

<b>Миллер О.В.</b> Исследование влияния сахаросодержащего гидролизата «Сахарок» на качество сдобных булочных изделий.....	341
<b>Надейкина А.В.</b> Разработка технологии приготовления кексов с применением ячменной муки с целью рационализации сырья.....	342
<b>Сапронова Н.П.</b> Разработка технологии приготовления кексов с заменой части пшеничной муки овсяной мукой.....	344
<b>Трофимова И.С.</b> Разработка способа улучшения качества хлебопекарной муки для макаронного производства.....	346
<b>Щербак А.А.</b> Разработка способа приготовления хлеба из зерна трикале.....	348
<b>Слукина И.А., Орехова Д.А.</b> Исследование влияния продуктов ферментативного гидролиза зерна овса и ячменя на показатели качества сахарного печенья.....	350
<b>Степашина Ю.Ю.</b> Разработка молокосодержащих напитков с глюкозо-фруктовым сиропом.....	351
<b>Жиманова Т.Э.</b> обеспечение безопасности при эксплуатации ультрафиолетовых облучателей в молочной промышленности.....	354
<b>Селихов А.В.</b> Компьютерная программа для расчета уровня звукового давления.....	356

#### АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

<b>Монченко М.А.</b> Использование гидравлического разделителя при децентрализованном теплоснабжении здания.....	358
<b>Жилин Я.В.</b> Пути развития системы саморегулирования строительной отрасли.....	361
<b>Сухарева Е.А.</b> Романский стиль.....	363
<b>Митько О.Н.</b> Стиль барокко.....	365

#### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

УДК 621.576:[664.8.037.5:634.7]

#### УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ ЗАМОРОЗКИ ЯГОД

**Бузуев В.С., гр. 51-МП**  
**Рук. Галаган Т.В.**

Ускорение научно-технического прогресса в пищевой промышленности на ближайшие годы требует создания максимальной механизации и автоматизации производства, внедрения новых видов высокопроизводительного оборудования, роста производительности труда и повышения качества продукции.

Быстрое замораживание ягод является одним из наиболее совершенных методов консервирования. Замороженные ягоды почти полностью сохраняют витамины и вкусовые свойства свежих продуктов. Установлены незначительные потери аскорбиновой кислоты. Ее содержание обычно используется как индекс для измерения эффективности обработки. Потери витамина С происходит даже на этапе чистки и измельчения плодов и овощей. Аскорбиновая кислота наиболее неустойчива в течении тепловой обработки, когда обрабатывались большие поверхности, так при бланширования теряется от 15 до 25% аскорбиновой кислот. Замороженные ягод без признаков физической и микробиологической порчи при хранении поддерживали содержание аскорбиновой кислоты, однако в течении 9 месяцев хранения наблюдается постепенное снижение ее содержание. Если замороженные пищевые продукты обработаны должным образом, их пищевая ценность может быть сохранена в течении всего срока хранения. Таким образом, в некоторых случаях замороженные ягоды лучше сохраняют аскорбиновую кислоту, чем свежие при хранении.

По данным немецких исследователей, при замораживании некоторых сортов ягод средние потери аскорбиновой кислоты составляют: для клубники – около 10 %, смородины – около 6 %.

Также замораживание узаконено как метод обеззараживания продуктов. При воздействии низких температур погибают практически все бактерии.

В современной холодильной технологии применяют различные способы замораживания при различных температурах. При -4...-8 °С идет медленное образование льда в межклеточном пространстве, где концентрация сока меньше, чем в клетках. В процессе вымораживания воды концентрация сока увеличивается, в результате чего вода из клеток выходит в межклеточное пространство и замерзает на ранее образовавшихся кристаллов льда. Кристаллы получают крупные и разрывают стенки клеток. При оттаивании медленно замороженных плодов и ягод теряется много сока, что снижает качество продукции.

Поэтому эффективная заморозка ягод осуществляется при низких температурах от минус 30 до минус 40 °С.

В связи с этими условиями проведен патентный поиск. Был выбран и разработан флюидизационный скороморозильный аппарат (рис. 1). Он позволяет резко интенсифицировать процесс замораживания по сравнению с обычными воздушными аппаратами. Состоит аппарат из двух камер: непосредственного замораживания и домораживания продукта. В каждом из них имеется три зоны. В двух боковых зонах располагаются воздухоохладители, за счет заслонок и системы регулирования, работающие поочередно. Это позволяет проводить техническое обслуживание и удаление снеговой шубы с испарителя, не прерывая процесс. Вентиляторы обеспечивают необходимую скорость воздуха, для того чтоб ягоды находилась во взвешенном состоянии. Этот способ замораживания, в «кипящем» слое, дает высокую скорость подаваемого под давлением холодного воздуха и омывание им всей поверхности взвешенных в потоке продуктов дает исключительный по скорости замораживания эффект, а также и по сохранению качества продукта. В средней зоне располагается конвейер, состоящий из шарнирно-звеньевой проволочной ленты. Она выполнена из нержавеющей стали, что позволяет хорошо выдерживать тяжелые условия эксплуатации. Благодаря конструкции ленты конвейера и за счет движения верхней и нижней ее части исключаются застойных зон в слое продукта.

Выше перечисленные преимущества разработанного флюидизационного аппарата позволяет судить о целесообразности применения его при замораживании ягод.

УДК 621.65(57).(048/982)

### ПОДБОР ВАКУУМНОГО НАСОСА ДЛЯ ВАКУУМНО-ИСПАРИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

Бузев В.С., гр. 51-МП  
Рук. Галаган Т.В.

Альтернативой традиционным способам охлаждения является вакуумно-испарительное охлаждение. Для него важным элементом является вакуумный насос. Он должен обеспечивать ряд параметров и условий работы.

Для примера рассмотрим технологическую операцию. Необходимо охладить 75 кг горячего продукта от начальной температуры +90 °С до конечной температуры +2 °С. Для этого за весь период охлаждения должно испариться 7,5 кг влаги (10% от всей массы продукта).

Для поддержания условий, при которых испарение жидкости из продукта будет происходить при температуре +2 °С, необходимо создать в вакуумной

камере давление 600...700 Па или 6...7 мбар. Для этого необходимо откачать 800 м<sup>3</sup> пара. При условии, что процесс должен продолжаться не более 5 минут (300с), расход пара составит 2,7 м<sup>3</sup>/с (9720 м<sup>3</sup>/ч, 2700л/с).

Исходя из этих параметров, нужно выбрать насос.

Ротационно-пластинчатые безмасляные вакуумные насосы работают без применения смазок в рабочей камере. Их основное преимущество отсутствие загрязнений откачиваемого воздуха парами масла.

Вакуумные маслозаполненные насосы АВЗ и НВЗ - агрегаты и насосы вакуумные золотниковые. Они предназначены для откачки воздуха, неагрессивных газов и парогазовых смесей, предварительно очищенных от капельной влаги и механических загрязнений.

Вакуумные маслозаполненные насосы Н, НВДМ - вакуумные диффузионные паромасляные насосы предназначены для откачки воздуха и других газов, не воздействующих на материалы конструкции и рабочую жидкость в насосе. Имеют небольшие габаритные размеры.

При выборе насоса предпочтение надо отдавать безмасленным вакуумным насосам т.к. они не требуют установки масляных фильтров, но самый мощный безмасляный вакуумный насос SC.140 не обеспечивает остаточное давление и расход пара. Маслозаполненные вакуумные насосы могут обеспечить давление 600...700 Па, но не могут обеспечить расход пара 2,7 м<sup>3</sup>/с. Ближайший к нему является диффузионный вакуумный насос НВДМ-160 с параметрами 0,7 м<sup>3</sup>/с при остаточном давлении 6,8 Па. Отсюда следует что при условии, что насос будет работать в течении 5 минут (300 сек.) он откачает только 210 м<sup>3</sup> пара.

Для того чтобы обеспечить охлаждение 75 кг продукта от +90 °С до +2 °С в течении 5 минут (300с) необходимо изменить конструкцию вакуум-охладительной камеры, а именно разделить внутреннюю полость на отдельные камеры.

Находим приближенное число камер

$$n = 800/210 \approx 3,8$$

Принимаем число камер равным 4 (см. рис. 1).

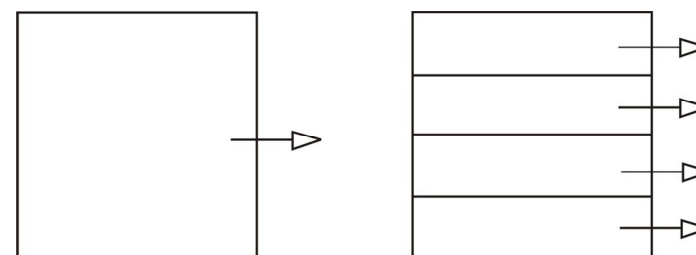


Рисунок 1 – Схема вакуум-охладительной камеры.

Тогда расход пара в каждой вакуум-охладительной камере составит 0,67 м<sup>3</sup>/с.

Таким образом, изменив конструкцию вакуум-охладительной камеры, можно использовать диффузионный вакуумный насос НВДМ-160 для охлаждения 75 кг продукта вакуумно-испарительным методом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Андрейчук О.Б. Тепловые испытания космических аппаратов./ Н.Н. Малахов – М.:Машиностроение, 1982. –143 с.
2. Богданов С.Н. Холодильная техника . Кондиционирование воздуха. Свойства веществ: Справочник.–СПб.:СПбГАХИТ, 1999.– 320 с.
3. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей.– М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1963. – 708 с.
4. Галаган Т.В. Вакуумно-испарительного охлаждения пищевых продуктов / Материалы международной научно-практической конференции «Потребительский рынок: качество и безопасность товаров и услуг». – Орел, 2002 г. – С. 93-94
5. <http://www.msht.ru>

УДК 664.1.002.5(075)

#### ЗНАЧИМОСТЬ И ПРОБЛЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ УТФЕЛЯ ДЛЯ САХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Винокуров А.Ю., гр. 41-ТЭ  
Рук. Галаган Т.В.

Вся технология получения сахара нацелена на максимальное истощение сахарного раствора до состояния, в котором извлечение продукта имеющимися на сегодняшний день средствами невозможно. Недополученная при переработке сырья сахароза в составе отхода производства – мелассы – идет на корм скоту. В связи с этим особое внимание уделяется завершающему этапу производства – обработке утфеля (смеси сахарного раствора и кристаллов сахарозы), получаемого при третьем выпаривании сиропа в вакуум-аппаратах. Изучение этого процесса на сегодняшний день является очень перспективным направлением, так как потери конечного продукта здесь составляют 75% от всех потерь сахара в производстве. Особенностью этого этапа является интенсификация кристаллизации сахарозы путем охлаждения утфеля в утфелемешалках.

Кристаллизация сахарозы охлаждением основывается на следующих основных закономерностях. В результате снижения температуры раствора растворимость сахарозы снижается, что приводит к выделению кристаллов. На практике это явление используют для доразивания уже образовавшихся при уваривании в вакуум-аппаратах кристаллов. Это обеспечивается поддержанием оптимального уровня пересыщения раствора. Исследования показывают, что лучшие результаты по истощению межкристалльного раствора и центрифугированию утфеля третьей кристаллизации возможны только при глубоком охлаждении утфеля. Теоретические расчеты показывают, что при охлаждении раствора на 70°С выкристаллизовывается приблизительно 1,819 кг сахарозы. (При 80°С растворимость сахарозы составляет 3,703 кг в 1 кг воды, а при 10°С – всего 1,884 кг).

На практике охлаждение спускаемого в утфелемешалку утфеля осуществляют лишь до 40°С в течение 26...50 часов при пересыщении примерно 1,1 со скоростью 1...2°С/ч. При растворимости сахарозы, равной 2,334 кг, в таких условиях может быть недополучено около 450 г продукта из каждого килограмма сиропа. Оказалось, что получить высокое обессахаривание раствора за счет глубокого охлаждения не получается. Причина тому – изменение физических параметров раствора, прежде всего, вязкости. Снижение температуры приводит к ее увеличению. Так, при концентрации сахарозы 20% и температуре 80°С вязкость водного раствора сахарозы составляет 0,59 мПа·с, а при 10°С – уже 2,642 Па·с. Это накладывает ограничения на проведения процесса. Скорость кристаллизации – величина, зависящая от многих параметров, в том числе и от вязкости:

$$K = \frac{2318 \cdot (C_{\text{пер}} - C_{\text{нас}}) \cdot T}{\mu^2}$$

Увеличение вязкости приводит к возрастанию толщины диффузионного слоя, на границе которого раствор имеет концентрацию  $C_{\text{пер}}$ , а концентрация сахарозы в самом слое –  $C_{\text{нас}}$ . В результате скорость кристаллизации резко снижается, а значит увеличивается и время проведения процесса. Техническими регламентами была установлена оптимальная величина вязкости, равная 150 мПа·с. Такое значение позволяет, с одной стороны, обеспечить присутствие в утфеле максимально возможного числа кристаллов сахарозы, с другой – иметь приемлемую с технической точки зрения подвижность (текучесть) утфеля последнего продукта. Второй результат установки оптимального значения вязкости связан, прежде всего, с требованиями к технологическому оборудованию, в частности, к утфелемешалкам, которые при превышении этого значения не способны рационально провести охлаждение утфелей. В дальнейшем из утфеля низкой текучести невозможно извлечь кристаллы сахарозы центрифугированием. Для доведения смеси до нормального состояния приходится либо ее раскачивать путем разбавления водой или нагретой мелассой или применять температурные колебания. В первом случае наблюдаются потери продукта в результате частичного растворения, во втором – в результате инверсии сахарозы.

Сегодня на большинстве сахарных заводов России применяются схемы охлаждения с использованием шести соединенных последовательно горизонтальных уфелемешалок, в которых с помощью дисков и лопастей уфель перемешивается и охлаждается водой, поступающей в противоточном режиме в полый вал и диски. Температура охлаждающей воды должна быть на 12-14°C ниже температуры уффеля во второй уфелемешалки. К недостаткам таких установок можно отнести громоздкость, неравномерность температурных полей (перепад до 10°C) и зон пересыщения, а также сложность регулирования заданного режима охлаждения.

В настоящее время разрабатываются и внедряются уфелемешалки вертикального типа. Вертикальная уфелемешалка отличается простотой в изготовлении, высокой надежностью и ремонтпригодностью, имеет хорошие эксплуатационные показатели. Устройство поверхности теплообмена позволяет осуществить рациональный метод кристаллизации и значительно ее интенсифицировать. Кроме того, она позволяет комбинировать в одной мешалке охлаждение с подогревом путем использования части теплообменных элементов в режиме нагревателя перед центрифугированием. Мешалка вертикального типа может работать в сочетании с горизонтальными, что может быть использовано при реконструкции сахарных заводов.

Таким образом, производство сахара является далеко не совершенным, так как существуют объективные причины, не позволяющие получить конечный продукт из сырья в полном объеме. Существующие теоретические разработки в этой области, позволяющие максимизировать выход сахара, не могут быть полностью реализованы вследствие ограничений, накладываемых возможностями современного оборудования. Таким образом, вопрос разработки более совершенных в этом отношении аппаратов чрезвычайно актуален и требует комплексного подхода и всестороннего изучения.

УДК.621.926.88

## ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ В ВОЗДУШНОМ ПОТОКЕ

Данилов В.А., гр. 51–МП  
Рук. Камозин Л.М.

Измельчение является одним из наиболее важных процессов в пищевой промышленности и представляет собой процесс тонкого дробления какого-либо твердого материала до частиц требуемого размера.

Одним из направлений в области хлебопекарного производства является вторичное измельчение отбракованных продуктов (печенье, сухари) и получение из них муки удовлетворяющей требованиям ГОСТ. В этом случае опреде-

ляющим фактором является степень измельчения продукта, которая определяется как отношение среднего размера частицы исходного материала к среднему размеру частиц измельченного продукта.

Целью представленной работы является изучение конструктивно-технологической схемы, а также обоснование параметров и режимов работы вихревой мельницы.

Вихревая струйная мельница предназначена для тонкого помола материалов органического и неорганического происхождения. Конструктивно она состоит из специального узла, оснащенного пластинами, необходимого для организации воздушных потоков, ввода в них измельчаемого материала и вывода измельченных продуктов и вентилятора, обеспечивающего создание аэродинамического потока воздуха.

Механическая конструкция консервативна, что позволяет мельнице безопасно работать в критических условиях и при высоких пиковых нагрузках. Аэродинамический поток обеспечивает тонкое дробление материалов. Также к достоинствам этих мельниц можно отнести: эффективность использования энергии, устойчивость и неприхотливое техническое обслуживание.

В данной установке основным носителем энергии является воздух, поступающий от компрессора. Способ размола заключается в механическом разгоне материала и его самоизмельчении без воздействия размольных органов, что обеспечивает минимальные затраты энергии на измельчение, малый износ рабочих деталей мельницы и практически исключает засорение готового продукта металлом. Процесс помола начинается с того, что материал для тонкого измельчения подается в ячейки мельницы (1). Затем материал подвергается контролируемому измельчению в воздушном потоке. За счет движущегося потока воздуха частицы разгоняются в вихревой камере (вид А), где идет процесс измельчения материала за счет трения по поверхности частиц друг с другом. Благодаря установленному на выходе вентилятору (4), который обеспечивает движение измельчающего материала, измельченные до нужных размеров частицы отводятся через выходной патрубок (3). Процесс измельчения проходит в замкнутом цикле это позволяет повысить производительность оборудования, уменьшить энергозатраты и переизмельчение готового продукта. Материал после прохождения зоны измельчения попадает в секцию просеивания, откуда частицы завышенных размеров возвращаются обратно в начало зоны измельчения. Измельчение в струях охлажденного воздуха не вызывает терморазрушения материалов, что позволяет сохранить качество получаемых продуктов.

При очень тонком измельчении частицы размерами в несколько мкм и мельче могут под действием сил молекулярного сцепления образовывать хлопья и сrostки. В этом случае при измельчении одновременно возникают новые мелкие кусочки, происходит их частичное укрупнение вследствие агрегатирования. Для предотвращения агрегатирования добавляют поверхностно-активные вещества, покрывающие частицы тончайшей плёнкой, которая препятствует слипанию.

При объяснении механизма дробления обычно обращают внимание на измельчение частиц при их лобовом соударении, в результате которого частицы движутся плотными группами, следовательно, проявляется взаимное влияние частиц друг на друга. Однако установлено, что при движении каждой твердой частицы по данной установке вокруг нее располагается около 10000 частиц объема воздуха. Таким образом, движение этой частицы можно рассматривать как движение одиночных частиц. В этом случае можно утверждать, что лобовые столкновения измельчаемого материала реализуются довольно редко. Это свидетельствует о том, что основное измельчение частиц должно быть не ударным, а истирающим.

Благодаря тому, что экспериментальная установка наклонена на определенный угол не наблюдается зависания частиц в камере и их движение подвержено воздействию центробежных сил. Касательные напряжения, возникающие на поверхности трущихся частиц аналогичны напряжениям внутреннего трения в жидкости. Для получения представления о внутреннем трении в жидкости воспользуемся гипотезой Ньютона. Согласно этой гипотезе сопротивление движению твердых тел в жидкости ( $R$ ) и касательные напряжения истирания ( $\tau$ ), вызванные внутренним трением, определяются выражениями:

$$R = \mu \cdot F \cdot \frac{dV}{dr}, \text{ (Н)}; \quad (1.1)$$

$$\tau = \frac{R}{F} = \mu \frac{dV}{dr}, \text{ (Па)}; \quad (1.2)$$

где  $\frac{dV}{dr}$  - производная от скорости ( $V$ ) по направлению ( $r$ ), нормальному к направлению скорости;

$\mu$  - динамическая вязкость жидкости;

$F$  - площадь поверхности трения слоев жидкости.

В нашем случае, определение динамическая вязкость жидкости равнозначно понятию удельного сопротивления движению и истиранию частиц. Для задачи измельчения эта величина является физической характеристикой потока, зависящей от концентрации твердых частиц и их прочности по отношению к деформациям истирания.

В конструкции мельницы предусмотрена возможность регулирования тонкости помола.

Ячейки измельчителя могут регулироваться за счет пластин (2) входящих в их состав: по высоте расположения, длине и величине зазора между пластиной и корпусом.

При проведении ряда экспериментов было установлено, что наиболее оптимальным режимам работы установки и тонкости помола (исходный продукт – сухари) будут соответствовать следующие числовые характеристики (см. вид А рис.1):

- длина пластины  $a = 93\text{-}95$  мм;

- расстояние между пластинами  $b = 95$  мм;

- расстояние между пластиной и корпусом установки  $c = 3$  мм.

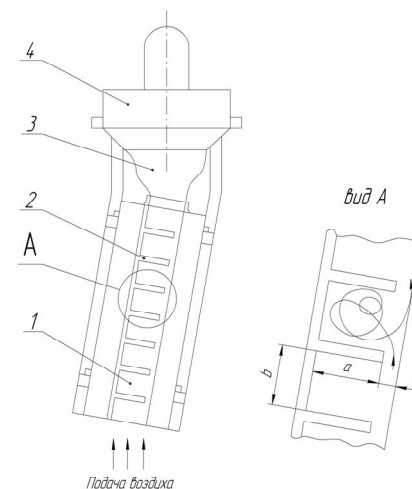


Рисунок 1 – Схема вихревой мельницы

1– ячейка измельчителя; 2–пластины; 3– выходной патрубок; 4– вентилятор; вид А – камера измельчителя.

При уменьшении бокового зазора до 2 мм и соответственном изменении длины пластины резко уменьшалась производительность мельницы, а структура конечного продукта не претерпевала изменений. При длине пластины 91-93 мм и боковом зазоре в 4-6 мм установка не обеспечивала нужной тонкости помола.

Таким образом, исходя из принципа размолки видно, что каждый измельчитель должен быть индивидуально настроен на тот материал и на то качество готового продукта, для измельчения которого он будет предназначен. При различных соотношениях данных параметров с помощью измельчителя можно получать полидисперсные материалы. Эффект тонкого измельчения достигается в основном трением самих частиц, износ компонентов самой мельницы минимален.

Данную установку можно рассматривать как специфичный гидродинамический аппарат, в котором реализованы конструктивные мероприятия не для уменьшения потерь энергии гидравлического потока, а для их увеличения за счет образования вихрей. В вихрях реализуются градиенты скорости воздушного потока, и происходит истирание твердых частиц по поверхности их контакта.

Совершенствование конструкции вихревых мельниц позволяет наряду с повышением качества получаемого продукта повысить эффективность исполь-

зования энергии, устойчивость в работе и упростить техническое обслуживание.

УДК 697.329(075.8)

## ЧТО ТАКОЕ ВИХРЕВОЙ ГЕНЕРАТОР?

Мегаев К., гр. 41-ТВ

Рук. Галаган В.В.

Тепловая энергия — один из основных видов энергии, используемой человеком для обеспечения необходимых условий его жизнедеятельности, для создания благоприятных условий его быта. Тепловая энергия, производимая человеком используется для получения электрической энергии на тепловых электростанциях, для технологических нужд промышленных предприятий, для отопления и горячего водоснабжения жилых и общественных зданий.

Комплексы устройств, производящих тепловую энергию и доставляющих ее в виде водяного пара, горячей воды или подогретого воздуха потребителю, называются системами теплоснабжения. Один из таких устройств вихревой генератор.

В настоящее время в газетах, Интернете и других источниках рекламы можно встретить объявления такого вида: «Вихревые теплогенераторы, КПД более 130%». Нормальный технически грамотный человек сразу же скажет что это чушь, так как еще со школы из закона сохранения энергии мы знаем что КПД не может быть больше 100%, следовательно это обман или неграмотность самих производителей. Так всё-таки что это? Неужели возможно существование «вечного двигателя»? Нет это не КПД, а КПЭ.

Так всё-таки как же работает этот теплогенератор? Что служит источником теплоты? На эти вопросы точно не могут ответить и сами разработчики. Существует разные мнения и гипотезы что за процессы происходят в вихревом потоке воды. Но сначала рассмотрим устройство этой чудо установки на примере теплогенератора Потапова.

В основе теплогенератора лежит вихревая труба Ранке, разработанная им ещё в 1931 году и широко использовавшаяся в технике, в основном для получения холода. Но вода при пропускании через вихревую трубу так же разделяется на два потока, но не горячий и холодный, а горячий и тёплый. То есть температура воды на выходе из трубы выше чем у исходного потока.

Вихревая труба Потапова несколько отличается от трубы Ранке (рис.1)

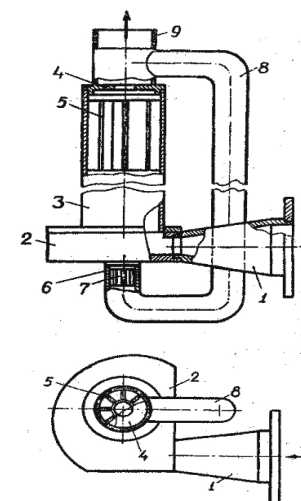


Рисунок 1 – Вихревая труба Потапова

Через инжекционный патрубок 1 подаётся вода от центробежного насоса под давлением 4-6 атм. Попадая в улитку 2, поток закручивается в вихревом движении и поступает в цилиндрическую часть вихревой трубы 3, длина которой раз в 10 больше её диаметра. Закрученный вихревой поток в трубе 3 перемещается по винтовой спирали у стенок трубы к её противоположному (горячему) концу, заканчивающемуся донным отверстием 4 с отверстием в его центре для выхода горячего потока. Перед донным отверстием 4 закреплено тормозное устройство 5 – спрямитель потока, выполненный в виде нескольких плоских пластин, радиально проведённых к центральной втулке, соосной с трубой 3. Когда вихревой поток в трубе 3 движется к этому спрямителю 5, в осевой зоне трубы 3 рождается противоток. В нём вода, тоже вращаясь, движется к штуцеру 6, врезанному в плоскую стенку улитки 2 соосно с трубой 3 и предназначенному для выпуска «холодного» потока. В штуцере 6 установлен ещё один спрямитель потока 7, аналогичный тормозному устройству 5. Выходящая из него тёплая вода попадает по байпасу 8 в патрубок 9 горячего выхода, где она смешивается с горячим потоком, выходящим из вихревой трубы через спрямитель 5. Из патрубка 9 нагретая вода поступает либо непосредственно к потребителю, либо в теплообменник, передающий тепло в контур потребителя. В последнем случае отработанная вода первичного контура (уже с меньшей температурой) возвращается в насос, который вновь подаёт её в вихревую трубу через патрубок 1.

При проведении экспериментов в прозрачной вихревой трубе из кварцевого стекла наблюдается следующее:

Сначала, когда поток воды мал, изменений в вихревой трубе с водой не видно. Потом, если вентиль открыть побольше, у оси стеклянной вихревой трубы точно посередине её появилась тонкая серебристая змейка каверны. С увели-

чением расхода воды длина и диаметр змейки возрастают, а её изгибы, повторяющие форму стоячей звуковой волны в трубе, становятся все заметнее. Наконец, при максимальном расходе воды, длина каверны достигает почти всей длины трубы, а её диаметр – толщины пальца.

Предполагается, что эта огромная каверна, заполненная парами воды, играет роль демпфирующего объёма, который то упруго сжимается, то расширяется при прохождении по столбу воды в вихревой трубе волновых расширений и сжатий рабочей среды. В результате наличия каверны столб обычно практически несжимаемой воды приобретает упругость, необходимую для возбуждения в нём высокоамплитудных упругих колебаний. Увеличению сжимаемости воды в вихревой трубе способствуют и многочисленные кавитационные пузырьки, рождающиеся при торможении потока воды на спрямителе потока.

Так по одной из теорий предполагается, что дополнительная энергия получается за счёт всхлопывания кавитационных пузырьков, образующихся после раскручивания, а затем торможения потока жидкости. Считается, что энергия получаемая при всхлопывании пузырьков больше, чем энергия, которую необходимо затратить для образования кавитации. Поэтому такие теплогенераторы часто называют кавитационными.

Какие именно процессы происходят в потоке вихря, и откуда появляется «лишнее» тепло никто с полной уверенностью сказать не может. Эти механизмы выделения энергии пока мало изучены. Существуют несколько теорий, объясняющих процессы выделения тепла в «вихревых теплогенераторах». Были предположения и о скрытой внутренней энергии колебаний "элементарных осцилляторов" воды, высвобождающейся в вихревой трубе, релятивистские эффекты при раскручивании тел, и даже о высвобождении в ее неравновесных условиях гипотетической энергии физического вакуума. Однако ни одна из теорий не может полностью описать эти процессы, дать методы расчета и оптимизации конструкции тепловых установок. Научные исследования сводятся лишь к фиксации результатов работы созданных тепловых установок и интерпретации этих результатов. Единственное что пока ясно, это то, что избыточная теплота берётся из внутренней энергии воды.

УДК 66.096.5-492(043.3)

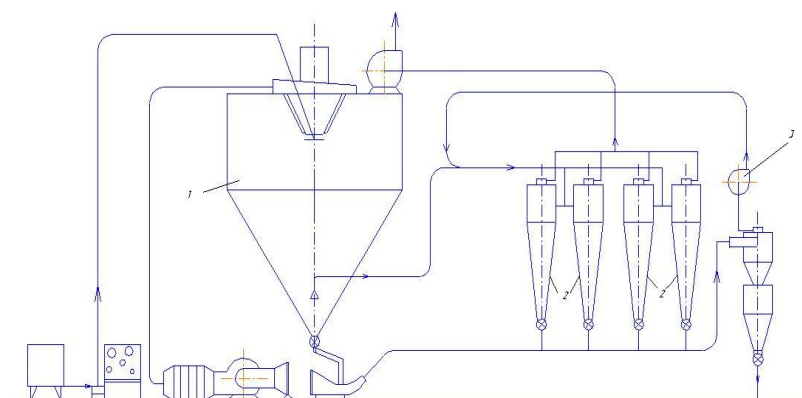
## О ВОЗМОЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ УСТАНОВКИ РСМ ДЛЯ РАБОТЫ В ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕМ РЕЖИМЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СУХОГО МОЛОКА

Степашина Ю.Ю., гр. 41-ТМ  
Рук. Земляков Н.В.

Нарастающие темпы научно-технического прогресса в современной России, требуют постоянного совершенствования, как отдельных аппаратов, так и комплексов машино-аппаратных схем. В том числе предназначенных в отрасли производства молочных продуктов и, в частности для производства сухого молока. А с учетом того, что стоимость энергоресурсов постоянно растёт, то все новые технические разработки должны обеспечивать энергосберегающий режим, при высокой производительности.

В данной работе нами предложена новая технологическая схема машино-аппаратного комплекса, по производству сухого молока в распылительной сушильной камере (рис. 1).

Прототипом новой технологической схемы является известная технологическая схема типа РСМ-1000 [1], обеспечивающая получение сухого молока распылительным способом в сушильной башне. Известная схема типа РСМ-1000 включает следующее основное технологическое оборудование:



- 1 – сушильная башня;
- 2 – пылеуловительное оборудование – циклоны (четыре аппарата);
- 3 – центробежный вентилятор.

Рисунок 1 – Схема машино-аппаратного комплекса, по производству сухого молока в распылительной сушильной камере

Новая, предложенная нами технологическая схема, в отличие от схемы прототипа, в качестве пылеулавливающего оборудования содержит один аппарат со встречными закручивающимися потоками (ВЗП) [2]. При этом, расход воздушного потока через аппарат ВЗП, соответствует суммарному расходу через все аппараты типа и циклон, установленные в схеме-прототипе РСМ-1000. А учитывая тот фактор, что конструкция аппаратов типа циклон имеет гидравлическое сопротивление, большее, чем аналоговый по диаметру аппарат ВЗП, то применение последнего более целесообразно, чем несколько аппаратов типа циклон. Кроме того, в аппарате типа ВЗП не наблюдается износ внутренней стенки аппарата от улавливаемого порошка, а это значит, сухое молоко меньше контактирует с металлом и, таким образом повышается его качество и, как следствие потребительская привлекательность.

Энергосберегающая схема сушильной установки представлена на рисунке 2.

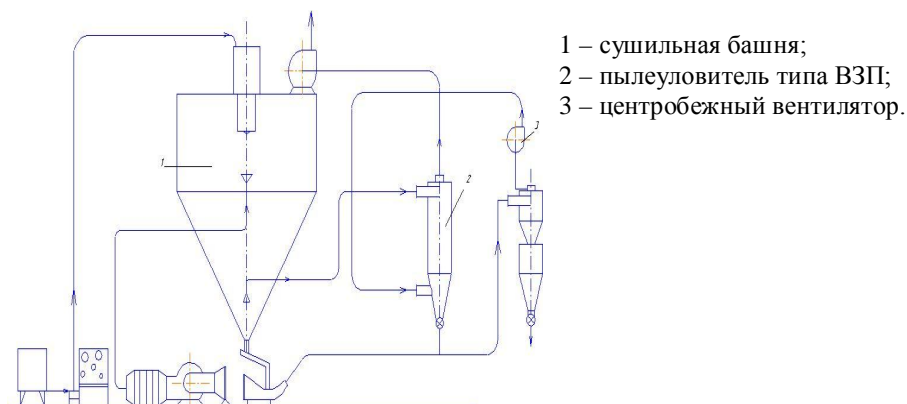


Рисунок 2 – Энергосберегающая схема сушильной установки

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сурков В.Д., Липатов Н.Н., Золотин Ю.П. Технологическое оборудование предприятий молочной промышленности. -М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983.-430 с.
2. Земляков Н.В. Кандидатская диссертация «Разработка аппарата для осуществления процесса грануляции пылевидных материалов во встречных закрученных потоках», по специализации 05.17.08. – Процессы и аппараты химической технологии. М., Московский текстильный институт им. А.Н.Косыгина, 1982 г.

УДК 621.822

### КРИТЕРИИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ КОНИЧЕСКИХ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ (КПС)

Ярославцев М.М., гр. 51–МП  
Рук. Камозин Л.М.

Для обеспечения надежной работы роторно-опорных узлов на конических подшипниках скольжения высокоскоростных турбомашин необходимо проектировать их в соответствии с определенными требованиями. Детали конических подшипниковых узлов (рис. 1) должны обладать достаточной прочностью, жесткостью, надежностью, устойчивостью, износостойкостью, теплостойкостью, технологичностью, возможностью изготовления из недорогих и недефицитных материалов, простой конструкции, минимальным количеством дросселирующих элементов, возможностью работы при использовании любых рабочих сред, минимальными размерами в радиальном и осевом направлении, противозаклинивающими устройствами [1, 2]. В данной работе будут рассмотрены лишь некоторые из них.

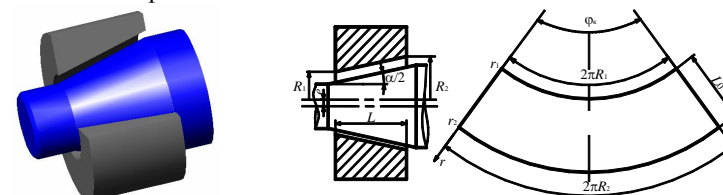


Рис. 1 – 3D-модель и геометрия гладкого конического гидродинамического подшипника

Главным критерием работоспособности деталей подшипников скольжения, в том числе и конических опор, является прочность, т.е. способность деталей сопротивляться разрушению (сопротивление усталости) или пластическому деформированию под действием приложенных к ним нагрузок, и характеризует длительную и надежную работу машин. Потеря сопротивлению усталости обычно происходит в результате длительных воздействий переменных напряжений, превышающих предел выносливости материала. Сопротивление деталей значительно понижается при наличии концентраторов напряжений, связанных с конструктивной формой подшипника (галтели, канавки и т.д.) и с дефектами производства (царапины, трещины и т.д.). С увеличением абсолютных размеров сечений подшипниковых деталей происходит снижение их прочностных механических характеристик, получаемых при статических и усталостных испытаниях [1, 2].



К критериям работоспособности исследуемых конических опор также относятся теплостойкость и вибростойкость. Увеличение рабочих скоростей турбомашин и их деталей часто способствует возникновению вибрации. Особая опасность вибрационных нагрузок состоит в том, что при определенных условиях они могут вызывать усталостные разрушения детали. Детали высокоскоростных турбомашин со значительными скоростями вибрации подвергают расчетам на колебания. Основной задачей расчета является выбор конструкции такой жесткости, при которой будет исключена опасность возникновения резонансных колебаний. Эффективность мер по устранению колебаний достигается изменением динамических свойств системы, т.е. изменением моментов инерции масс. В случае, когда такими методами невозможно добиться удовлетворительных результатов, в систему включают дополнительные устройства – гасители колебаний или антивибраторы.

С увеличением температуры ухудшаются механические свойства металлов, смазочного материала, увеличивается износ, изменяются зазоры, появляются дополнительные динамические нагрузки. Для предотвращения вредных последствий перегрева на работу турбомашин на КПС применяют охлаждение. Эффективный способ снижения рабочей температуры подшипника – усиление теплоотвода путем подвода смазки под давлением (принудительная циркуляционная смазка) с одновременным увеличением зазора и введением дренажных канавок в ненагруженной зоне подшипника. Результаты работы [3] показывают, что введение охлаждения для поддержания температуры вала на уровне меньшем, чем температура поверхности подшипника, обеспечивает увеличение давлений в рабочем зазоре и, следовательно, грузоподъемности, а также увеличение момента трения.

Большие зазоры (более 200 мкм) неблагоприятны для грузоподъемности, но способствуют уменьшению трения и увеличению прокачки смазки. Рабочая температура подшипников с большим зазором меньше, повышенная благодаря этому вязкость смазки компенсирует их малую грузоподъемность. Этим объясняется способность подшипников скольжения работать даже при довольно значительных износах. Подшипники с малым зазором вследствие повышенного тепловыделения работают при высокой температуре, однако пониженная вязкость смазки компенсируется свойственной этим подшипникам высокой нагруженностью. Аналогичную способность саморегулирования подшипник проявляет и при колебаниях рабочего режима. При возрастании удельной нагрузки уменьшается толщина масляного слоя, подшипник приближается к режиму полужидкостной смазки. Однако одновременно падает коэффициент трения и снижается тепловыделение. В результате повышается вязкость смазки, отчего прежнее значение характеристики режима полностью или частично восстанавливаются, и подшипник переходит в состояние устойчивого равновесия.

При повышении температуры подшипника (например, из-за временного уменьшения подачи масла) рабочая вязкость масла падает, толщина масляного слоя уменьшается, и может произойти заедание. Однако, с понижением вязкости падает коэффициент трения и уменьшается тепловыделение, в результате

чего устанавливается новое состояние равновесия. С другой стороны, при увеличении угловой скорости или уменьшении нагрузки работа подшипника может стать неустойчивой из-за уменьшения эксцентриситета вала. Однако, при возникновении вихревых движений вала резко возрастают потери на трение, температура подшипника повышается, вязкость масла падает, и вал возвращается в устойчивую область [2].

Поскольку при высокой частоте вращения увеличивается тепловыделение, то рабочая вязкость смазочного материала уменьшается, следовательно, при конструировании быстроходных подшипников нужно особо тщательно выбирать конструктивные параметры с целью уменьшения тепловыделения. Применение смазочного материала повышенной вязкости также не всегда рационально, так как увеличивается трение, тепловыделение и затрудняется истечение рабочего тела из подшипника, вследствие чего температура смазочного слоя возрастает, и рабочая вязкость падает, из-за чего уменьшается грузоподъемность конических подшипников, к тому же повышенная вязкость затрудняет пуск. Применение смазочного материала высокой вязкости оправдано лишь, в тех случаях, когда подшипник работает при температуре, повышенной в результате нагрева извне. Здесь применение смазки повышенной вязкости является подчас единственно возможным способом обеспечения надежной работы подшипника.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Корнеев, А.Ю. Динамические и интегральные характеристики конических подшипников скольжения: Дисс...канд. тех. наук. – Орел, 2004. – 207 с.
2. Орлов П.И. Основы конструирования: Спр.-метод. пособие / Под ред. П.Н. Учаева. – М.: Машиностроение, 1988. – Т.2. – 544 с.
3. Kennedy J.S., Sinha Prawal, Rodkiewicz Cz.M. Thermal effects in externally pressurized conical bearings with variable viscosity // Trans. ASME. Tribol. – 1988. – 10. - № 2. – P. 201 – 211 (англ.).

УДК 678.022

#### ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ СНИЖЕНИЯ СПЕКАЕМОСТИ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛОТЕН В НАСТИЛЕ

Зайцева Е.В., гр. 51-КШ  
Рук. Моськина Е. Л.

В современной легкой промышленности к раскрою деталей на стационарной раскройной ленточной машине предъявляются высокие требования, так как качество выкраивания напрямую влияют на характер технологической об-

работки изделия в целом. На качество вырезания влияют состояние режущего инструмента, степень его износа, поэтому весьма важным являются повышение стойкости режущего инструмента и его рациональное использования.

Основным инструментом СРЛМ является нож, который представляет собой бесконечную ленту. Прочность инструмента его износостойкость зависит не только от качественной сварки стыков, но и от самой структуры используемой стали. При раскрое на СРЛМ происходит износ ножа. Особенно это наблюдается при раскрое синтетических тканей, так как из-за трения нож нагревается, происходит оплавление ткани и налипание на нож элементов деструкции материала, из-за чего нож периодически необходимо подтачивать. Подтачивание не только заостряет кромку ножа, но и убирает деструкцию. В результате происходит уменьшение ширины ножа, его ослабление, а следовательно увеличивается амплитуда его колебаний, что влечет за собой появление погрешности в размерах деталей кроя. Поэтому ставится задача в ликвидации явления спекания за счет использования современных обработок используемых в инструментальном хозяйстве.

Поверхностный слой детали – это слой, у которого структура, фазовый и химический состав отличаются от основного металла, из которого сделана деталь.

Толщина и состояние слоев может меняться в зависимости от состава материала, метода обработки, условий эксплуатации.

Для повышения эффективности обработки применяются методы, связанные с улучшением свойств инструментального материала, изменением состава и свойств поверхностного слоя инструмента, нанесением тонкопленочных покрытий, снижением шероховатости рабочих поверхностей и улучшением условий эксплуатации инструмента.

Существует несколько методов увеличения срока эксплуатации режущего инструмента к ним относятся керамическое, алмазное покрытие, ионное азотирование и эпиламирование.

#### **Керамическое покрытие**

Преимущество керамического покрытия:

- 1 при раскрое синтетических тканей температура плавления ниже на 20 %, тем самым уменьшается нагрев ножа при раскрое;
- 2 уменьшение прилипания остатков плавления;
- 3 предотвращение образования статического электричества;
- 4 увеличивается прочность;
- 5 срок службы увеличивается в 2 раза.

Недостатком является хрупкость материала.

#### **Алмазное покрытие**

Преимущество алмазного покрытия:

- 1 имеет более высокую износостойкость;
- 2 при стандартных условиях эксплуатации долговечность увеличивается в 3 раза;
- 3 уменьшается нагрев ножа;

4 алмазное покрытие настолько прочное, что оно не подвержено поверхностным деформациям.

Недостатком является высокая стоимость материала.

#### **Ионное азотирование**

Ионное азотирование и карбонитрирование – химико-термическая обработка изделий, деталей и инструмента, в результате которой происходит диффузионное насыщение поверхностного слоя азотом при температуре 400-600°C. Процесс осуществляется в азотсодержащей газовой среде при рабочем давлении в камере установки 0,4-10 мбар под воздействием тлеющего электрического разряда между катодом – деталями и анодом – стенками вакуумной камеры. В результате формирования активной плазмы – ионизированного газа активно образуются различные модификации диффузионных покрытий, обладающих высоким качеством и преимущественными свойствами.

Недостатком метода ионного азотирования является необходимость применения специального оборудования.

Анализ литературных данных показывает, что наиболее перспективным методом повышения стойкости инструмента является нанесение на его рабочую поверхность растворов эпиламов-эпиламинирования.

#### **Эпиламы, применение (принцип действия), эффективность использования**

Эпиламы предназначены для обработки поверхностей с целью придания им коррозионной стойкости, низкой поверхностной энергии и, как следствие этого, повышение их износостойкости.

Эпиламирующие составы содержат раствор фторсодержащих поверхностно-активных веществ в специально подобранных растворителях. При обработке фторсодержащее поверхностно-активное вещество адсорбируется поверхностью и образует на ней тонкую пленку. После закрепления на поверхности эта пленка обладает хорошей химической стабильностью, высокой термической стойкостью (до 400°C, а температура плавления синтетических волокон составляет в пределах 225-2700C) и рядом других положительных качеств, в том числе способностью защитить контактирующие поверхности от окисления и истирания.

Эпиламирующие составы:

- обладают высокой проникающей способностью, защитная пленка эпиламы прочно сцепляется практически с любыми поверхностями, в том числе с металлами;
- позволяют легко выполнять ремонтные работы, связанные с заменой компонентов (пленка эпиламы обладает флюсующими свойствами);

Одним из важнейших преимуществ эпиламинирования является то, что оно не меняет структуру обрабатываемой твердой поверхности, а лишь модифицирует ее, придавая поверхности антифрикционные, антиадгезионные, антикоррозионные, защитные (в том числе от механических воздействий) и другие полезные свойства. Практически неизменными остаются и геометрические размеры обрабатываемых деталей. Эпиламы образуют с металлическими поверхностями

единое химическое целое (за счет образования хемосорбционных и химических связей), сдерживая основной удар на поверхности. Эпиламирующие составы обладают качествами микрораспределения, создавая равную поверхность, что позволяет значительно снизить коэффициент трения, а следовательно уменьшить налипание на нож.

### РАЗРАБОТКА ЗАЩИТНОГО КОМБИНЕЗОНА ОТ МАЛОТОКСИЧНЫХ ПЕСТИЦИДОВ

Машкей Г., гр. 21-Ш(б), Смирнова Д.О., гр. 31-ТШ  
Рук. Кваскова Т.В.

Пестициды – биологически активные вещества, которые при применении могут представлять опасность для здоровья работающих, т.е. они способны вызывать острые и профессиональные хронические заболевания.

Кожный путь поступления пестицидов является наиболее значимым, поэтому задача исследования и регламентирования допустимого уровня снижения защитных свойств специальной одежды для работы с токсичными веществами и степени ее загрязнения продолжает оставаться актуальной.

Для разработки спецодежды для механизаторов были установлены места наибольших загрязнений пестицидами отдельных участков тела человека: кисти рук, предплечья, грудь, шея и лоб.

В качестве основополагающих выбраны две технологические операции: заправка трактора пестицидами и опрыскивание.

Концентрация пестицидов в рабочей зоне в процессе заправки была в пределах  $0,01...17,4 \text{ мкг/100см}^2$  и  $0,07...54,2 \text{ мкг/100см}^2$  при опрыскивании. На кожных покровах пестициды определялись более чем в 70 % случаев, причем средний уровень загрязнения кожи рук был достоверно выше, чем других участков кожи.

Изучение загрязнения участков кожи при выполнении основных технологических операций показал, что необходимо создавать новые виды защитной одежды с усилением проблемных зон, за счет конструктивных элементов, а также применения тканей с современными пропитками.

Исходя из выше сказанного, мы предлагаем модель комбинезона для механизатора, занимающегося опрыскиванием зерновых и овощных культур пестицидами. Предлагаемый комбинезон позволяет защитить кожные покровы работника в наиболее уязвимых местах: лба – при помощи козырька, шеи – при помощи пристегивающего капюшона и кокетки, изготовленной из специального влагонепроницаемого материала и в плотную, подходящую к горловине, съемные усиленные накладки в области предплечья и коленей. Внешний вид комбинезона представлен на рисунке 1.

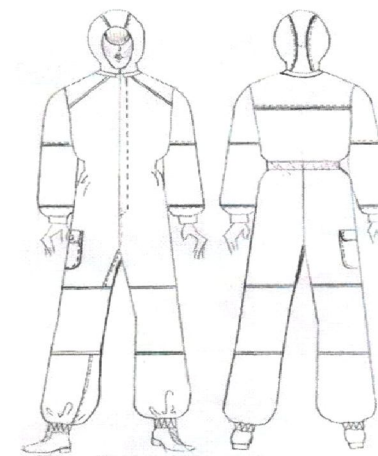


Рисунок 1 – Модель комбинезона для механизатора, занимающегося опрыскиванием зерновых и овощных культур пестицидами

#### Выводы:

1. Для механизаторов, занятых опрыскиванием сельскохозяйственных культур необходима разработка защитной одежды.
2. Выявлены наиболее значимые места загрязнения тела работника пестицидами и пути попадания пестицидов в организм механизатора.
3. Предложены новые конструктивные элементы, позволяющие защищать участки тела, наиболее подверженные загрязнению.
4. создан опытный образец защитного комбинезона и ведутся научно-исследовательские работы по совершенствованию предложенной модели.