работе *Чортонбаев Тыргоот Жумадиевич*, с другой стороны, совместно именуемые «Стороны», а по отдельности - «Сторона», принимая во внимание:

- важность науки, обширный опыт проведения научных исследований и их положительные результаты, имеющиеся у Университета «и Партнера»
 - обоюдное желание Сторон систематически повышать качество и глубину проводимых научных исследований,
 - важность и обоюдное желание укрепления партнерских отношений между Сторонами и расширения областей и направлений сотрудничества,
- исходя из общих интересов развития науки, заключили настоящее соглашение о нижеследующем.

1. Предмет Соглашения

1.1. Стороны принимают на себя взаимные обязательства по созданию системы партнерских отношений, в рамках которой Стороны организуют и развивают взаимовыгодное сотрудничество в научно-исследовательской сфере деятельности Сторон.

1.2. Стороны намерены установить и развивать сотрудничество на основе принципов равенства, взаимной выгоды, взаимопонимания, уважения и доверия. Стороны устанавливают, что основным принципом организации их сотрудничества является полная самостоятельность Сторон при осуществлении финансово-хозяйственной деятельности.

1.3. Сотрудничество понимается Сторонами как создание взаимного режима наибольшего благоприятствования при осуществлении деятельности Университета и Партнера, представляющей взаимный интерес, предусмотренной пунктом 2.1 Соглашения, при строгом соблюдении законодательства Кыргызской Республики

1.4. Соглашение не является договором о совместной деятельности. На основании Соглашения у Сторон не возникает обязанностей по передаче друг другу имущества, передаче и предоставления имущественных прав, перечислению денежных средств, выполнению работ, оказанию услуг, не влечет за собой обязательств по расходованию или выделению денежных средств. Сотрудничество в рамках настоящего Соглашения осуществляется Сторонами без образования юридического лица и без получения общей прибыли.

2. Основные формы сотрудничества

2.1. В целях реализации сотрудничества Стороны договорились:

2.1.1. проводить совместные научные исследования по следующим приоритетным направлениям, представляющим взаимный интерес: Технологии и средства механизации сельского хозяйства (Переработки продуктов зерна)

2.1.2. осуществлять в установленном порядке взаимный обмен информацией, научными и образовательными материалами, накопленным опытом по вопросам, касающимся проведения исследований по направлениям, указанным в пункте 2.1.1 Соглашения, в том числе предоставлять друг другу материалы, необходимые для проведения каждой из Сторон научных исследований по указанным направлениям;

2.1.3. содействовать доступу к базам данных и другим источникам информации, осуществлять взаимные консультации, оказывать методологическую поддержку в ходе

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 3

проведения научных исследований по направлениям, указанным в пункте 2.1.1 Соглашения;

2.1.4. планировать, организовывать и проводить совместные рабочие встречи, научные семинары, круглые столы, конференции и иные мероприятия, включая направление для участия в таких мероприятиях специалистов и экспертов каждой из Сторон;

2.1.5. по результатам проведения совместных научных исследований и мероприятий осуществлять подготовку и реализацию совместных публикаций, в том числе научных докладов, статей, учебных пособий;

2.1.6. формировать, при необходимости, комиссии, группы и прочие объединения экспертов, в том числе двусторонние;

2.1.7. разрабатывать и развивать совместные научные стратегии, политики и программы;

2.1.8. осуществлять усилия для привлечения третьих лиц, заинтересованных в поддержке сотрудничества Сторон, научных исследованиях, проводимых Университетом и/или Партнером, в целях предоставления такими третьими лицами Университету, Партнеру либо им совместно соответствующих ресурсов для реализации научных исследований;

2.1.9. осуществлять иные виды деятельности, которые способствуют укреплению партнерских отношений между Сторонами и расширению областей и направлений сотрудничества.

2.2. Подписывая Соглашение, Стороны соглашаются воздерживаться от действий, которые могут привести к нанесению ущерба и/или ущемлению интересов другой Стороны.

3. Организация сотрудничества

3.1. В целях осуществления сотрудничества Стороны намерены использовать имеющиеся у них возможности, материалы, ресурсы и активы.

3.2. В случае возникновения в процессе реализации Соглашения между Сторонами необходимости в выполнении конкретных работ/оказании услуг или урегулировании каких-либо взаимоотношений Стороны будут взаимодействовать на основании отдельных договоров и соглашений, определяющих и регламентирующих конкретные формы, технические, финансовые и иные условия осуществления отношений. Заключение таких договоров и соглашений является правом каждой из Сторон, при этом ни одна из Сторон не вправе требовать заключения договора или соглашения от другой Стороны.

3.3. Стороны заблаговременно информируют друг друга о решениях, принятие которых затрагивает интересы Сторон, а также о наступлении или вероятности наступления обстоятельств, которые могут нанести ущерб репутации, экономический или иной ущерб одной из Сторон.

4. Интеллектуальные права

4.1. Исключительное право на результаты интеллектуальной деятельности, созданные Стороной до заключения Соглашения или, хотя и в период действия Соглашения, но без участия другой Стороны, принадлежит Стороне, в деятельности которой создан соответствующий результат. Каждая из Сторон может приобрести право использования результатов интеллектуальной деятельности, принадлежащих другой Стороне, на основании отдельных договоров и соглашений.

4.2. Исключительное право на результаты интеллектуальной деятельности, созданные Сторонами совместно при осуществлении деятельности, предусмотренной пунктом 2.1 Соглашения, принадлежит Сторонам совместно.

4.3. Распоряжение исключительным правом на результаты интеллектуальной

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 3

деятельности, включая определение отдельных условий такого распоряжения, правообладателями которых являются совместно Университет и Партнер, осуществляется Сторонами совместно на основании отдельных договоров и соглашений, содержащих, в том числе условие о том, что доходы от совместного распоряжения правами распределяются между Сторонами поровну.

4.4. В случае создания при осуществлении деятельности, предусмотренной пунктом 2.1 Соглашения, охраноспособных результатов интеллектуальной деятельности, в отношении которых предусмотрена обязательная государственная регистрация, Сторонами совместно будет подана заявка на выдачу патента в государственный орган исполнительной власти по интеллектуальной собственности. Решение о подготовке такой заявки и последующее ее сопровождение принимается Сторонами совместно, при этом принимается также решение о распределении расходов, связанных с подготовкой и сопровождением заявки, в том числе расходов по уплате патентных и иных пошлин.

4.5. В случае утраты заинтересованности в поддержании правовой охраны одной из Сторон, такая Сторона обязуется уведомить об этом другую Сторону и предпринять все необходимые усилия по безвозмездной передаче принадлежащего ей исключительного права в полном объеме другой Стороне.

4.6. Каждая из Сторон вправе использовать результаты интеллектуальной деятельности, исключительное право на которые принадлежит Сторонам совместно, по своему усмотрению.

4.7. В случае привлечения Стороной к осуществлению деятельности, предусмотренной пунктом 2.1 Соглашения, третьего лица, такая Сторона самостоятельно решает с привлекаемым лицом вопросы распределения исключительного права на создаваемые им охраняемые и охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности.

4.8. Каждая из Сторон вправе использовать средства индивидуализации другой Стороны, выпускаемых такой Стороной товаров и оказываемых услуг исключительно в целях обозначения сотрудничества при осуществлении деятельности, предусмотренной пунктом 2.1 Соглашения. Ни одни из Сторон не вправе использовать указанные средства индивидуализации за пределами указанных целей.

5. Конфиденциальность

5.1. Стороны обязуются сохранять конфиденциальность информации.

5.2. В случае нарушения обязательства по сохранению конфиденциальной информации в тайне каждая из Сторон принимает на себя обязательство полного возмещения причиненных убытков другой Стороне.

5.3. Предоставление доступа к конфиденциальной информации, передача и раскрытие такой информации осуществляется каждой из Сторон при условии получения предварительного Согласия другой Стороны, за исключением случаев предоставления доступа и раскрытия информации в целях реализации Соглашения.

Конфиденциальная информация может быть предоставлена также третьим лицам в соответствии с действующим законодательством или в рамках судебного (арбитражного, третейского) разбирательства. Каждая из Сторон вправе предоставлять конфиденциальную информацию органам государственной власти по их запросам, при условии предварительного информирования о таком запросе другой Стороны.

6. Срок действия Соглашения

6.1. Настоящее Соглашение заключается сроком на 5 лет и вступает в силу с момента его подписания Сторонами.

6.2. Если одна из Сторон не уведомит другую Сторону в письменном виде о своем намерении прекратить действие Соглашения не менее чем за один месяц до истечения

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 3

срока его действия, то Соглашение автоматически продлевается еще на год, после чего может быть далее продлено таким же образом.

7. Изменение и расторжение Соглашения

7.1. В Соглашение могут быть внесены изменения, которые оформляются дополнительными соглашениями к Соглашению, подписанными уполномоченными представителями Сторон и скрепленными печатями Сторон. Все приложения и дополнительные соглашения к Соглашению, как указанные, так и не указанные в тексте Соглашения, подписанные полномочными представителями Сторон и имеющие в себе ссылку на Соглашение, являются неотъемлемой частью Соглашения.

7.2. Соглашение может быть расторгнуто по письменному заявлению одной из Сторон по истечению 30 (тридцати) дней после получения другой Стороной письменного уведомления первой Стороны о намерении расторгнуть Соглашение.

8. Прочие условия

8.1. Ни одна Сторона не вправе действовать от имени другой Стороны, ссылаться на полномочия и/или одобрения другой Стороны и совершать сделки, которые будут обязывать другую Сторону.

8.2. Все споры, возникающие в связи с выполнением Соглашения, будут решаться на основе взаимной договоренности в соответствии с законодательством Кыргызской Республики.

9. Адреса и подписи Сторон

<p>Учреждение “Научно-исследовательский центр проблем машиностроения им. С. Абдраимова”, 720047, г. Бишкек, ул. Купянская, 9. тел.: +(996) 771382068, тел/факс: +(996) 312 548860</p>	<p>Кыргызский национальный аграрный университет им. К.И. Скрябина 720005, г. Бишкек, ул. Медерова, 68. тел.: +(996) 312 545210, 595414 факс: +(996) 312 540545</p>
<p>Директор “НИЦ проблем машиностроения им С.Абдраимова”. академик МИА, д.т.н., профессор  Абдраимов Э.С., </p>	<p>Проректор по научной работе, д.с.-х.н., профессор  Чортонбаев Т. Ж., </p>

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫ



КЫРГЫЗПАТЕНТ

ПАТЕНТ

№ 1830

Сыйлоп табуунун аталышы: *Таши тегирмен*

Патент ээси, өлкөсү: *Орозалиев Т.О., Карасартов У.Э., Абдраимов Э.С. (KG)*

Автор(тор) авторлору): *Орозалиев Т.О., Карасартов У.Э., Абдраимов Э.С. (KG)*

Сыйрылган талап № *20140139.1* КЫРГЫЗПАТЕНТ

Ойлоп табуунун приоритети *30-декабрь, 2014-жыл*

Кыргыз Республикасынын ойлоп табуулар Мамлекеттик реестринде катталган
2016-жылдын 29-февралында



Ушул ойлоп табууга берилген ӨТҮНМӨ ЭЭСИ (ПАТЕНТ ЭЭСИ) ЖООПКЕР БОЛГОН ПАТЕНТ, Кыргыз Республикасынын аймагында ойлоп табууга ээлик кылууга, аны пайдаланууга, тескөөгө, ошондой эле аны башка адамдардын пайдалануусуна тыюу салууга патент ээсинин өзгөчө укугун ырастайт

Төрага

М. Абдыллабек уулу

(19) **KG** (11) **1830** (13) **C1** (46) **31.03.2016**(51) *B02C 7/00* (2015.01)
B02C 13/00 (2015.01)ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
И ИННОВАЦИЙ ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ**

к патенту Кыргызской Республики под ответственность заявителя

(21) 20140139.1

(22) 30.12.2014

(46) 31.03.2016. Бюл. № 3

(76) Орозалиев Т. О., Карасартов У. Э.,
Абдраимов Э. С. (KG)(56) Свидетельство на полезную модель RU
5366 U1, B02C 7/02, 1997(54) **Жерновая мельница**

(57) Изобретение относится к сельскохозяйственному машиностроению, в частности, к машинам для измельчения зерна и зернистых материалов.

Задачей изобретения является повышение производительности жерновой мельницы

и улучшение качества готового продукта с интенсификацией измельчения продукции.

Поставленная задача решается тем, что жерновая мельница, содержащая электродвигатель, приводной механизм, бункеры, краник, шнек, сито, подвижный и неподвижный жернова, при этом в неподвижном жернове имеются пять сквозных отверстий, одно из которых расположено в центре, а четыре расположены симметрично на осях координат под углом 90° на одинаковом расстоянии от центра жернова.

1 н. п. ф., 3 фиг.

(19) **KG** (11) **1830** (13) **C1** (46) **31.03.2016**

3

Изобретение относится к сельскохозяйственному машиностроению, в частности, к машинам для измельчения зерна и зернистых материалов.

Известна ударно-центробежная мельница (А. с. № 355979, В02С 13/02, 1972), где в процессе измельчения зерновых продуктов, одновременно обеспечивают продувку рабочих органов и камеру измельчения создают благоприятные условия работы, тем не менее, ее принцип действия применим только для таковой конструкции мельницы, а для жерновой мельницы такая конструкция не приемлема из-за громоздкости и сложности в эксплуатации и большого количества металлических многосопловых планшайб.

Известна мельница (Патент на полезную модель ВУ 3524 У, В02С 7/00, 2007), содержащая установленные в корпусе неподвижный жернов и подвижный жернов в виде фрезы, имеющий зубья на боковой поверхности. Жернова содержат емкости, заполняемые твердой или жидкой охлаждающей средой (двуокисью углерода). Конструкция полезной модели в целом приемлема, однако, применение химических препаратов - охладителей для производства пищевых продуктов - муки в технологии не совместимы.

Наиболее близким, по выполнению процесса помола (дробление) и по конструкции является мукомольная мельница с горизонтальной осью вращения (Свидетельство на полезную модель RU 5366 U1, В02С 7/02, 1997). Эта полезная модель упрощает конструкцию мукомольных мельниц и процесс помола зерна, благодаря возможности «закрепления» каждого зернышка, направляемого по трубе червяка (шнека) к жернову и размолоть (истереть) за один проход каждое зернышко на мелкие частички, обеспечивает получение муки первого сорта за один проход.

Однако, указанная полезная модель имеет ряд недостатков, а именно в конструкции мукомольной мельницы используется не вся рабочая поверхность жернова, а только ее часть, т. е. часть площади, равная торцевой поверхности трубы червяка (шнека); за один переход получают два сорта продукции: мелкодисперсную муку и крупу, что вызывает

4

кратного выполнения операции с излишними трудозатратами; одновременно с процессом помола непрерывно очищают не всю рабочую поверхность жернова, а только площадь, равную площади окружности трубы червяка (шнека).

Задачей изобретения является повышение производительности жерновой мельницы и улучшение качества готового продукта с интенсификацией измельчения продукции.

Поставленная задача решается тем, что жерновая мельница, содержащая электродвигатель, приводной механизм, бункеры, краник, шнек, сито, подвижный и неподвижный жернова, при этом в неподвижном жернове имеются пять сквозных отверстий, одно из которых расположено в центре, а четыре расположены симметрично на осях координат под углом 90° на одинаковом расстоянии от центра жернова.

Жерновая мельница состоит из электродвигателя 1, приводного механизма 2, бункера для зерна 3, краника 4, шнека 5 для передвижения зернового материала, исполнительного механизма подвижного 6 и неподвижного 7 жернов со сквозными отверстиями 8, вентилятора 9 с выходящими шлангами 10, сито 11 и бункера для готового продукта 12.

На фиг. 1 - показана кинематическая схема жерновой мельницы; на фиг. 2 - показана неподвижный жернов с пятью сквозными отверстиями.

Процесс работы жерновой мельницы заключается в том, что вращательное движение вала электродвигателя 1 через приводной механизм 2 передает вращательное движение к исполнительному механизму подвижному жернову 6. Зерно из бункера 3 с помощью шнека 5 через отверстие в ведущем камне попадает в рабочую зону (зазор) между жерновами, а подача зерна регулируется краником 4. Воздух вентилятором 9 подается через шланги 10 отверстия 8 в неподвижном жернове 7 на рабочую поверхность главных и второстепенных бороздок на поддающемся и размалываемом поясе движущегося жернова 6, продувая рабочую зону, дополнительно охлаждает рабочие поверхности жернова и обрабатываемую продукцию.

5

Измельченный готовый продукт через барабанное сито 11 собирается в бункере для готового продукта 12.

Предлагаемая жерновая мельница по сравнению с известными устройствами имеет следующие преимущества: материал выводится из рабочей зоны со скоростью созданной вращающейся жерновой инерционной силы и воздушного вихря, даже при повышенных подачах материала он разрушается чисто ударным нагружением, вследствие чего он не перегревается, из-за отсутствия в про-

6

цессе перетирания и дополнительного охлаждения поверхности рабочего органа и материала, улучшается качество измельчения и отсутствует запах гари в готовых продуктах, что позволяет получить высококачественный, более однородный состав продукта.

Кроме того, созданные воздушные вихри способствуют образованию оптимального движения воздушного продуктового потока и своевременному выводу продукта из рабочей зоны измельчения.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

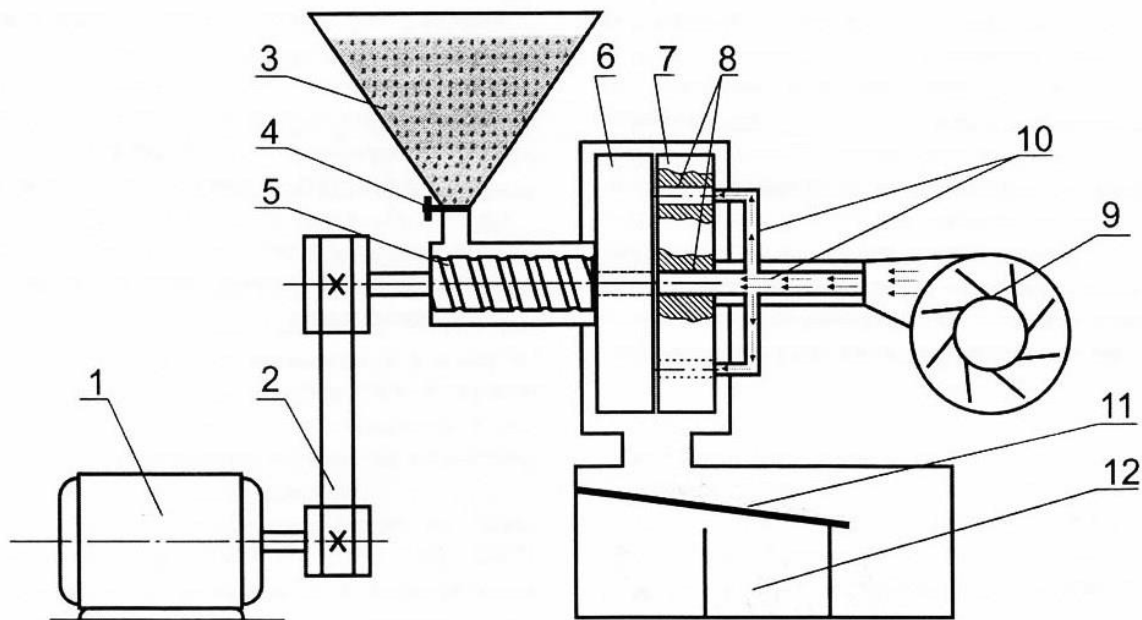
Жерновая мельница, содержащая электродвигатель, приводной механизм, бункеры, краник, шнек, сито, подвижный и неподвижный жернова, отличающаяся тем, что в

неподвижном жернове имеются пять сквозных отверстий, одно из которых расположено в центре, а четыре расположены симметрично на осях координат под углом 90° на одинаковом расстоянии от центра жернова.

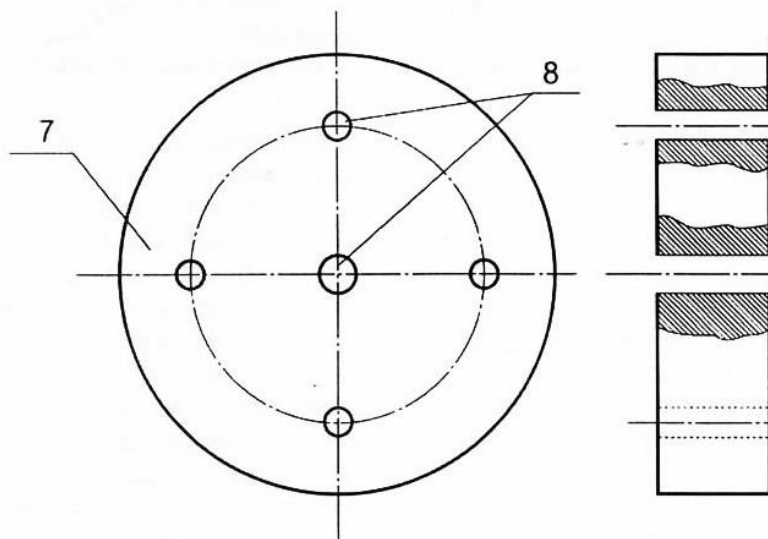
ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 4

1830

Жерновая мельница



Фиг. 1



Фиг. 2

Выпущено отделом подготовки материалов

Государственная служба интеллектуальной собственности и инноваций при Правительстве Кыргызской Республики,
720021, г. Бишкек, ул. Московская, 62, тел.: (312) 68 08 19, 68 16 41; факс: (312) 68 17 03

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫ



КЫРГЫЗПАТЕНТ

ПАТЕНТ

№ 1860

Ойлоп табуунун аталышы: *Таши тегирмен*

Патент ээси, өлкөсү: *Орозалиев Т.О., Карасартов У.Э., Жуматаев М.С.,
Осмонканов Т.О., Орозалиев Ч.Т. (KG)*

Автор(торлору): *Орозалиев Т.О., Карасартов У.Э., Жуматаев М.С.,
Осмонканов Т.О., Орозалиев Ч.Т. (KG)*

Сыйрылу талап № *20150039.1* КЫРГЫЗПАТЕНТ

Ойлоп табуунун приоритети *01-апрель, 2015-жыл*

Кыргыз Республикасынын ойлоп табуулар Мамлекеттик реестринде катталган
2016-жылдын 30-апрелинде



Ушул ойлоп табууга берилген ӨТҮНМӨ ЭЭСИ (ПАТЕНТ ЭЭСИ) ЖООПКЕР БОЛГОН ПАТЕНТ, Кыргыз Республикасынын аймагында ойлоп табууга ээлик кылууга, аны пайдаланууга, тескөөгө, ошондой эле аны башка адамдардын пайдалануусуна тыюу салууга патент ээсинин өзгөчө укугуна ырастайт

Төрага

М. Абдыллабек уулу



(19) **KG** (11) **1860** (13) **C1** (46) **31.05.2016**

(51) *B02C 7/00* (2016.01)
B02C 13/00 (2016.01)

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
И ИННОВАЦИЙ ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

к патенту Кыргызской Республики под ответственность заявителя

(21) 20150039.1

(22) 01.04.2015

(46) 31.05.2016. Бюл. № 5

(76) Орозалиев Т. О., Карасартов У. Э.,
Жуматаев М. С., Осмонканов Т. О.,
Орозалиев Ч. Т. (KG)

(56) Свидетельство на полезную модель
RU 5366, U1, B02C 7/02, 1997

(54) **Жерновая мельница**

(57) Изобретение относится к сельскохозяйственному машиностроению, в частности, к машинам для измельчения зерна и зернистых материалов.

Задача изобретения - повышение производительности и улучшение качества готово-

го продукта, путем уменьшения налипания клейстеров на поверхностях рабочих органов и ускорения процесса выпадения муки из рабочей зоны.

Поставленная задача достигается тем, что жерновая мельница, содержащая электродвигатель, приводной механизм, бункеры, кранник, шнек, компрессор со шлангами, сито, подвижную и неподвижную жерновы со сквозными отверстиями, при этом на отверстия в неподвижном жернове мельницы устанавливаются напороустойчивые трубки со специальными косыми наконечниками.

1 н. п. ф., 2 фиг.

(19) **KG** (11) **1860** (13) **C1** (46) **31.05.2016**

3

Изобретение относится к сельскохозяйственному машиностроению, в частности, к машинам для измельчения зерна и зернистых материалов.

Известна ударно-центробежная мельница (А. с. № 355979, В02С 13/02, 1972), где в процессе измельчения зерновых продуктов одновременно обеспечивают продувку рабочих органов и камеру измельчения создают благоприятные условия работы, тем не менее, ее принцип действия применим только для такой конструкции мельницы, а для жерновой мельницы такая конструкция не приемлема из-за громоздкости и сложности в эксплуатации и большого количества металлических многосопловых планшайб.

Известна мельница (Патент на полезную модель ВУ 3524 У, В02С 7/00, 2007) содержащая установленные в корпусе неподвижный жернов и подвижный жернов в виде фрезы, имеющий зубья на боковой поверхности. Жернова содержат емкости, заполняемые твердой или жидкой охлаждающей средой (двуокисью углерода). Конструкция полезной модели в целом приемлема, однако, применение химических препаратов - охладителей для производства пищевых продуктов - муки в технологии не совместимы.

Наиболее близким, по выполнению процесса помола (дробление) и по конструкции является мукомольная мельница с горизонтальной осью вращения (Свидетельство на полезную модель RU 5366, U1, В02С 7/02, 1997). Эта полезная модель упрощает конструкцию мукомольных мельниц и процесс помола зерна, благодаря возможности «закрепления» каждого зернышка, направляемого по трубе червяка (шнека) к жернову и размолот (истереть) за один проход каждое зернышко на мелкие частички, и обеспечивает получение муки первого сорта за один проход.

Недостатками имеющихся на производстве жерновых мельниц с вертикальными рабочими органами являются: налипание на поверхности их рабочих органов отработок в виде клейстеров; в процессе работы при измельчении зерновых продуктов в рабочей

4

зоне измельчаемый материал и поверхности рабочих органов нагреваются, в результате чего ухудшается качество продукта и снижается производительность машины.

Задача изобретения - повышение производительности и улучшение качества готового продукта, путем уменьшения налипания клейстеров на поверхностях рабочих органов и ускорения процесса выпадения муки из рабочей зоны.

Поставленная задача достигается тем, что жерновая мельница, содержащая электродвигатель, приводной механизм, бункеры, краник, шнек, компрессор со шлангами, сито, подвижный и неподвижный жернова со сквозными отверстиями, при этом на отверстия в неподвижном жернове мельницы устанавливаются напороустойчивые трубки со специальными косыми наконечниками.

На фиг. 1 - показана кинематическая схема жерновой мельницы; на фиг. 2 - неподвижный жернов с напороустойчивыми трубками, которые сделаны со специальными косыми наконечниками.

Жерновая мельница состоит из электродвигателя 1, приводного механизма 2, бункера для зерна 3, краника 4, шнека 5 для передвижения зернового материала, исполнительного механизма подвижного 6 и неподвижного 7 жернова со сквозными отверстиями 8, напороустойчивых трубок со специальными косыми наконечниками 9, компрессора 10 с выходящими шлангами высокого давления 11, сита 12 и бункера для готового продукта 13.

Рабочий процесс жерновой мельницы заключается в том, что вращательное движение вала электродвигателя 1 через приводной механизм 2 передает вращательное движение к вращающемуся жернову 6. Измельчаемое зерно из бункера 3 с помощью шнекового механизма 5, через регулируемый краник 4 попадает в рабочую зону - щель между подвижными и неподвижными жерновами, и измельчаются до необходимой кондиции. Создаваемый компрессором 10 высоконапорный сжатый поток воздуха подается через шланги высокого давления (напора) 11 в

5

напороустойчивые трубки специальными косыми наконечниками 9, установленными в отверстия 8, в рабочую зону между двумя жерновами с необходимыми высокими напорами и продувает рабочую зону, охлаждает поверхности рабочих органов и измельчаемую продукцию, заодно одновременно направляя последних к своевременному ускоренному выпадению их из камеры измельчения под определенным углом к направлению вращения вращающейся жернова, и тем ускоряют процесс выпадения муки из рабочей зоны измельчения и способствуют повышению производительности мельницы.

Конструкции жерновых мельниц, имеющих на производстве, оборудованные неподвижным жерновом с просверленными на них отверстиями в центре круга жернова и

6

вокруг них, практически не могут обеспечить необходимыми высокими сильными целенаправленными вихревыми напорами сжатого воздуха, установленными на них заводскими вентиляторами, т. к. у последних недостаточны рабочие мощности. Поэтому нами, исходя из практического опыта, предлагается применение, вместо вентиляторов, компрессоров среднего давления (до 10 МПа), которые могут обеспечить необходимые высокие вихревые напоры в рабочей зоне на концах напороустойчивых трубок, а последние, благодаря специальным косым угловым концом направят поток воздуха в сторону выхода готового продукта для своевременного (ускоренного) выхода их из измельчаемой камеры под углом к направлению вращения жернова.

Формула изобретения

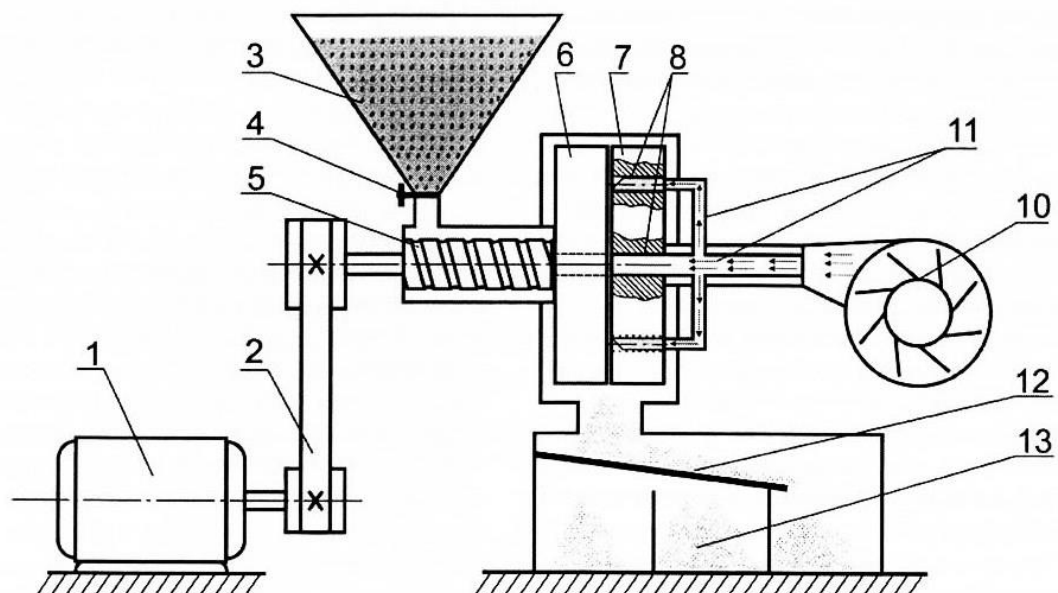
Жерновая мельница, содержащая электродвигатель, приводной механизм, бункеры, краник, шнек, компрессор со шлангами, сито, подвижный и неподвижный жернова со сквоз-

ными отверстиями, отличающаяся тем, что на отверстия в неподвижном жернове мельницы устанавливаются напороустойчивые трубки со специальными косыми наконечниками.

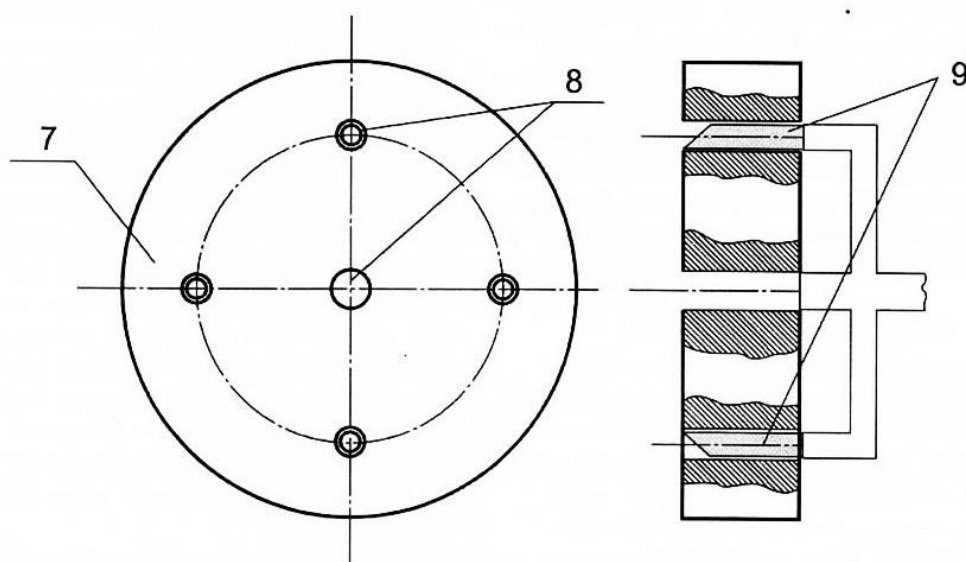
ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 5

1860

Жерновая мельница



Фиг. 1



Фиг. 2

Выпущено отделом подготовки материалов

Государственная служба интеллектуальной собственности и инноваций при Правительстве Кыргызской Республики,
720021, г. Бишкек, ул. Московская, 62, тел.: (312) 68 08 19, 68 16 41; факс: (312) 68 17 03