

XV Всероссийская научно-техническая конференция
студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь»

Секция ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Подсекция МАШИНЫ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

СОДЕРЖАНИЕ

1) ИССЛЕДОВАНИЕ ОЧИСТКИ КОНДЕНСАЦИИ ПРОДУВНЫХ ПАРОВ СЕКЦИИ
ОТБЕЛИВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ «ЮГ СИБИРИ»

Грязев А. И. - студент гр. 8ТМиО-61

Гаркуша Н.Н. - доцент.

2) ХОЛОДИЛЬНАЯ УСТАНОВКА ПРОВИЗИОННЫХ КЛАДОВЫХ

Хорошилов А.С. - студент гр. ТМиО-41

Терехова О.Н., – к.т.н., доцент.

3) ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПНЕВМОСЕПАРАЦИИ ПРОДУКТОВ РАЗМОЛА ЗЕРНА

Дуюнова Я.С. - студент гр. ТМиО-41;

Терехова О.Н.- к.т.н., доцент.

4) ОБЗОР МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ТРАНСПОРТИРУЕМОГО МАТЕРИАЛА, ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ШРОТАМ
ПОДСОЛНЕЧНИКА И РАПСА

Лапушкин А.А. - студент гр. 8ТМиО-61

Глебов А.А. - к.т.н., заведующий кафедрой МАПП

5) ОРГАНИЗАЦИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ТОЧКИ ОТГРУЗКИ ШРОТА НА Ж/Д
ТРАНСПОРТ СО СКЛАДОВ НАПОЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ
ООО «ЮГ СИБИРИ»

Лапушкин А.А. - студент гр. 8ТМиО-61

Глебов А.А. - к.т.н., заведующий кафедрой МАПП

6) ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА НАГРЕВА СУСЛА В ПИВОВАРЕННОМ
ПРОИЗВОДСТВЕ ПРИ ПОМОЩИ ЭФФЕКТА ГАЗЛИФТА

Мартыненко Р.В. - студент гр. 8ТМиО-61

Глебов А.А. – к.т.н., заведующий кафедрой МАПП

7) ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ
ЭРЛИФТА НА ПРОЦЕСС ЦИРКУЛЯЦИИ ЖИДКОСТИ

Мартыненко Р.В. - студент гр. 8ТМиО-61

Глебов А.А. – к.т.н., заведующий кафедрой МАПП

8) ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СЕПАРИРОВАНИЯ ВИБРООЖИЖЕННОГО
МАТЕРИАЛА ПШЕНИЦЫ НА РЕШЕТНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Медведев А.Н. – студент гр. ТМиО – 41

Тарасевич С.В. – к.т.н., доцент

9) ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПРЯМОТОЧНОГО СТРУЙНОГО ЭЖЕКТОРА

Слесарев М.С. - студент гр 8ТМиО-61

Гаркуша Н.Н. - доцент

10) ЛОКАЛЬНЫЕ ФИЛЬТРЫ

Гладков Д.Е. – студент гр 8ТМиО-61,

Терехова О.Н. – к.т.н., доцент

11) МОДЕРНИЗАЦИЯ ФРИЗЕРА НА ООО «АЛТАЙХОЛОД»

Туран В.Ю. - студент гр. ТМиО-41

Глебов А.А. - к.т.н., заведующий кафедрой МАПП.

12) МОДЕРНИЗАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ НА ЭЛЕВАТОРЕ ООО МК "РОСА".

Юрьев В.А – студент гр. ТМиО – 41

Тарасов А.В. – к.т.н., доцент.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОЧИСТКИ КОНДЕНСАЦИИ ПРОДУВНЫХ ПАРОВ СЕКЦИИ ОТБЕЛИВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ «ЮГ СИБИРИ»

Грязев А.И. – студент гр. 8ТМиО-61

Гаркуша Н.Н. - доцент

Алтайский Государственный Технический Университет им. И.И.Ползунова.

На всех стадиях своего развития человек был тесно связан с окружающим миром. Но с тех пор как появилось высокоиндустриальное общество, опасное вмешательство человека в природу резко усилилось. С появлением масштабных перерабатывающих предприятий и производств пищевой промышленности, остро стал вопрос об загрязнение окружающей среды. Наиболее эффективным методом очистки была признана скрубберная очистка парогазовых смесей и воздуха, который выбрасывается предприятиями в атмосферу.

*Скруббер - цилиндрическая емкость из низкоуглеродистой стали с плоским верхом и дном, содержащие буферную сетку уловитель, для конденсации парогазовой смеси, путем орошения барометрической водой.

Принцип работы скруббера заключается в том, что пары поступают в корпус аппарата, где происходит их конденсация. При движении по корпусу скруббера, пар проходит демистерную сетку, за счёт которой происходит улавливание некоторых частиц пыли или продукта, в зависимости от того, где установлена установка. Далее, путем орошения водой, пар конденсируется. Далее конденсат сливается в емкость, а очищенный воздух направляется в атмосферу.

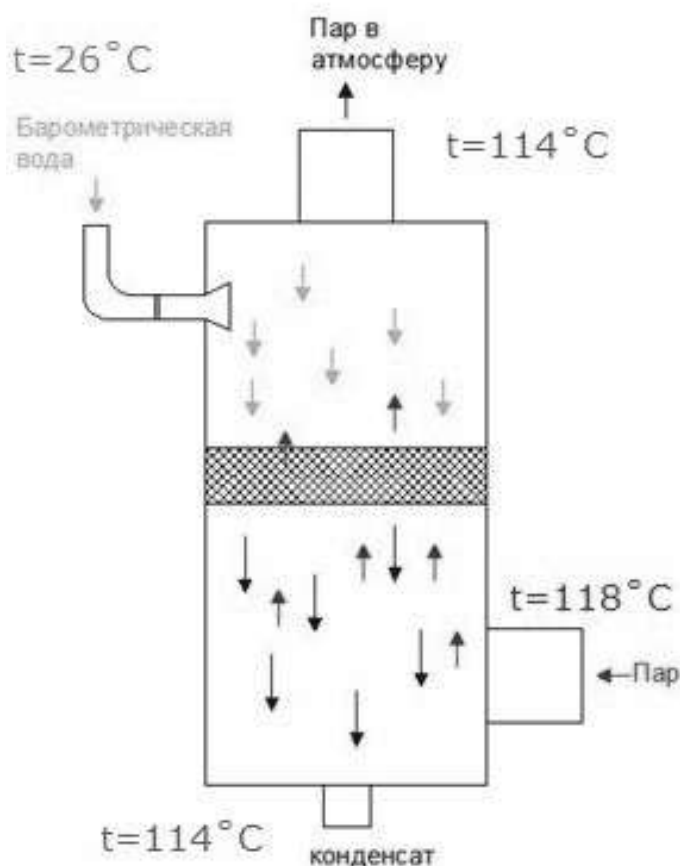


Рисунок 1 - Скруббер

Благодаря взаимовыгодному сотрудничеству АлтГТУ с маслоэкстракционным заводом ООО «Юг Сибири» были проведены замеры величин в действующем цехе рафинации. Наибольший интерес представляют замеры температуры входящего пара и температуры выходящего. Так же необходим контроль температуры воды для орошения и конечная температура конденсата, выходящего из установки.

*В результате проведенных замеров на предприятие ООО «Юг Сибири», были получены следующие данные о работе скрубберной установки:

Таблица 1 – Экспериментальная часть

	$T_{\text{вх. пара}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{вых. пара}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{воды}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{конд}}, ^\circ\text{C}$
Опыт 1	118	114	26	114
Опыт 2	100	67	17	78
Опыт 3	95	53	12	60
Опыт 4	70	30	5	40

На начальном этапе проведения опытов, были взяты температуры наиболее приемлемые для протекания процесса рафинации в цехе. При входящем паре с температурой 118°C и температурой воды 26°C получаем на выходе пар с температурой 114°C и конденсат с температурой 114°C

Исходя из полученных данных, можно заметить, что Δt входящего пара и выходящего пара из скруббера равна 4°C , откуда следует вывод что работа скруббера неэффективна и большая часть пара не конденсируется, а выходит в атмосферу создавая нежелательные загрязнения окружающей среды. На основе этого можно сделать вывод, что скрубберная очистка на предприятие ООО «Юг Сибири» неэффективна и требует модернизации.

При проведении опыта №2 нами были взяты другие параметры: Температура воды составила 17°C , температура входящего пара 100°C . При протекании процесса были замечены изменения в конденсации пара. Произошло изменение температуры конденсата и на выходе было получено 78°C . При этом температура выходящего пара изменилась до 67°C .

Опыт №3 был проведен при следующих показателях: Температура воды 12°C , температура входящего пара 95°C . После протекания процесса были получены следующие температуры: Конденсат 60°C , выходящий пар 53°C

На последнем этапе были взяты самые минимальные значения: Температура воды 5°C , температура входящего пара 70°C . Температура конденсата упала до 40°C , а температура выходящего пара до 30°C .

*Основываясь на полученных данных можно сделать вывод, что при изменении температуры воды, предназначенной для орошения пара, существенно увеличивается доля конденсации пара. Эффективность протекания процесса увеличилась в несколько раз, относительно используемых параметров в цехе рафинации на данный момент.

Результаты проведенных исследований так же показали, что помимо изменения технологии протекания процесса, необходима модернизация конструкции скруббера для более эффективной очистки парогазовой смеси.

ХОЛОДИЛЬНАЯ УСТАНОВКА ПРОВИЗИОННЫХ КЛАДОВЫХ

Хорошилов А.С. - студент гр. ТМиО-41

Терехова О.Н. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова

Современные компьютерные тренажеры позволяют обучать студентов выполнению стандартных процедур и действий в нештатных и аварийных ситуациях, а также проводить тренинги и оценивать их компетенцию.

В настоящее время в научных исследованиях и образовании, в производственной и других сферах деятельности человека все большее значение имеют информационно вычислительные системы.

Тренажер «Холодильная установка провизионных кладовых» представляет собой программный продукт, предназначенный для изучения и моделирования работы автоматизированной холодильной установки.

Тренажер предназначен для изучения состава, принципа действия и регулировки холодильных установок, а также для приобретения навыков управления ими в нормальных условиях эксплуатации и при возникновении неисправностей и аварийных ситуаций в их работе. Позволяет обучать специалистов выполнению стандартных процедур и действиям в нештатных и аварийных ситуациях, проводить тренинги уже хорошо подготовленных специалистов и оценивать их компетенцию.

Главное диалоговое окно тренажера представлено ниже рисунок 1

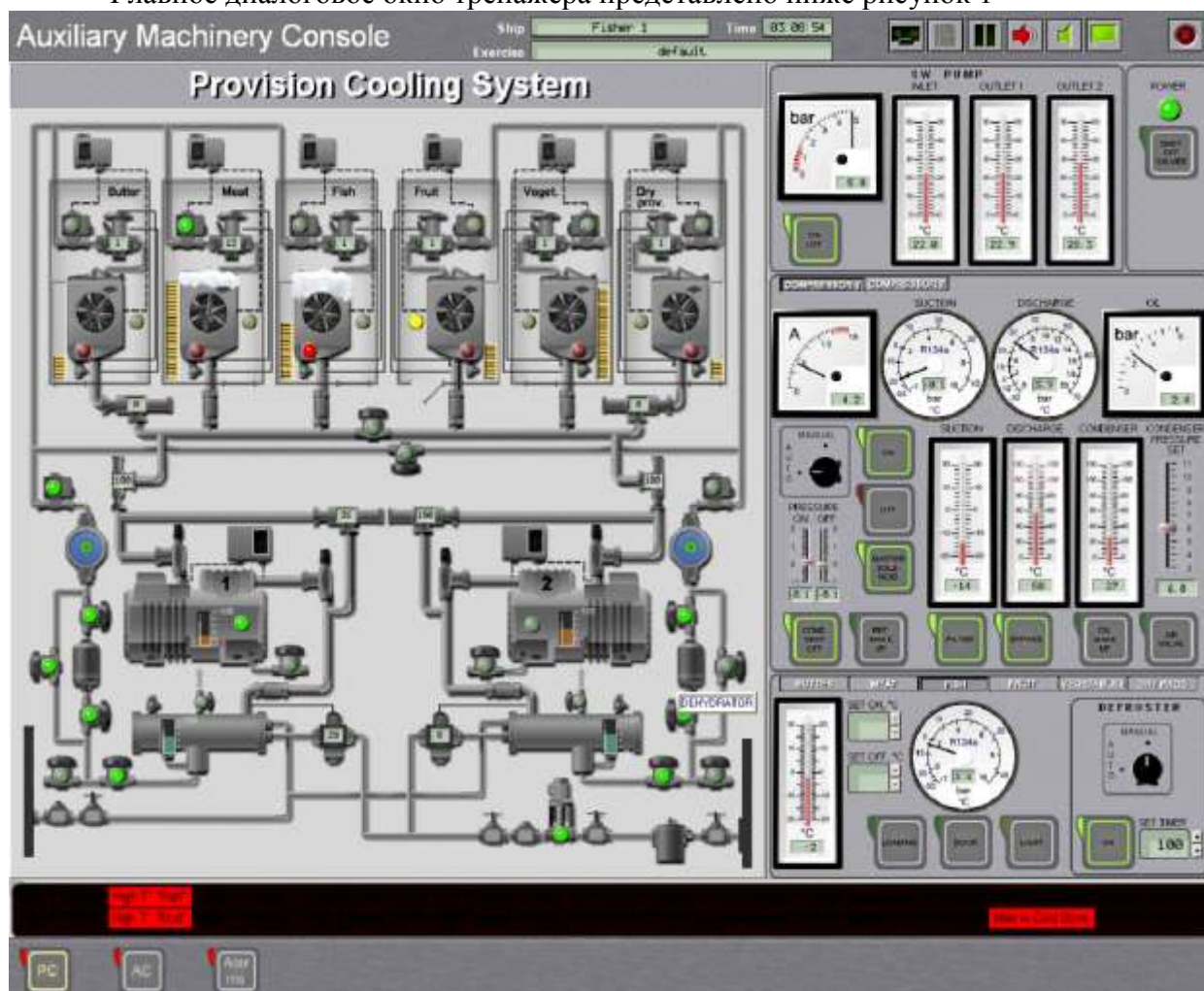


Рисунок 1 –Диалоговое окно тренажера

Холодильная установка, которая лежит в основе тренажера состоит из двух холодильных машин, работающих каждая на свою группу потребителей. При этом холодопроизводительность каждой холодильной машины достаточна для обслуживания в случае необходимости обеих групп кладовых, для чего в системе предусмотрены газовый и жидкостный соединительные трубопроводы с отсеченными клапанами.

В состав каждой из двух холодильных машин входят: бессальниковый поршневой компрессор; кожухотрубный конденсатор; фильтр-осушитель с индикатором влажности; три воздухоохладителя (по числу охлаждаемых помещений); трубопроводы, запорная и регулирующая арматура, приборы автоматического регулирования и защиты. Предусмотрено охлаждение конденсаторов которое осуществляется с помощью насоса заборной воды. Температура воздуха в кладовых поддерживается с помощью воздухоохладителей расположенных в камерах. Реле температуры контролирует температуру воздуха в соответствующей провизионной кладовой и управляет работой камерных соленоидных вентилей, а также работой вентилятора воздухоохладителя. Подача хладагента в прибор охлаждения (воздухоохладитель) осуществляется терморегулирующим вентилем. Панель управления, расположенная в правой части экранной страницы, содержит блоки:

- управления подачей заборной воды;
- управления отсечными клапанами трубопроводов;
- управления компрессорами;
- управления провизионными кладовыми.

Данный тренажер является наглядным пособием для обучения студентов либо персонала по обслуживанию холодильных установок. Имеет функцию задания неисправностей инструктором. В процессе решения, которых идет знакомство с эксплуатацией холодильных установок, решение частых проблем оборудования. Неисправности задаются как в данный момент, так и при помощи таймера в любой момент времени, при открытом диалоговом окне неисправностей

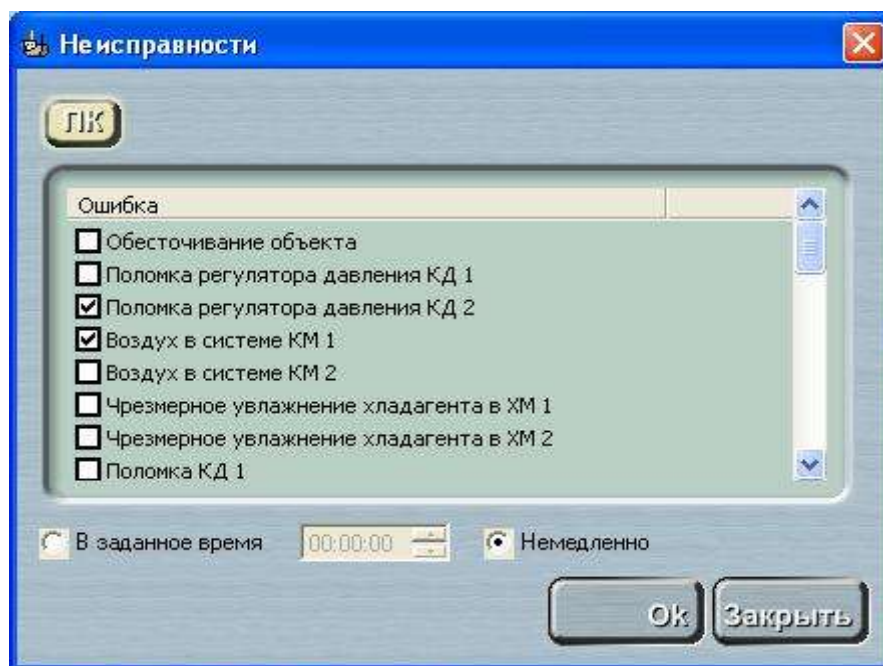


Рисунок 2.Диалоговое окно задание неисправностей.

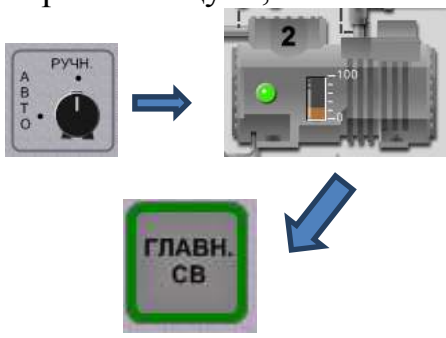
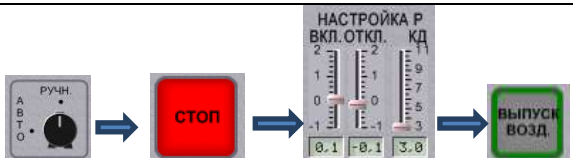
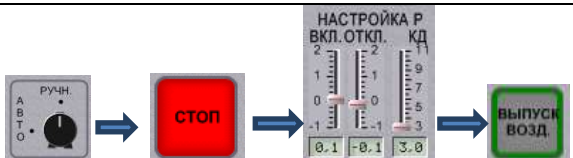
Для показания неисправностей стенд оборудован аварийной сигнализацией, которая срабатывает для всех камер в так же всего оборудования холодильной установки.



Рисунок 3 Диалоговое окно аварийной сигнализации

В нижеприведенной таблице представлены рекомендации и возможные способы устранения проблем с поломкой компрессора и воздуха в системе.

Таблица 1- Устранение неисправностей

Возможные причины неисправности	Влияние на работу системы; признаки неисправностей;	Последовательность нажатия клавиш на тренажере
1 Поломка компрессора Очень низкий уровень масла в картере. Недостаточное количество масла в системе. Накапливание масла в испарителе	Система остановлена устройством управления по перепаду давления . Приводит к износу трущихся деталей	На данном тренажере имеется две холодильные машины, каждая из них может полностью заменить неработающую ; 
Очень высокий уровень масла в картере. Перелив масла. Хладагент смешивается с маслом, охлаждая компрессор	Гидравлические удары в цилиндрах, риск поломки компрессора: - поломки рабочих клапанов; - поломки других механических перемещаемых деталей компрессора; - механические перегрузки.	
2. Воздух или неконденсируемые газы в холодильной установке	Высокое давление конденсации; Большое количество хладагента.	

Использование подобных тренажеров упрощает понимание работы холодильного оборудования. Кроме того изучение происходит без вреда реальных агрегатов. Данный Тренажерный комплекс, для наглядности рекомендуется изучать при комбинировании с примерами реальных лабораторных стендов

Библиографический список

1. Терехова О.Н. Методические указания по работе с тренажером «Холодильная установка провизионных кладовых» по дисциплинам «Холодильная техника и кондиционирование» для студентов направления ТМиО и «Холодильная техника и технология» для студентов направления ТОП очной и заочной форм образования / Алт. гос. тех.ун-т им. И.И. Ползунова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2015,-46 с.
2. Олейников. Б.И Новые компьютерные тренажеры холодильных установок — электронные технологии [Текст], . Санкт-Петербург ТРАНЗАС 2004,-12 с
3. Руководство для монтажников [Текст] .— Москва : Данфос, 2005.— 162 с

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПНЕВМОСЕПАРАЦИИ ПРОДУКТОВ РАЗМОЛА ЗЕРНА

Дуюнова Я.С.- студент гр. ТМиО-41

Терехова О.Н. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова

Мука является продуктом первой необходимости, а от ее качества зависит качество продукции выпускаемой хлебопекарной, кондитерской, макаронной промышленностью и сферой общественного питания.

Мука – это размельченное в порошок целое зерно хлебных культур. Измельчение муки на мукомольных предприятиях осуществляется в размольном отделении, которое является основным отделением мельницы и включает в себя следующие процессы, такие как драной, сортировочный, процесс обогащения, шлифовочный, размольный и вымол оболочных продуктов. В наше время необходимость в производстве муки с различным содержанием белка становится всё более актуальной. Если проанализировать потребность такого рода продукции то можно сделать вывод что мука с различным содержанием белка может использоваться для детского, спортивного, диетического и лечебного питания, а так же для производства каких-либо хлебобулочных изделий для которых необходим определенный уровень содержания белка в муке.

Как показывают исследования, наибольшее количество белковых веществ содержит мука с частицами размером менее 18 мкм, состоящая из частиц крахмала и свободного белка, а наименьшее количество белков содержится в муке с размерами частиц более 45 мкм, включающая в себя крахмальные зерна с прикрепленным и свободным белком. По данным экспериментальных исследований дисперсного состава муки пшеничной, а также продуктов размола с различных систем выявлено, что в массе муки содержится примерно 25% частиц размером 1—25 мкм и 25—40% размером 26—40 мкм; остальные имеют размеры 42—150 мкм. На

основании этих данных можно заключить, что значительная доля состава муки высоких сортов находится ниже границы гравитационного просеивания и получить такую высокую четкость сепарирования посредством традиционной ситовой классификации не возможно.

В России муку с повышенным содержанием белка на мукомольных предприятиях получают путем улавливания тонкой фракции муки в фильтрах после разгрузителей систем пневмотранспорта муки. По такой технологии получают муку с содержанием белка 25 %.

Для получения муки с высоким и низким содержанием белка так же применяют пневмосепарирующее оборудование и классификаторы.

В ходе исследования получения муки с различным содержанием белка мной было принято решение произвести конструкторскую модернизацию классификатора-разделителя на базе теории о спиральном пылеотделителе [1]. Из-за особенностей конструкции была создана следующая модификация

(рисунок 1)

Весь процесс получения муки сопровождаются большим выделением пыли в окружающую среду. Для того чтобы предотвратить выбросы вредных веществ используют аспирационные установки. Уменьшение выбросов пыли в атмосферу, благодаря использованию в аспирационных установках современных высокоэффективных пылеуловителей, позволяет защитить окружающую среду от вредных загрязнений.

Ярким представителем таких пылеуловителей являются циклоны. В них очистка запылённого воздуха происходит за счёт центробежных сил, которые действуют на частицы пыли, находящиеся внутри корпуса циклона и последующего осаждения частиц в нижней части установки. Так же, здесь существует большая вероятность присоса воздуха из места соединения циклона с выпускным устройством, и из-за этого мелкодисперсная фракция попадает в поток чистого воздуха и уносится в атмосферу.

А так, как в составе мелкодисперсной пыли содержатся ценные мучные продукты, которые можно так же использовать в дальнейшем производстве, возникает необходимость в замене таких пылеотделителей на более эффективные.

Возникает интерес не только повысить эффективность разделения продуктов размолота на фракции, очистки воздуха от пыли, но и влиять на качественные показатели муки, как готового продукта. Это стало возможным, благодаря использованию универсальных устройств, сочетающих в себе несколько функций. С этой целью на кафедре была создана действующая модель спирального классификатора-пылеотделителя, который показал хорошие результаты при разделении полидисперсных смесей. Ранее был поставлен эксперимент с мукой, оказалось, что при пропускании через классификатор муки высшего сорта, состав выделенных фракций на

витках классификатора различного диаметра имеет изменившееся содержание белка и крахмала по сравнению с исходным продуктом.

Таким образом, цель дальнейшего исследования – оптимизировать параметры работы классификатора, изучить влияние различных факторов на процесс разделения продуктов размола зерна на фракции, в том числе конструктивных параметров, и направленности действия различных сил.

В ходе исследования процессов улавливания и классификации продуктов размола зерна, было принято решение произвести конструкторскую модернизацию классификатора-разделителя на базе теории о спиральном пылеотделителе [1]. Из-за особенностей конструкции была создана следующая модификация (рисунок 1).

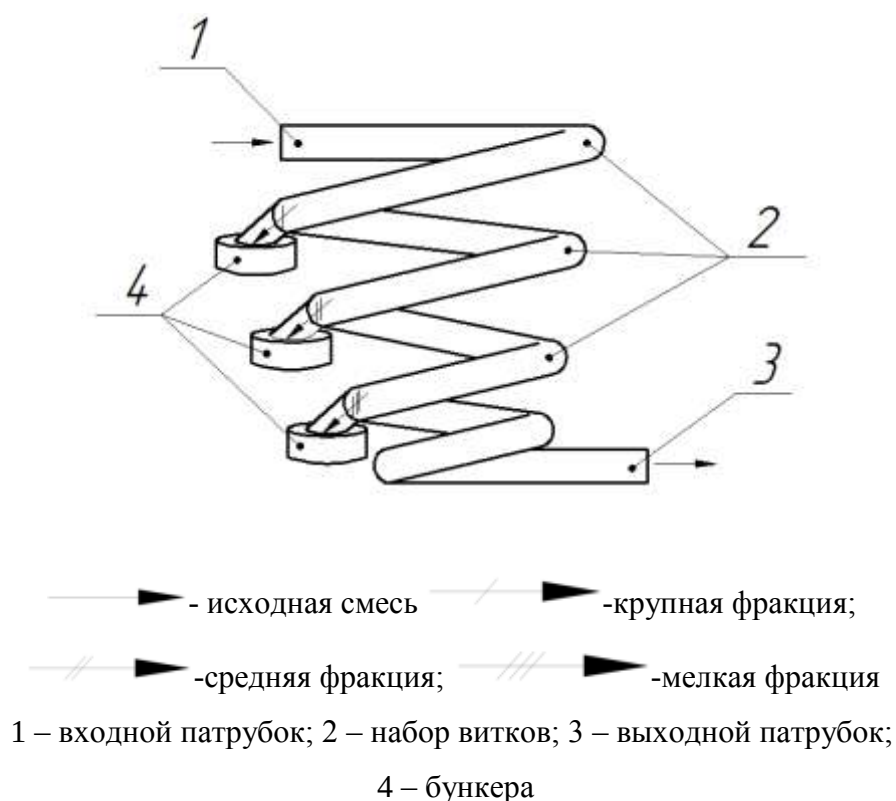
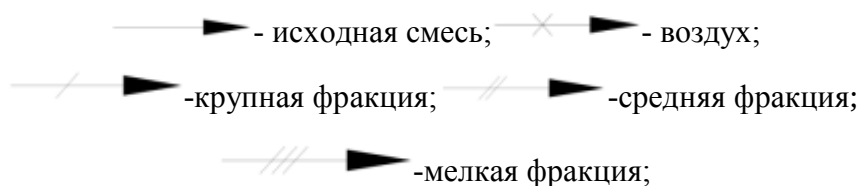
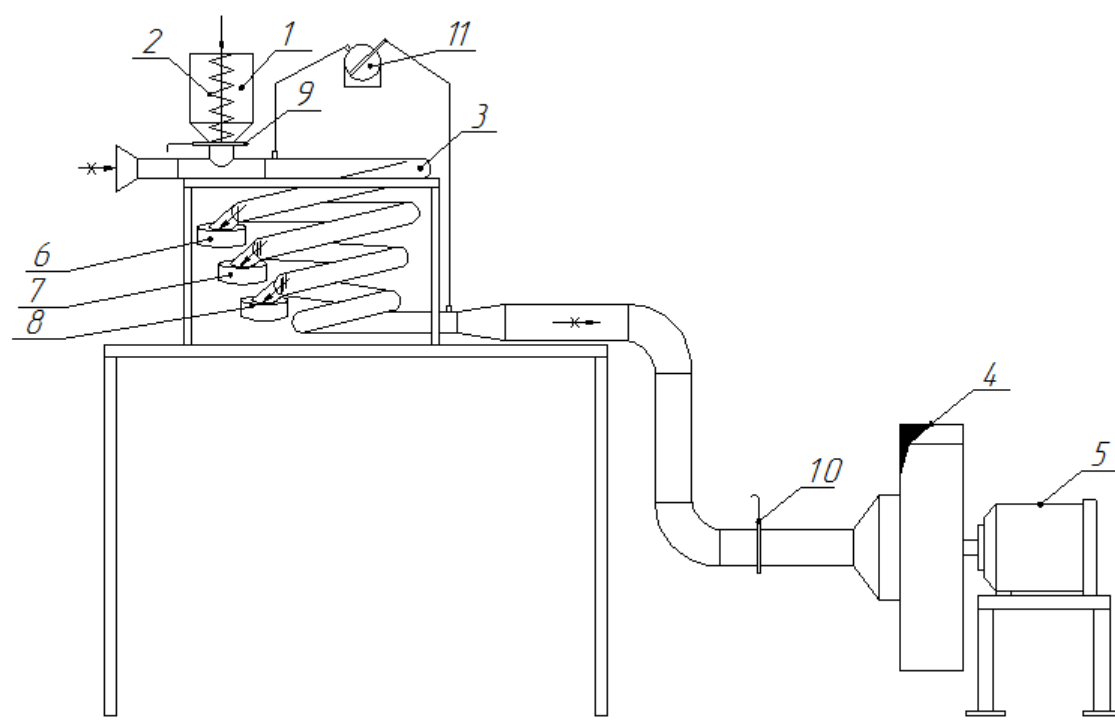


Рисунок 1 – Функциональная схема спирального классификатора – разделителя

Принцип работы такой установки следующий. Аэродисперсный продукт подается в винтовой питатель 1, из него опускается по материалопроводу в спиральный корпус, образованный набором витков уменьшающейся кривизны 2, где за счет действия центробежных сил твердые частицы прижимаются к стенке витка и осаждаются в бункерах 4.

Для испытания экспериментального образца спирального классификатора-разделителя была собрана установка (рисунок 2).



1 – приемный бункер; 2 – винтовой питатель; 3 – трубопровод;
 4 – вентилятор; 5 – электродвигатель; 6, 7, 8 – бункера соответственно для крупной, средней и
 мелкой фракции, 9, 10 – задвижки; 11 – манометр

Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки

Для того чтобы проверить эффективность работы данного классификатора разделению были подвергнуты различные смеси разнородного состава, предварительно был исследован их дисперсный состав и далее, состав фракций, прошедших разделение.

Анализ фракции проводился при помощи ситового классификатора. Ситовой анализ основан на механическом разделении частиц по крупности. Просеивание осуществлялось на различных ситах, имеющих различную форму и размеры отверстий.

Рабочий процесс разделения состоит в том, что вследствие перемещения смеси по сити одна часть зерен проходит через отверстия, а вторая остается на ситовой поверхности. Фракция зерен частиц, прошедших через сито, называется проходом, а фракция, остающаяся на

поверхности сита, называется сходом. В сход попадают те частицы, размеры которых больше размеров отверстий, а в проход – частицы с меньшими размерами.

Рассев производился механически. Для этого были собраны сита в стопку колонкой так, чтобы сверху вниз размер ячеек убывал. После самого мелкого сита устанавливается сплошное дно, на котором собирается самая мелкая фракция. Далее ситовой классификатор включался и по истечении 15 минут работы прибора остаток на каждом сите взвешивается.

Результаты анализа смесей полученных при разделении на спиральном классификаторе приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты эксперимента

Смесь просо(30 г.) + мука (20 г.)								
1 виток		2 виток		3 виток		Унос		Эффективность разделения %
просо	мука	просо	мука	просо	мука	просо	мука	
27	12	2	4,2	1	3,5	-	0,3	90
26	2,4	2	4	2	8,1	-	5,5	86,6
Смесь манка(40 г.) + мука (10 г.)								
1 виток		2 виток		3 виток		унос		Эффективность разделения
манк а	мука	манк а	мука	манк а	мука	манк а	мука	
35	1	2	1,2	-	6	3	1,8	87,5
27	4	2	2,3	-	0,5	11	3,2	67,5

И
сходя
из
первог
о
опыта,

можно сделать вывод, что на первом витке происходит отделение 86-90% крупных частиц, размер которых превышает 750 мкм. На остальных витках процент содержания таких частиц очень маленький. На втором витке происходит отделение частиц, размером 200-240 мкм, их процент составляет 20-21%. На третьем же витке остались частицы размерами менее 200 мкм (20-40 %).

Из второго опыта видно, что разделение схожих по размерам частиц так же возможно. На первом витке осталась большая доля частиц размером 400-750 мкм (68-88 %). На втором витке остались частицы размером 250-750 мкм. И на третьем витке остались частицы размерами менее 250 мкм (60%).

На основе полученных результатов можно сделать вывод, что спиральный классификатор показал неплохие результаты фракционирования. Основное разделение смесей происходило на 1 и 2 витках. Эффективность разделения смеси из манки и просо составила 89%, а эффективность разделения манки и муки 78 %. Таким образом можно сказать, что метод разделения продуктов

размола на фракции воздушным поток осуществим. Для этого необходимы более точные расчёты, исследования и конструкции.

Список используемой литературы:

1. Патент 2461410 Российская Федерация, МКП В01D45/16 , В07В7/08. Способ отделения мелкодисперсных частиц от газовой среды/. В.Л. Злочевский, О.Н. Терехова.- №2461410/05; заявл. 31.05.2011; опубл. 20.09.2012 г.
2. Терехова О.Н. Спиральный классификатор-пылеотделитель мелкодисперсных частиц. Вестник Алтайской науки № 1 (23), 2015, стр. 482-485.
3. Злочевский, В. Л. Физико-механические цилиндрические свойства зерна в процессе его переработки: лабораторный практикум Ч. 1 / В. Л. Злочевский; Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова нарушением. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2005. - 311 с.

ОБЗОР МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТРАНСПОРТИРУЕМОГО МАТЕРИАЛА, ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ШРОТАМ ПОДСОЛНЕЧНИКА И РАПСА

Лапушкин А.А., - студент гр. 8ТМиО-61

Глебов А.А. – к.т.н., заведующий кафедрой МАПП

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

В настоящее время развитие технических средств и методов комплексной механизации и автоматизации операций с сыпучими грузами достигло высокого уровня. Для более рационального проектирования оборудования для транспортирования сыпучего продукта, необходимо учитывать его физико-механические свойства, которые могут влиять на параметры, характеризующие его перемещение. На процесс транспортировки и складской подработки влияют характерные свойства сыпучих материалов (см. рис.1): размер частиц, плотность, объемная масса, коэффициент внутреннего трения, коэффициенты трения о твердые несущие поверхности, угол естественного откоса, влажность, а также параметры, характеризующие подвижность и связность частиц, слеживаемость, абразивность и др.



Рисунок 1 – Факторы и свойства, влияющие на транспортирование сыпучего груза

Как правило, все эти параметры зависят от многих факторов, в связи с чем, опытные данные в разных справочных источниках могут существенно отличаться друг от друга ввиду разных технологий производства. Поэтому существует необходимость экспериментального определения значений этих параметров в рамках специфичности производственного процесса конкретного предприятия. Некоторые из этих параметров рассмотрим ниже.

Гранулометрический состав характеризует количественное распределение частиц (кусков) насыпных и навалочных грузов по крупности [1]. Для экспериментального определения гранулометрического состава наиболее часто используют ситовой, седиментационный, гидроаэродинамический и микроскопический методы анализа [2]. Гранулометрический состав оказывает значительное влияние на такие свойства груза, как сыпучесть, гигроскопичность, способность к слеживанию, смерзанию, уплотнению [1].

Одним из главных свойств, оказывающих влияние на перемещение продукта является сыпучесть продукта. Сыпучесть – способность насыпных и навалочных грузов перемещаться под действием сил тяжести или внешнего динамического воздействия. Сыпучесть продукта влияет на перемещение его транспортными средствами, загрузку в склады и силосы, вагоны, суда, автомобили, а также на выгрузку из них. Хорошая сыпучесть облегчает проведение этих операций, а плохая затрудняет. Сыпучесть характеризуется косвенными показателями, такими как угол естественного откоса α , угол обрушения $\alpha_{об}$, угол внутреннего трения φ , угол внешнего трения $\varphi_{вн}$, коэффициент внутреннего трения f , коэффициент внешнего трения $f_{вн}$.

Углом естественного откоса называют угол α , образуемый линией естественного откоса (отвала) сыпучего материала с горизонтальной плоскостью [3]. В естественных условиях угол определяется прямым замером (например, угломером); в лабораторных условиях для этой цели применяется весьма широкий спектр методик и приборов (рис.2).

Наряду с углом естественного откоса различают угол обрушения $\alpha_{об}$ (рис. 2г), который характеризует положение поверхности откоса, образованной в результате сползания части сыпучего материала. Угол обрушения всегда больше угла естественного откоса. Он служит важным параметром при проектировании транспортных средств и бункеров для хранения сыпучих материалов [3].

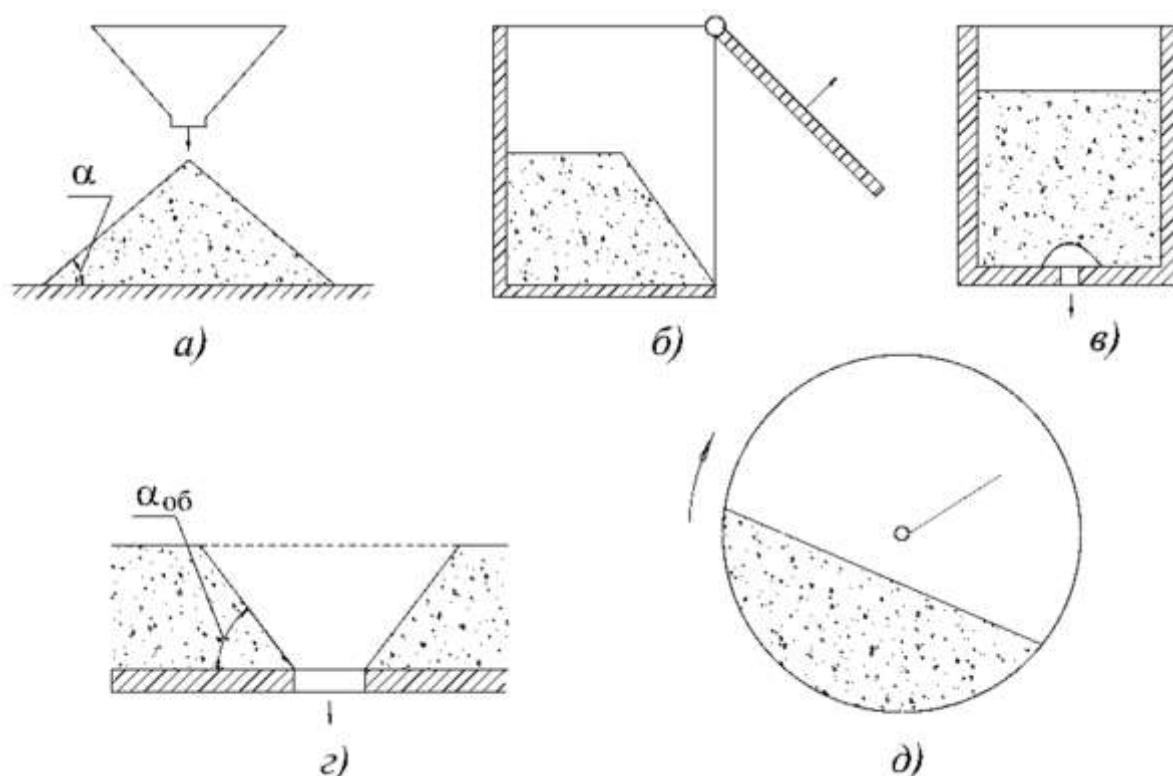


Рисунок 2 – Способы определения сыпучести насыпных материалов

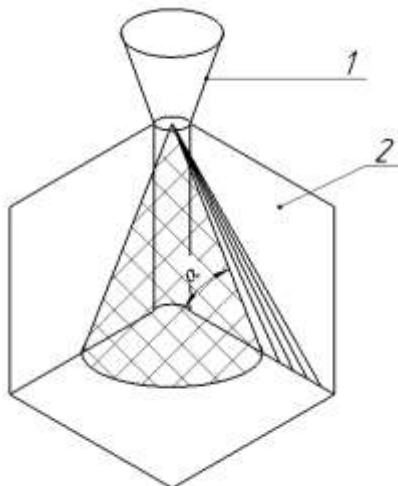
Экспериментально углы естественного откоса и обрушения можно определить следующими методами (рис. 2):

- насыпкой из воронки на горизонтальную плоскость (рис. 1а);

- медленным поднятием с горизонтальной плоскости цилиндра доверху наполненного материалом;
- высыпанием из емкости при открытии шибер (окна) (рис. 1б);
- образованием кратера при истечении материала через щель или отверстие (рис. 1в);
- переворачиванием емкости, частично заполненной материалом (рис. 1г);
- вращением барабана (рис. 1д).

Для компонентов, перерабатываемых в пищевой промышленности, угол естественного откоса равен $20...50^\circ$. Для определения угла естественного откоса комбикорма самым распространённым является прибор, описанный в ГОСТ 28254 – 2014 [4].

Устройство, рисунок 3, состоит из двух смежных вертикальных стенок размером, смонтированных на горизонтальной плоскости.



1 – воронка, 2 – боковая стенка с делениями

Рисунок 3 - Схема устройства для определения угла естественного откоса

Любая деформация сыпучего материала сопровождается сдвигом, т.е. скольжением частиц одна относительно другой. В отличие от жидкостей, сыпучие материалы могут выдерживать определенные усилия сдвига. Начальное сопротивление сдвигу фиксируют в лабораторных условиях по полученной в результате опытов зависимости нормального напряжения и напряжения сдвига. С их помощью могут быть получены угол и коэффициент внутреннего трения (φ , f). Зависимость между углом внутреннего трения и коэффициентом внутреннего трения следующая: $f = \operatorname{tg} \varphi$ [5].

Коэффициент внешнего трения $f_{\text{вн}}$ сыпучего груза о поверхности из различных конструкционных материалов (сталь, дерево, резина, пластмасса, бетон и т. п.) также необходимо знать при проектировании и эксплуатации транспортирующих устройств и различного вспомогательного оборудования (бункеров, воронок, плужковых сбрасывателей и т. п.). Угол наклонной поверхности, при достижении которого груз начинает скользить по ней, называется углом внешнего трения и связан с коэффициентом $f_{\text{вн}}$ зависимостью $f_{\text{вн}} = \operatorname{tg} \varphi$ [3].

Коэффициент внешнего трения определяют при помощи приспособления, состоящего из горизонтальной доски с шарнирно прикрепленной планкой, наклон которой относительно доски изменяется винтом (рис.4). На планку устанавливается пластина из испытываемого конструкционного материала с рамкой, куда засыпается исследуемый сыпучий груз. Угол, при котором начнется движение рамки с грузом по пластине, и есть угол внешнего трения груза (сыпучего материала) о поверхность пластины.

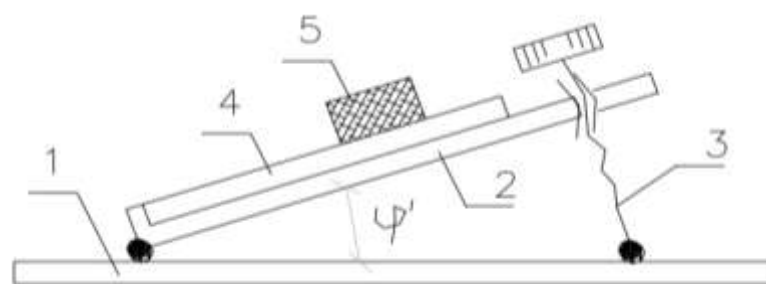
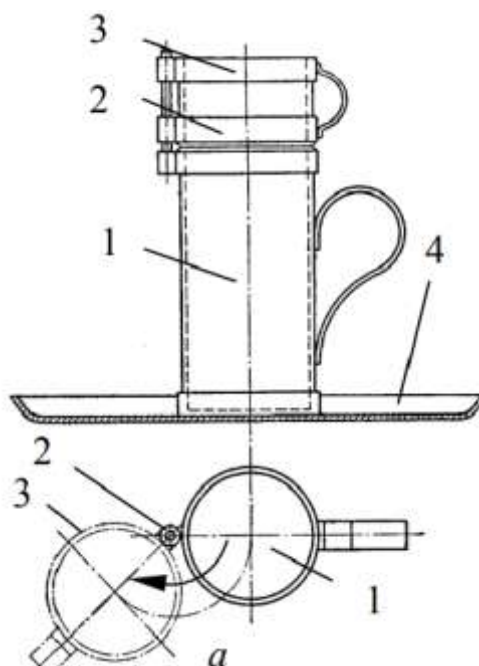


Рисунок 4 – Определение угла внешнего трения

Знание методик нахождения угла естественного откоса и угла внешнего трения о различные материалы позволяет нам определить зависимость данных параметров от разных факторов, таких как влажность, температура, а также условий работы оборудования.

Гигроскопичность — свойство груза поглощать водяные пары из воздуха или выделять их. Сухой гигроскопичный груз поглощает влагу до тех пределов, при которых его влажность сопоставляется с влажностью окружающей среды [5]. Наибольшей гигроскопичностью отличается минеральное сырье, часть биологически активных веществ, карбамид, зародыш пшеничный и кукурузный и т. д. Меньшая гигроскопичность характерна для компонентов с высоким содержанием клетчатки. Процессы сорбции и десорбции протекают в комбикорме и в связи с различной исходной влажностью входящих в них компонентов.

Плотностью ρ сыпучего материала называют массу единицы объема вещества, из которого состоят частицы. Согласно ГОСТ 5181-78 плотность определяют пикнометрическим методом [2]. Насыпная плотность – это отношение массы насыпного груза к занимаемому им объему с учетом пор и промежутков между отдельными частицами. Насыпная плотность определенного груза неоднородна и зависит от гранулометрического состава и других факторов [5]. Насыпная плотность, как правило, увеличивается по мере измельчения частиц сыпучего материала, поэтому всегда необходимо указывать, при каких значениях среднего размера частиц она получена. По величине насыпной плотности различают сыпучие материалы: легкие (до 600 кг/м³), средние (600...1100 кг/м³), тяжелые (1100...2000 кг/м³), весьма тяжелые (более 2000 кг/м³). [3]



1 – сосуд, 2- штырь, 3 – рамка, 4 - поднос

Рисунок 5 - Схема пурки для определения насыпной плотности сыпучих грузов

Насыпную плотность мелкофракционных грузов измеряют пуркой вместимостью 1 л. Она оснащена отсекателем для сбрасывания излишков при наполнении (рис.5). Уплотненный насыпной груз характеризуется плотностью, которая для одного и того же груза может варьироваться в широких пределах. При определении насыпной плотности груз насыпается в сосуд 1 через рамку 3 до ее верха; по окончании заполнения сосуда рамка поворачивается вокруг штыря 2 в положение «а», причем излишек насыпного груза срезается и падает в поднос 4; затем рамка снимается со штыря и сосуд с насыпным грузом взвешивается.

Насыпная плотность определяется по формуле

$$\gamma = \frac{G_0 - G_1}{V_1} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3},$$

где G_0 – масса сосуда с насыпным грузом в кг; G_1 – собственная масса сосуда в кг; V_1 – объем сосуда в м^3 .

Влажность определяет процентное содержание влаги в массе груза. Различают влажность абсолютную и относительную. Абсолютная влажность – это отношение массы жидкости к массе сухого груза, а относительная влажность – отношение массы жидкости к массе влажного груза. В теоретических расчетах, как правило, используют абсолютную влажность; на практике чаще применяют относительную влажность, которая дает более наглядное представление о содержании влаги в массе продукта. Влажность комбикорма определяют путем высушивания навески корма в термостате при температуре 100 - 105°C до постоянного веса (не менее 6 часов) или ускоренным методом — путем высушивания навески при температуре 130° в течение 1 часа. При этом потеря веса, выраженная в процентах, и составляет влажность комбикорма. Содержание влаги в комбикорме должно быть не более 14 - 15 %. При повышенной влажности качество комбикорма сомнительно и требует проверки.

Скважистость комбикорма зависит от его состава (рецепта), физических свойств компонентов, влажности, наличия крошки в гранулированных комбикормах, размеров гранул, способа, загрузки комбикорма в хранилище, высоты насыпи, длительности хранения. Скважистость (S) в процентах определяют по формуле:

$$S = \frac{W - V}{W} \cdot 100\%.$$

где W - общий объем массы комбикорма, V - истинный объем твердых частиц продукции [6].

Увеличение влажности повышает скважистость как рассыпных, так и гранулированных комбикормов.

Абразивность — способность грузов истирать соприкасающиеся с ними поверхности подвижного состава, погрузочно-разгрузочных машин и сооружений. Абразивность зависит от твердости частиц груза, которая оценивается по шкале Мооса. Так, по этой шкале тальку соответствует твердость 1, алмазу—10. В зависимости от твердости частиц грузы бывают малоабразивные с твердостью до 2,5; среднеабразивные — 2,5—5; высокоабразивные — выше 5.

Слеживаемость — способность отдельных частиц груза сцепляться, прилипать к стенкам подвижного оборудования, бункеров, силосов и друг к другу и образовывать достаточно прочную монолитную массу. Слеживаемость характерна для многих насыпных и навалочных грузов.

Основными причинами слеживаемости являются: спрессовывание частиц груза под давлением верхних слоев; кристаллизация солей из растворов и переход соединений вещества из одного состояния в другое; химические реакции в массе продукта. На степень слеживаемости оказывают влияние свойства и характеристики самого груза, режим хранения и местные климатические условия [1]

В данной работе были решены следующие задачи: исследована физическая сущность процессов происходящих при транспортировке сыпучих материалов (шрот подсолнечника и рапса, получаемого на Барнаульском маслоэкстракционном заводе (БЭЗ) ООО «Юг Сибири»), изучены методики и аппаратное оформление экспериментальной базы по определению свойств,

накоплено достаточно экспериментального и теоретического материалов для перевода сыпучего продукта в категорию объекта с заданными параметрами. Полученные данные были использованы при проектировании транспортной линии шротов на БЭЗ.

Список используемой литературы

1. Грузоведение, сохранность и крепление грузов / А. А. Смехов, А. Д. Малов, А. М. Островский и др.; Под ред. А. А. Смехова — М.: Транспорт, 1987.—239 с.
2. Падохин В.А., Кокина Н.Р. Физико-механические свойства сырья и пищевых продуктов: Учеб. пособие / Иван. гос. хим.-технол. ун-т., Институт химии растворов РАН. – Иваново, 2007. – 128 с.
3. Шубин И.Н., Свиридов М.М., Таров В.П. Технологические машины и оборудование. Сыпучие материалы и их свойства: Учеб. пособие. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. 76 с.
4. ГОСТ 28254-2014 Комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения объемной массы и угла естественного откоса. Москва: Стандартинформ, 2015
5. Емкости для сыпучих грузов в транспортно-грузовых системах/ И.В. Горюшинский, И.И. Кононов, В.В. Денисов, Е.В. Горюшинская, Н.В. Петрушкин. Под общей редакцией И.В. Горюшинского: Учебное пособие. - Самара: СамГАПС, 2003. – 232с.
6. Физико-механические свойства комбикормов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://worldgonesour.ru/kombikorma/2197-fiziko-mehanicheskie-svoystva-kombikormov.html>. – Загл. с. экрана.

**ОРГАНИЗАЦИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ТОЧКИ ОТГРУЗКИ ШРОТА
НА Ж/Д ТРАНСПОРТ СО СКЛАДОВ НАПОЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ
ООО «ЮГ СИБИРИ»**

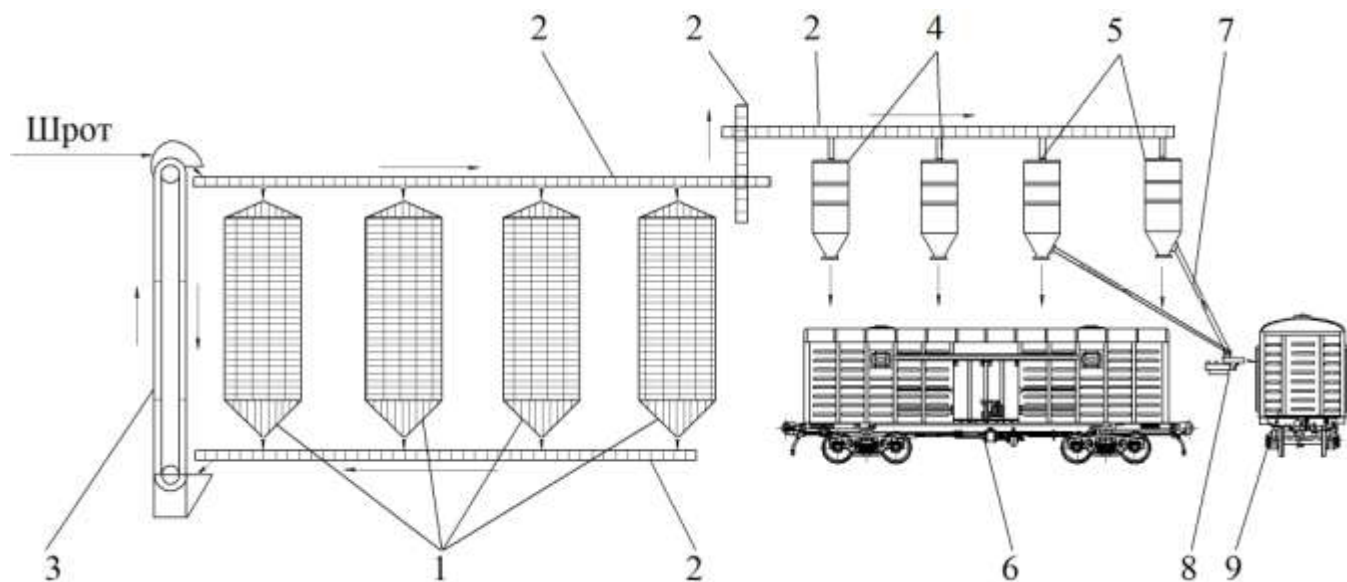
Лапушкин А.А. - студент гр. 8ТМиО-61

Глебов А.А. – к.т.н., заведующий кафедрой МАПП

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

Одной из важнейших задач, которую необходимо решать при организации работ на перерабатывающем производстве является транспортировка сырья и готовой продукции по территории предприятия, в том числе отгрузка готовой продукции на железнодорожный или автомобильный транспорт. При доставке сырья и продукции на предприятиях предусматривают максимальное устранение ручного труда, предупреждение травм, загрязнения воздуха и территории предприятия, а также тела и спецодежды работающих. Транспортная линия должна быть выбрана с учетом экономической целесообразности, при оптимальной значении производительности. Для достижения этого показателя при проектировании линии транспортировки необходимо проанализировать различные варианты транспортировки с учетом особенностей применяемой на предприятии технологии и оборудования.

На Барнаульском маслоэкстракционном заводе (БЭЗ) ООО «Юг Сибири» производят и реализуют рапсовый и подсолнечный шрот. Шрот, после гранулирования, отправляется в складские помещения завода. Склад шрота включает 10 силосных емкостей вместимостью 3000 т, и напольные склады на территории МРСК вместимостью 4 500 т [1]. Емкости (силосы) оборудованы системой наблюдения за температурой шрота при хранении с целью проведения своевременного вентилирования и сохранения качества продукции. Подъездные пути выполнены таким образом, чтобы обеспечить возможность единовременной загрузки автомобильного и железнодорожного транспорта (рис.1). Погрузка шрота производится на железнодорожные вагоны двух типов: с верхней, типа «Хоппер» и с боковой загрузкой.



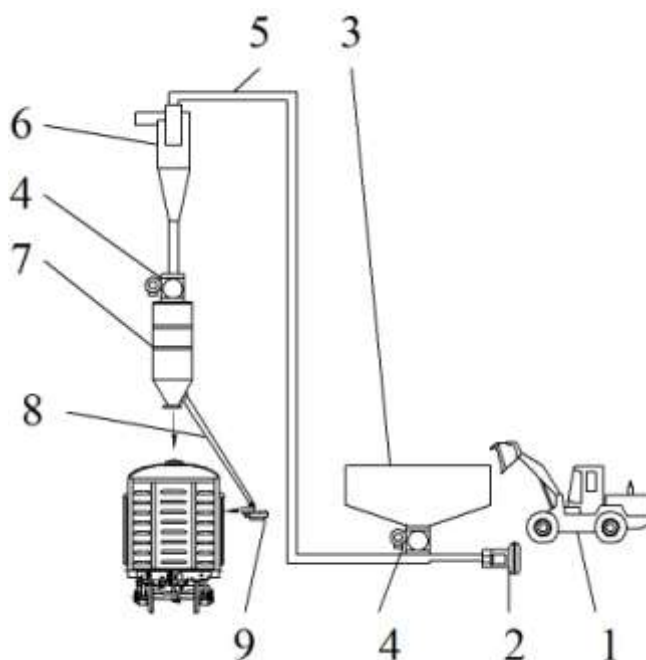
- 1 – силосы; 2 – цепные конвейеры; 3 – нория; 4 – бункеры для верхней загрузки; 5 – бункеры для верхней и боковой загрузки; 6 – вагон типа «Хоппер»; 7 – гибкий самотек;
8 – метательное устройство для боковой загрузки; 9 – вагон с боковой загрузкой

Рисунок 1 – Схема транспортировки шрота с силосов на ж/д вагоны

При заполнении силосного комплекса, излишний шрот, посредством автомобильного транспорта, направляется в склады напольного хранения. Склад напольного хранения представляет собой два смежных помещения размером восемнадцать на шестьдесят пять метров. Рядом со складом на расстоянии четырех метров располагается железнодорожная ветка.

В настоящий момент транспортировка со склада напольного хранения на железнодорожные вагоны производится силами рабочего персонала с использованием средств малой механизации. Происходит дозирование материала в мешки и ручная погрузка мешков в железнодорожные вагоны. Для сокращения ручного труда персонала и уменьшения времени загрузки продукта существует потребность в создании дополнительной точки отгрузки шрота на железнодорожные вагоны со складов напольного хранения средствами непрерывного транспорта. Для этого были рассмотрено несколько вариантов.

В качестве возможного варианта транспортирования шрота, была спроектирована линия отгрузки с использованием пневмотранспорта, данная схема приведена на рисунке 2.

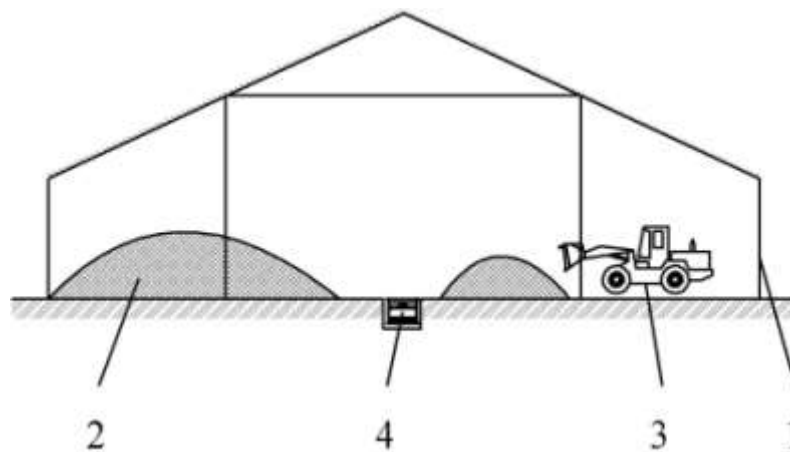


- 1 – фронтальный погрузчик; 2 – компрессор; 3 – приемный бункер; 4 – шлюзовой затвор;
5 – материалапровод; 6 – циклон-разгрузитель; 7 – промежуточные бункеры; 8 – самотек,
9 – метательное устройство для боковой загрузки

Рисунок 2 – Схема транспортировки пневмотранспортом

Преимуществом транспортировки пневмотранспортом является гибкость при организации трассы транспортирования, а также, в целом, меньшие капитальные затраты. К минусам же относится большой удельный расход энергии обусловленные свойствами материала, а также низкая надежность процесса транспортирования.

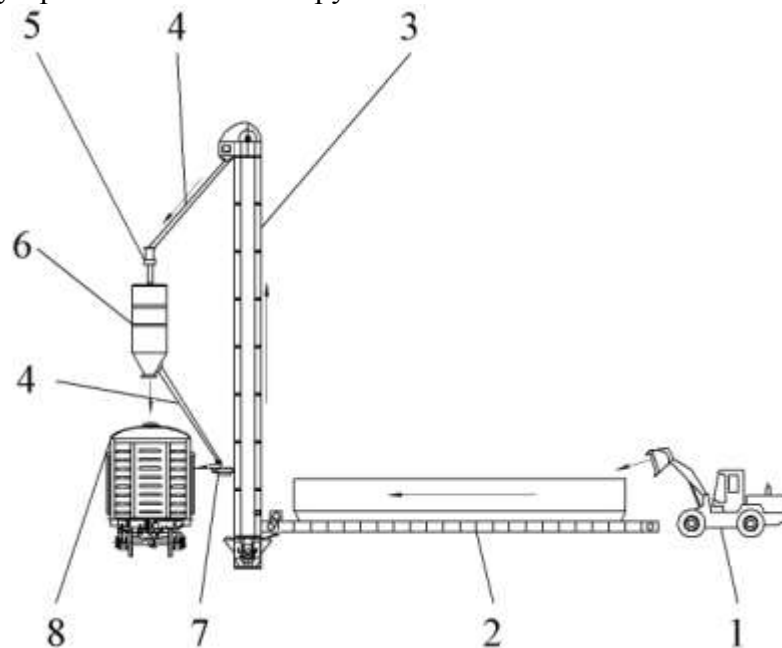
При замене пневмотранспорта на другие средства непрерывного транспорта, такие как нории и конвейеры, возможен вариант, применяемый в действующих механизированных складах напольного хранения с конвейером находящемся в полу склада, при этом сдвигание материала на конвейер осуществляется погрузчиком, рисунок 3.



1 – склад; 2 – шрота; 3 – фронтальный погрузчик; 4 – цепной конвейер
Рисунок 3 – Склад напольного хранения с конвейером для отгрузки шрота

Однако производить демонтаж бетонного покрытия склада экономически не целесообразно, поэтому предложен альтернативный способ транспортировки шрота (рис. 4). В качестве оптимальной системы погрузки шрота было выбрана система, состоящая из:

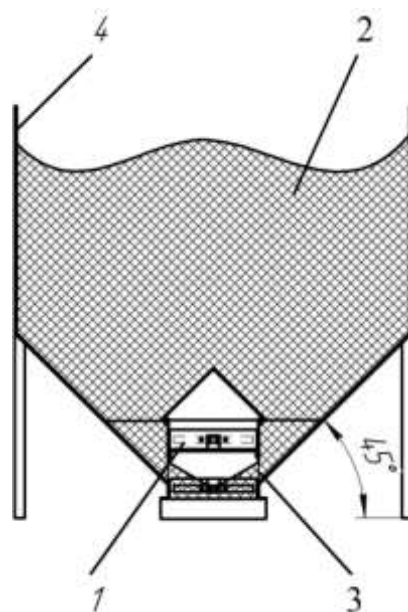
- погрузчика фронтального одноковшового АМКОДОР 342В;
- бункера совмещенного с цепным транспортером типа У9-УКЦ-450;
- нории типа НЦ-100;
- самотеков с системой автоматического распределения;
- промежуточных бункеров;
- метательного устройства боковой загрузки.



1 – фронтальный погрузчик; 2 – бункер с цепным конвейером; 3 – нория; 4 – самотеки, 5 – распределительное устройство, 6 – промежуточные бункеры; 7 – метательное устройство для боковой загрузки; 8 – вагон

Рисунок 4 – Схема транспортировки шрота со склада напольного хранения

Для данной технологической линии был спроектирован конвейер, совмещенный с бункером (рис. 5). При этом при проектировании учитывались параметры перемещаемых шротов, которые были получены нами в результате экспериментальных исследований.



1 – конвейер У9-УКЦ-450, 2 – шрот, 3 – впускные отверстия, 4 - бункер

Рисунок 5 – Бункер-конвейер

Данный конвейер обеспечивает постоянную подачу материала, а также объема данного бункера хватает для загрузки половины грузового вагона. Загрузка в бункер осуществляется посредством фронтального погрузчика. Также в рамках магистерской диссертации были произведены проектировочные расчеты данного конвейера.

В результате работы была разработана оптимальная схема транспортировки шрота на железнодорожные вагоны.

Преимуществами разработанной схемы транспортировки являются:

- частичное использование уже имеющегося на предприятии оборудования;
- высокая производительность;
- возможность предварительной загрузки материала в принимающий бункер;
- возможность автоматизации транспортируемой линии;
- высокие показатели долговечности используемого оборудования;
- исключение ручного труда рабочих;
- высокая ремонтпригодность.

Список используемой литературы

1. «Барнаульский маслоэкстракционный завод» – территориальное производственное подразделение ООО «Юг Сибири» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://ugsibiri.com/about/struktura/ooo-agrosib-razdole/>.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА НАГРЕВА СУСЛА В ПИВОВАРЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРИ ПОМОЩИ ЭФФЕКТА ГАЗЛИФТА

Мартыненко Р.В., - студент гр. 8ТМиО-61

Глебов А.А. – к.т.н., заведующий кафедрой МАПП

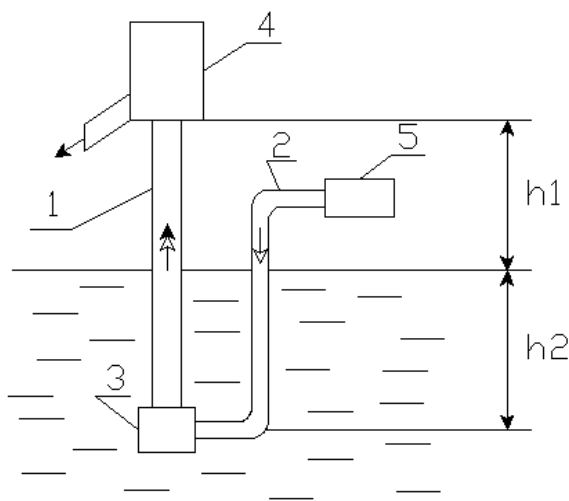
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

Как известно в пивоваренном производстве этап приготовления сусла является одним из наиболее ключевых как с точки зрения получения продукта высокого качества, так и удельной доли энергозатрат, учитывая процесс пивоварения в целом. На сегодняшний день в пивоварении одним из наиболее распространенных способов нагрева (кипячения) сусла является кипячение с внутренним кипятильником.

В результате проведенных в производственных условиях исследований параметров работы внутреннего нагревателя, выявились закономерности, характерные для указанного способа нагрева. Здесь же необходимо отметить, что наряду с химико-аналитическими опытами, исследования включали в себя замеры температур в различных областях суслотарочного котла в течение нагрева и кипячения сусла. Наибольший интерес представляют замеры температур на входе и выходе нагревательных труб, а также в различных точках котла. Как показали измерения, в первые минуты подачи пара возникают неравномерности в работе теплообменника: температура сусла на входе в нагревательную трубу растет значительно интенсивнее температуры на выходе. Кроме того, так как сусло втягивается в трубы кипятильника из самых нижних слоев, и, после нагрева в кипятильнике, оно распределяется на поверхности, возникает эффект расслоения сусла с температурным перепадом до 30 градусов и более, который выравнивается лишь через 15-20 минут. Вследствие этого имеет место неравномерная обработка сусла, включая неравномерную изомеризацию горьких веществ (большая часть хмелепродуктов подается в сусло с началом нагревания), и неравномерное испарение ДМС. Причиной указанного явления нам представляется в виде отсутствия достаточной скорости циркуляции сусла внутри нагревательных труб, так как естественный циркуляционный процесс еще не полностью запущен. Кроме указанных исследований, проводилось сравнение содержания в сусле коагулируемого азота в зависимости от количества варок, сваренных без мойки, с целью его снижения, что, в свою очередь, приводит к получению пива с бóльшим сроком годности. Причина интенсивного загрязнения внутренних поверхностей нагревательных труб также лежит в отсутствии, либо критически сниженной, циркуляции: из-за высокой разности температур между греющим паром и суслом в условиях малой скорости движения, приграничный со стенкой нагревательной трубы слой перегревается - сначала происходит карамелизация сусла, а затем пригорание. Интенсивность пригорания (накипеобразования) тем выше, чем меньше скорость сусла. Кроме негативного воздействия на качество продукта, образование накипи значительно сокращает производительность суслотарочного котла - увеличивается время на очистку нагревательных поверхностей.

Способ интенсификации теплообмена и подавления образования накипи в суслотарочном котле с внутренним нагревателем предлагается в виде применения особого рода насоса - газлифта, позволяющего избежать воздействия усилий сдвига на коллоидные вещества сусла. Применение газлифтов в пивоварении известно, однако одной из основных проблем нам представляется сложность эффективного встраивания указанного способа в уже имеющиеся системы нагрева с внутренним кипячением. Газлифты представляют собой своего рода насосы для подъема жидкости или твердых частиц. В этом качестве они широко применяются для организации циркуляции жидкости в химических реакторах, для отлива воды, подъема ископаемых и многое другое. Преимущество газлифтов перед механическими насосами состоит в отсутствии движущихся частей, надежности, возможности транспортирования загрязненных жидкостей. Примером простейшего представителя этого типа насосов может служить эрлифт, служащий в качестве подъемника жидкости на некоторую высоту (рис. 1). Он состоит из вертикальной подъемной трубы 1, погруженной под уровень перекачиваемой жидкости, линии подачи газа 2 с нагнетательным устройством 5 и барботером 3, с помощью которого газ в виде пузырьков

поступает в трубу 1. Плотность образующейся при этом газожидкостной смеси значительно меньше плотности жидкости, в результате чего смесь поднимается по трубе 1 над уровнем жидкости на высоту. На выходе из трубы при ударе об отбойник 4 газожидкостная смесь разделяется - воздух выделяется, а жидкость поступает в сборник или обратно к общему объему.



1 – труба, 2 – линия подачи газа, 3 – барботер, 4 – отбойник,
5 – нагнетательное устройство

Рисунок 1 – Принципиальная схема эрлифта

Режим движения газожидкостной смеси при $V < 0,1$ м/с можно назвать пузырьковым. При увеличении скорости газа, а, соответственно, и скорости циркулирующей жидкости, газожидкостная смесь приобретает структуру динамической пены, состоящей из деформированных пузырей различных размеров, заполняющих весь объем трубы (рис 2). Этот режим можно считать пенным. С дальнейшим увеличением скорости газа пенный режим переходит в стержневой, когда основная масса газа движется в центре трубы окруженная кольцевым восходящим потоком жидкости. Стержневой режим наступает при скоростях газа более 10 м/с.

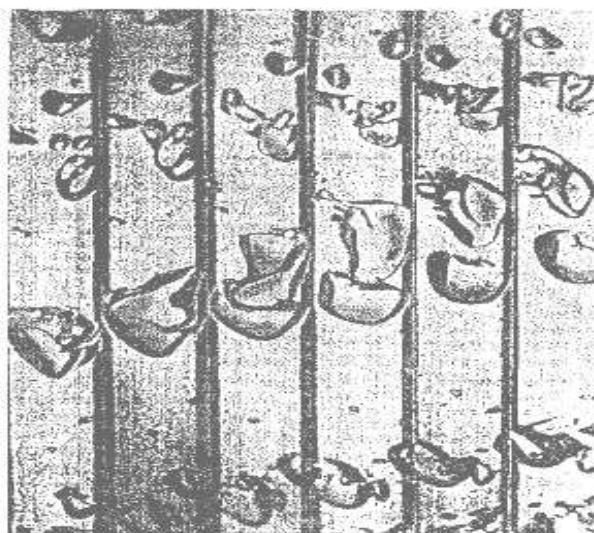


Рисунок 2 – Фото структуры потока в трубе газлифта

Теоретически создать принудительную циркуляцию суслу в нагревательных трубах внутреннего теплообменника с помощью газлифта возможно различными путями, используя одну из схем работы эрлифтных насосов. Однако реализация большинства из них на практике была бы нерациональной. Например, подвод газа в объем каждой трубы по отдельному газопроводу сверху

или через боковые отверстия в стенках отличается сложностью конструкции. При подаче газа по единой газоподводящей трубе под нижнюю трубную решетку, распределение газа по нагревательным трубам будет неравномерным - большая его часть поступит в ближайшие к газораспределительному устройству трубы. В свою очередь, несомненной положительной стороной варианта с подачей газа в напорный конус является наличие одной или нескольких моющих головок внутри него. Основное назначение моющей головки - пульверизация специального моющего раствора на внутренние поверхности нагревательных труб и напорного конуса во время SIP - процесса. В период, когда мойка котла не осуществляется (в том числе во время варки сусла), подводящую моющий раствор трубу и головку можно использовать в качестве газоподводящего и распределительного устройств соответственно. Такая моющая система, предусмотренная во всех котлах с внутренним нагревателем, позволяет использовать предлагаемый нами метод интенсификации теплообмена без каких-либо реконструкций и с минимальными затратами. К тому же, проблем с очисткой моющей головки не должно быть по определению.

Таким образом, не исключая возможности использования газлифта с созданием в нагревательных трубах двухфазного потока, мы все же считаем, что выбор альтернативного способа более обоснован с практической точки зрения, по крайней мере, для функционирующего на производстве котла. В работе показана целесообразность использования эффекта газлифта для интенсификации работы сушварочного котла с внутренним теплообменником. В результате исследований предложена схема газлифта, основанная на введении углекислого газа в напорный конус нагревателя через моющую головку, что позволяет использовать данный метод с минимальными затратами. Показано, что конструкции действующих в настоящее время сушварочных котлов с внутренним нагревом являются удовлетворительными для успешного использования эффекта газлифта по предложенной схеме.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ЭРЛИФТА НА ПРОЦЕСС ЦИРКУЛЯЦИИ ЖИДКОСТИ

Мартыненко Р.В., - студент гр. 8ТМиО-61

Глебов А.А. – к.т.н., заведующий кафедрой МАПП

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

Как известно из теории, создать принудительную циркуляцию сусла в нагревательных трубах внутреннего теплообменника с помощью газлифта возможно различными путями, используя одну из схем работы эрлифтных насосов. Однако реализация большинства из них на практике была бы нерациональной. Например, подвод газа в объем каждой трубы по отдельному газопроводу сверху или через боковые отверстия в стенках отличается сложностью конструкции. При подаче газа по единой газоподводящей трубе под нижнюю трубную решетку, распределение газа по нагревательным трубам будет неравномерным - большая его часть поступит в ближайшие к газораспределительному устройству трубы. В свою очередь, несомненной положительной стороной варианта с подачей газа в напорный конус является наличие одной или нескольких моющих головок внутри него. Основное назначение моющей головки - пульверизация специального моющего раствора на внутренние поверхности нагревательных труб и напорного конуса во время СР - процесса. В период, когда мойка котла не осуществляется (в том числе во время варки сусла), подводящую моющий раствор трубу и головку можно использовать в качестве газоподводящего и распределительного устройств соответственно. Такая моющая система, предусмотренная во всех котлах с внутренним нагревателем, позволяет использовать предлагаемый нами метод интенсификации теплообмена без каких-либо реконструкций и с минимальными затратами. К тому же, проблем с очисткой моющей головки не должно быть по определению.

Среди параметров процесса особую роль играет скорость циркуляции жидкости, оказывающая существенное влияние на интенсивность теплообмена. Если для создания известной скорости потока с помощью центробежного насоса необходимо ориентироваться на его мощностные характеристики, то степень интенсификации движения жидкости в условиях использования газлифта определяется главным образом величиной расхода газа. Целью составления уравнения, описывающего теоретически процесс варки, является получение возможности определения расхода газа, необходимого для создания заданной скорости циркуляции жидкости в нагревательных трубах внутреннего нагревателя. На рис. 1 приведена принципиальная схема циркуляции жидкости в условиях газлифта. Обозначения размеров: h_1 - вылет напорного конуса теплообменника над поверхностью жидкости, h_2 - глубина ввода газа в напорный конус, h_4 - длина напорного конуса ниже точки ввода газа, $h_3 = h_4 + h_{тр}$, где $h_{тр}$ - длина нагревательной трубы, H - уровень жидкости в котле относительно плоскости нижней трубной решетки нагревателя. Кроме указанных на рисунке размеров, в расчетах также используются следующие размеры: $d_{к2}$ - внутренний диаметр выходного отверстия напорного конуса, $d_{кмг}$ - внутренний диаметр напорного конуса на уровне моющей головки, $d_{к2}$ - внутренний диаметр конуса в нижнем сечении, d_t - внутренний диаметр нагревательной трубы теплообменника, γ - угол наклона образующей к горизонтальной плоскости, z - количество нагревательных труб.

При составлении уравнения были сделаны следующие допущения:

- емкость, из которой газлифтом поднимается жидкость, считается достаточно большой, чтобы движением жидкости в ней можно было пренебречь, а уровень свободной поверхности считать постоянным;

- небольшая высота газлифта позволяет не учитывать в расчетах рост диаметра пузырей за время их всплытия, а также изменение газосодержания по высоте зоны двухфазного потока, не учитывается влияние условий входа газа в жидкость.

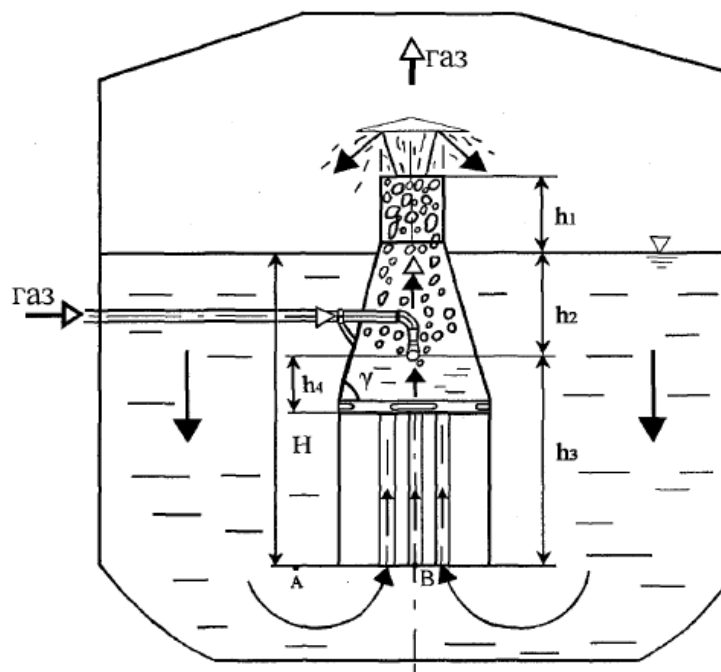


Рисунок 1 - Схема циркуляции жидкости в сушеварочном котле с внутренним нагревателем в условиях газлифта

После проведенных расчетов мы получили:

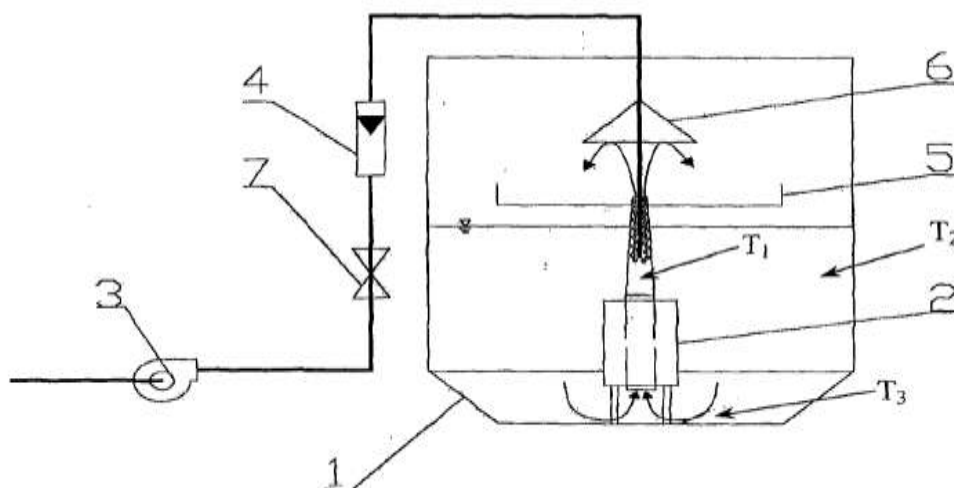
$$\rho_{ж} \cdot g \cdot h_2 = \frac{\rho_{ж} \cdot Q_{ж}^2}{2 \cdot \varphi} \left[\frac{2 \cdot (1 - \varphi) \cdot g \cdot h_1}{Q_{ж}^2} \right] + A + B$$

где $Q_{ж}$ - объемный расход жидкости; h - высота участка аппарата, м; $\rho_{ж}$ - плотность вещества; φ - газосодержание. Индексы: ж - жидкость; расчетное

Полученное уравнение поможет рассчитать значение необходимого расхода газа для создания известной скорости циркуляции сула в нагревательных трубах теплообменника.

В целях подтверждения адекватности полученной зависимости расходов газа и жидкости, для условий, соответствующих конструкции газлифта, определенной, как оптимальная при использовании в сушеварочном котле, необходимо создать экспериментальный стенд для проведения исследований.

Лабораторная установка (рис. 2), на которой должны проводиться опыты, включает в себя модель сушеварочного котла 1, компрессор 3 для подачи воздуха, ротаметр 4 для контроля расхода воздуха, регулируемого вентилем 7. Модель сушеварочного котла 1 представляет собой сосуд объемом $0,05 \text{ м}^3$, внутри которого расположен нагреватель 2, представляющий собой кожухотрубный вертикальный теплообменник с одной нагревательной трубой, изготовленный из нержавеющей стали. Над нагревателем установлен напорный конус с отражательным экраном 6 и съемной тарелкой 5. В качестве жидкости при проведении экспериментов должна использоваться вода. Заполнение котла водой осуществлялось через верх из водопровода, а регулирование уровня жидкости и опустошение котла - через вентиль в днище. Корпус котла изготовлен из термостойкого органического стекла толщиной 10 мм. Благодаря этому, в процессе проведения опытов будет возможность наблюдать циркуляцию жидкости внутри сосуда, для улучшения условий которой в воду добавлялось некоторое количество кизельгура.



1 – котел, 2 – нагреватель, 3 – компрессор, 4 – ротаметр, 5 – тарелка, 6 – экран, 7 – клапан
Рисунок 2 - Схема лабораторной установки

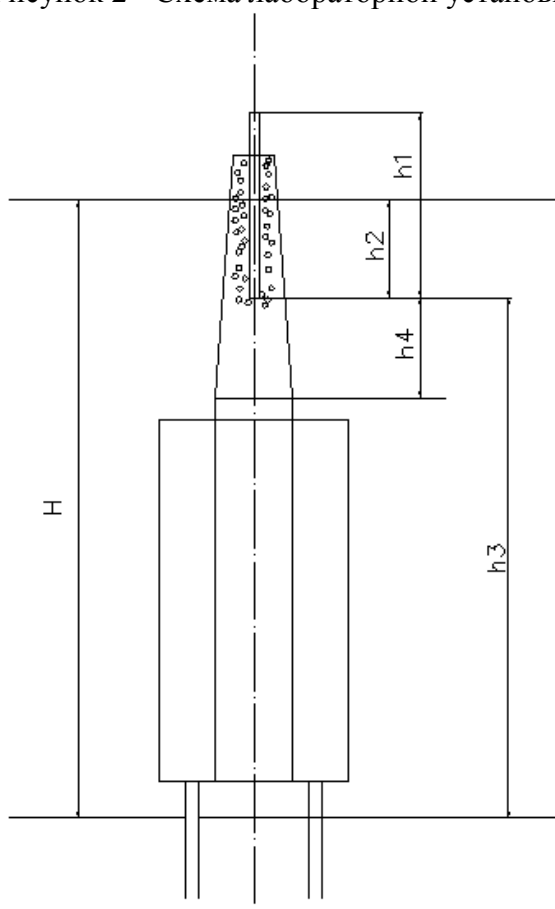


Рисунок 3 Схематичное изображение внутреннего нагревателя с указаниями основных размеров представлено.

Нагревательная труба с внутренним диаметром 25 мм и длиной 170 мм, заключенная в греющую рубашку, совместно с напорный конусом, в который она плавно переходит, играют роль подъемной трубы газлифта. Внутренние диаметры нижнего и верхнего сечения напорного конуса- 25 мм и 18 мм соответственно. Характерные размеры конуса, составляющие в сумме его длину (140 мм), являются переменными величинами, которые можно изменять в ходе экспериментов. К этим параметрам относятся: вылет напорного конуса (высота устья) над поверхностью жидкости h_1 ; глубина ввода газа (погружение газлифта) h_2 и длина участка напорного конуса от места его стыка с нагревательной трубой до точки ввода газа (газораспределителя) h_4 . Кроме названных, на

рисунке указаны дополнительные размеры: глубина погружения нижнего сечения трубы Н и его положение относительно точки ввода газа h_3 .

Измеряемые величины для построения расходных характеристик газлифта, которые необходимо экспериментально определить: Q_r - расход сжатого воздуха, $\text{м}^3/\text{с}$; $Q_{\text{ж}}$ - расход жидкости (производительность газлифта), $\text{м}^3/\text{с}$; h_1 - вылет напорного конуса, м; h_2 - глубина ввода газа, м; α - относительное погружение

Воздух подается компрессором по соединительному шлангу, заканчивающемся медной трубкой с внутренним диаметром 2 мм, в напорный конус нагревателя, верхний выходной патрубок которого находится над общим уровнем жидкости (вода), наполняющей сосуд. Выходное сечение газоподводящей трубки запаено, и подача воздуха происходит через боковые отверстия, находящиеся в нижней части трубки. Расход воздуха меняется с помощью вентиля и контролируется по ротаметру.

Расход жидкости считается объемным методом: перелившаяся за определенное время, фиксируемое при помощи секундомера, жидкость собирается, и ее объем определяется измерительным сосудом с точностью до 0,1 мл. Для сбора жидкости, в верхней части напорного конуса установлена съемная тарелка 5, ограниченная высокими бортами. Благодаря отражательному экрану 6, фонтанирующая из напорного конуса вода, не разбрызгиваясь по сторонам, в полном объеме попадает в тарелку.

Величины h_1 и h_2 определяются по насечкам, нанесенным на внешние поверхности напорного конуса и газоподводящей трубки. Относительное погружение точки ввода газа определяется по известной зависимости.

$$\alpha = \frac{h_2}{h_1 + h_2}$$

В ходе экспериментов, замеры расхода воды производятся, как при увеличении расхода воздуха от начального значения, так и при уменьшении его.

Эксперименты желательно должны проводиться по следующей схеме. Требуется провести три серии опытов. Первая направлена на изучение влияния расхода газа на расход жидкости в условиях постоянства уровня воды и фиксированного положения газоподводящей трубки относительно напорного конуса. Эксперименты проводятся для трех различных величин относительного погружения: 0,85; 0,78 и 0,6. В следующей серии изучается влияние высоты устья напорного конуса, которая определяется уровнем воды в сосуде, на максимальную производительность газлифта при фиксированном положении газоподводящей трубки ($h_1 + h_2 = \text{const} = 0,1 \text{ м}$). Диапазон изменения h_1 - от 0,005 м до 0,06 м; шаг - 0,005 м. Уровень воды регулируется сливом определенного ее количества через вентиль, вмонтированный в днище котла. Исследуется также влияние глубины ввода газа на производительность газлифта при постоянном расходе газа ($Q_r = 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$) и уровне воды в сосуде ($h_1 = 0,02 \text{ м}$). Величина h_2 меняется в пределах от 0,025 м до 0,12 м с шагом 0,005 м. Обработка опытных данных, проводится методом последовательной регрессии.

Кроме экспериментов по изучению зависимости расхода жидкости от расхода газа, на разработанном стенде можно проводить исследования влияния основных геометрических параметров, таких, как глубина ввода газа и вылет напорного конуса, на интенсивность газлифта, а так же зависимость максимального расхода жидкости от высоты вылета напорного конуса (высоты устья), зависимость максимальной скорости жидкости в нагревательной трубе и соответствующего расхода газа от относительной глубины ввода газа $h_2/(h_1 + h_2)$, зависимость расхода жидкости от абсолютного погружения газораспределителя.

Таким образом в работе показана целесообразность использования эффекта газлифта для интенсификации работы сушеварочного котла с внутренним теплообменником. Разработанный стенд позволит проводить различного рода эксперименты, непосредственно на предприятии, для получения точных значений и результатов при использовании эффекта газлифта.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СЕПАРИРОВАНИЯ ВИБРООЖИЖЕННОГО МАТЕРИАЛА ПШЕНИЦЫ НА РЕШЕТНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Медведев А.Н. – студент гр. ТМиО – 41

Тарасевич С.В. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

Одной из важных технологических операций в процессе переработки зернового материала является сепарирование. Сепарирование – это разделение исходной смеси на разные фракции, отличающиеся свойствами зерновых частиц [1].

На современных пищевых и зерноперерабатывающих предприятиях одним из видов сепарации является сепарирование зернового материала в виброожиженном слое.

В виброожиженном слое частицы находятся в постоянном движении, поддерживаемом непрерывным подводом энергии от вибрирующей поверхности. В состоянии виброожижения частицы периодически отрываются друг от друга и от вибрирующей поверхности. В результате увеличивается объем слоя, значительно снижается внутреннее трение в системе и начинается перемешивание материала, а так же от вертикальных вибрирующих сил происходит самоочищение решета.

Если интерпретировать закономерность процесса сепарирования аналогично процессу гетерогенной химической реакции, то сепарация зернового материала происходящей на разделе фаз будет иметь природу массообмена.

I фаза – это сепарируемый виброожиженный зерновой материал, представляющий собой исходную основную массу сходового материала с некоторой долей проходовой фракции, причем концентрация последней намного ниже общей массы материала.

II фаза – это поверхность решета, на которой собственно и происходит процесс сепарирования.

Отсюда, чем больше концентрация проходовой фракции у поверхности решета, при прочих равных условиях, тем больше интенсивность процесса разделения материалов. Воспользуемся уравнением, характеризующим интенсивность сепарирования, сходное с основным уравнением химической кинетики [6]:

$$W=Sc, \quad (1)$$

где W – удельный расход проходовой фракции зернового материала через решето;

c – концентрация проходовой фракции слоя материала у решета;

S – параметр проходовой активности системы, зависящий от формы, расположения отверстий и технологических параметров движения решета и т.д., определяемый экспериментальным путем.

Исходя из выражения (1) можно сделать вывод, что чем выше концентрация проходовой фракции (ПФ) у поверхности решета, тем больше интенсивность процесса разделения материалов. Таким образом, процесс разделения зерновых материалов, можно разделить на три стадии.

1. Движение проходовой фракции через слой зернового материала к поверхности решета.
2. Движение проходовой фракции зернового материала по решетку и прохождение зерна через отверстия (организация прохода)
3. Отвод проходовой фракции зернового материала от места процесса (то есть ссыпание проходовой фракции в поддон, очистка решета).

Следовательно, скорость процесса сепарирования зависит от скорости движения проходовой фракции зернового материала к поверхности решета.

Рассмотрим процесс движения сепарируемого зернового материала толщиной h относительно решетной поверхности со средней скоростью V (рисунок 1) [6]. Тогда объемный расход Q_v движущегося зернового материала, будет равен:

$$Q_v = hV, \quad (2)$$

где h - толщина слоя зернового материала;

V – средняя скорость слоя зернового материала.

При процессе массообмена проходовой фракции в потоке материала через неподвижный относительно решета элементарный объем dV , выделенный на расстоянии y_i от его начала. Общее уравнения массового баланса для указанного элемента будет иметь вид

$$Q_{m1} - Q_{m2} = Q_w, \quad (3)$$

где Q_{m1} , Q_{m2} - массовые расходы проходовой фракции через стенки зернового материала,

Q_w – массовый расход на проход зернового материала через отверстие,

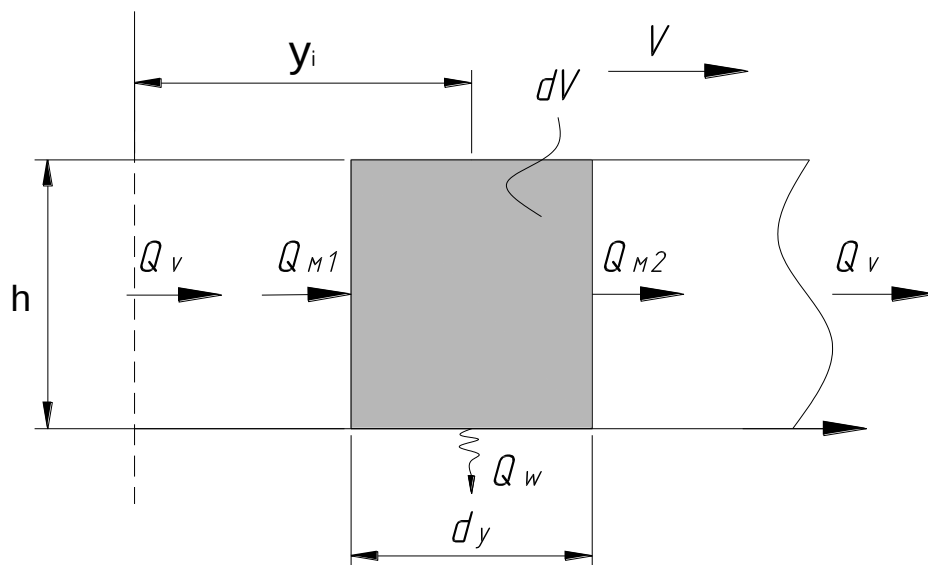


Рисунок 1 - Баланс проходовой фракции движущегося зернового материала.

После математических преобразований на основе уравнения массового баланса получили выражение для эффективности отчистки зернового материала [2, 3, 4, 5]:

$$\varepsilon = 1 - \exp\left(-\frac{S}{h}t\right), \quad (4)$$

где S - параметр проходовой активности;

t - время нахождения зернового материала на решете.

Параметр проходовой активности зернового материала S в выражении (4) является основой расчетно-экспериментального метода, и выявляется в выражении:

$$S = -\frac{h \ln(1 - \varepsilon)V}{y}, \quad (5)$$

где y - длина решета.

Из выражения (5) экспериментально можно выявить, что параметр проходовой активности S будет расти до некоторого критического предела с увеличением скорости.

Исходя из результатов зависимости параметра проходовой активности S от скорости слоя зернового материала V на основе сепарирования различных зерновых культур. Можно сделать вывод, что существует критическая скорость V , выше которой параметр S растет медленнее либо не растет вообще.

Для исследования сепарирования виброожиженного слоя зернового материала и его реологических свойств на кафедре МАПП был разработан лабораторно-учебный комплекс (рисунок 2). В рамках данного комплекса можно проводить исследования сепарации виброожиженного зернового материала, которые могут быть использованы как в учебном процессе, так и в производстве для анализа работы промышленных вибросепараторов.

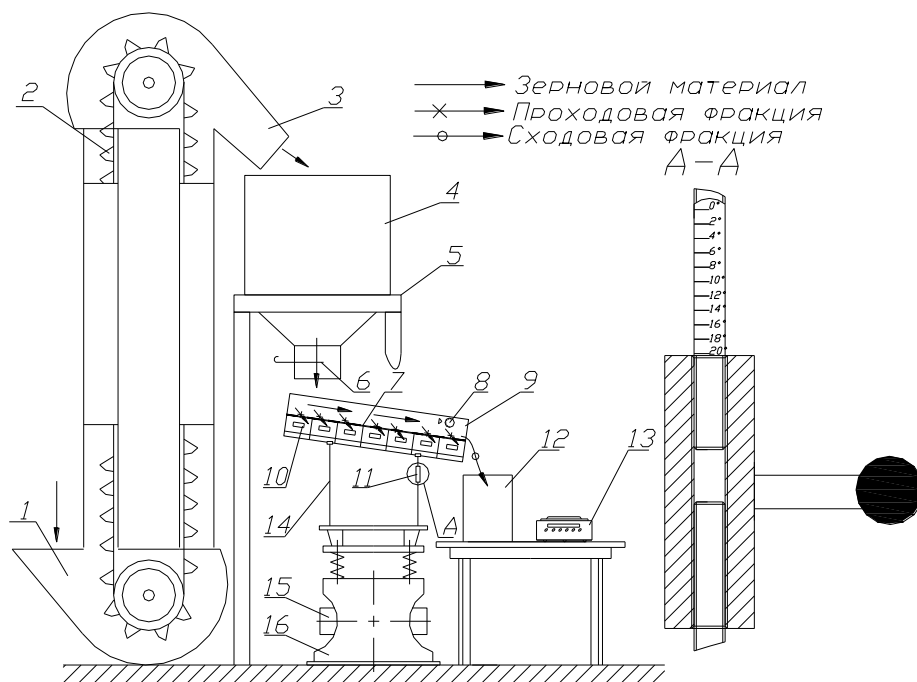


Рисунок 2 - Схема лабораторно-учебного комплекса: 1 – башмак нории; 2 – лента с ковшами; 3 – головка нории; 4 – приемный бункер; 5 – стойки; 6 – задвижка; 7 – решето; 8 – угомер; 9 – корпус вибrolотка; 10 – дифференцированный поддон для проходовой фракции; 11 – регулировочный механизм угла наклона вибrolотка к горизонту; 12 – лоток сходовой фракции; 13 – аналитические весы; 14 – вибростойки; 15 – дебалансный колебатель; 16 – вибростол;

Вибролоток 9 состоит из корпуса, выполненного из оргстекла, с штампованным решето 7 (с продолговатыми отверстиями размером 2 x 20 мм), дифференцированным поддоном для проходовой зерновой фракции 10 (закрепленным с помощью поджатия в лотке) и угомера 8 закрепленного в корпусе лотка. Вибролоток соединен с корпусом вибросстола виброопорами 14. Угол наклона вибrolотка меняется через регулировочный механизм угомера 11. Вибростол приводится в колебательное движение в вертикальной плоскости при помощи вращения вала дебалансов. Дебалансы жестко закреплены на валу колебателя 15. Амплитуда колебаний меняется за счет разведения грузов - дебалансов, путем поджатия пружины.

Зерновой материал поступает в башмак нории 1, далее ковш 2 зачерпывает продукт, огибает верхний приводной и нижний натяжной барабаны и разгружается через головку нории 3 в бункер 4, который стоит на стойках 5. Продукт из бункера попадает на решето вибrolотока, под воздействием вибрации часть зернового материала просыпается в дифференцированный поддон

проходовой фракции 10, а часть сходит в лоток для сходовой фракции 12. Подача зернового материала регулируется задвижкой 6.

В качестве исследуемого материала использовались смеси пшеницы непроходовой фракции и подсева проходовой фракции битой пшеницы (со средним минимальным размером 1,7 мм), а также зерен просо диаметром около 2 мм в массовой концентрации 10%. Результаты исследований представлены на рисунках 3 – 4.

Параметр проходовой активности измерялся расчетно-экспериментальным путем, измеряя скорости движения поверхностного слоя материала между маркированными отметками (для более высокой точности эксперимент повторялся 7 раз). Из анализа графиков (рисунок 3 - 4) видно, что критическая скорость после 0,2 м/с растет медленно, поэтому дальнейшее повышение этого параметра не эффективно.

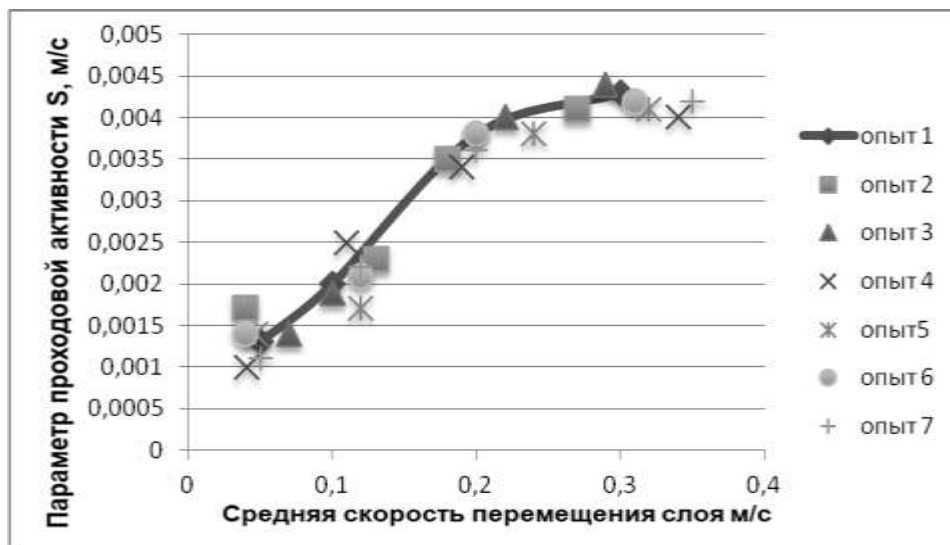


Рисунок 3 - Зависимость параметра проходовой активности S от средней скорости перемещения слоя зернового материала (примесь – битое зерно пшеницы)

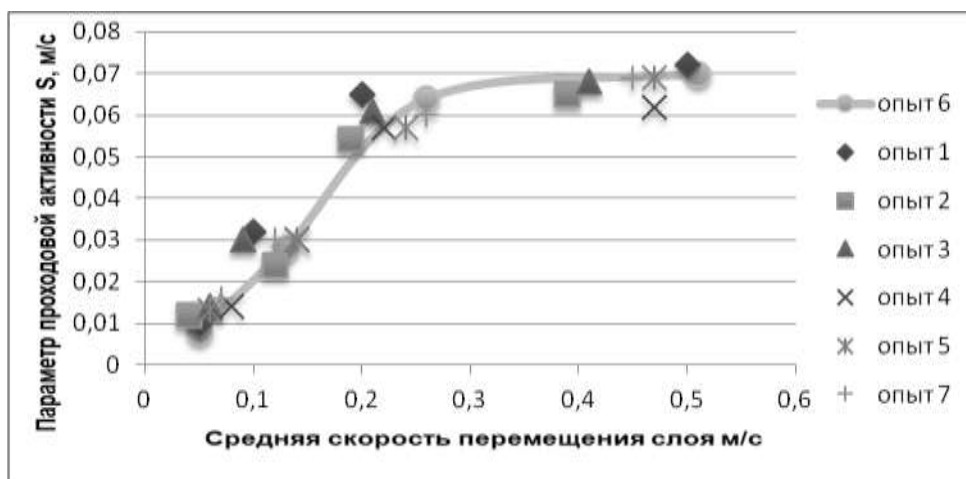


Рисунок 4 - Зависимость параметра проходовой активности S от средней скорости перемещения слоя зернового материала (примесь - просо).

Далее идет исследование эффективности сепарирования зернового материала с разной концентрацией примеси 5%, 10% и 15%. Из рисунка 5, видно, что при 15% засорённости, зерновой материал хуже просеивается, поэтому при таком проценте засорённости материал следует сепарировать несколько раз либо увеличивать длину решета.

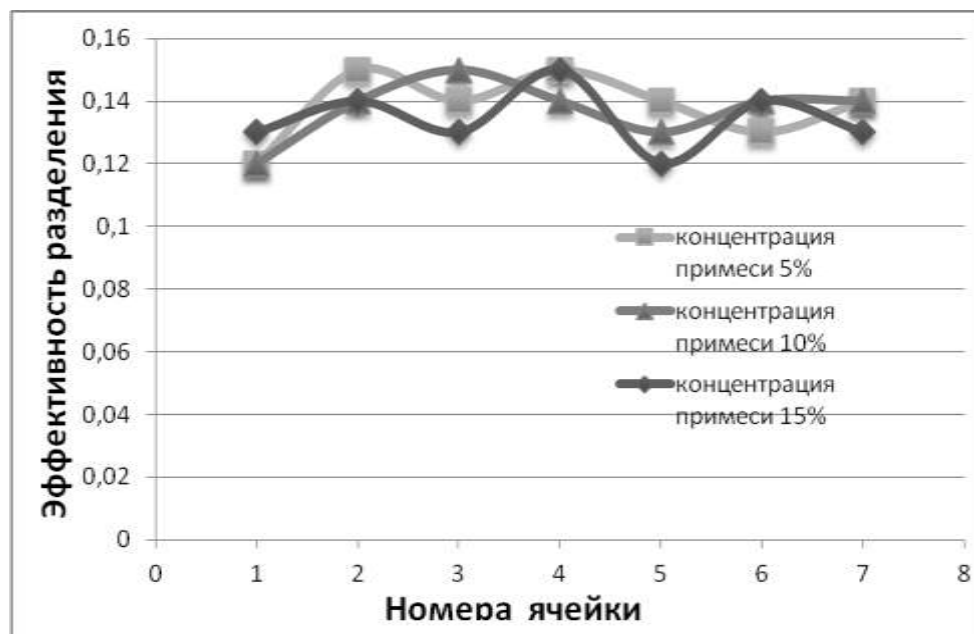


Рисунок 4 - Эффективность разделения зернового материала по номера ячейки дифференцированного поддона.

Таким образом, в результате проведенных исследований процесса сепарации виброожиженного зернового материала, можно сказать о том, что имеется критическая скорость движения зернового материала, выше которой прекращается рост параметра проходовой активности. Эти исследования верны для решета с отверстиями 2 x 20 мм и критическая скорость составляет величину $V_{кр} \approx 0,2$ м/с.

Стоит отметить, что для решет с другими отверстиями критическая скорость будет различна. Тем не менее, для данного решета и данного зерна эту величину можно считать постоянной. Именно к этой скорости движения материала следует стремиться при работе вибросепаратора. Большая скорость не приведет к улучшению процесса сепарации, но приведет к неоправданным излишним энергетическим затратам и динамическим нагрузкам на детали машины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гортинский В.В. Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях / В.В. Гортинский, А.Б. Демской, М.А. Борискин. – М., 1980. - 304 с
2. Заика П. М. К методике определения коэффициентов статистической теории сепарирования / П.М. Заика, Д.И. Мазоренко, В.Я. Ильин, П.А. Миронов // Сб. науч. тр. / Моск. ин-т инженеров с.-х. пр-ва. - М., 1973. – Т. 10, вып 1, ч. 2.- С. 89-94.
3. Кожуховский И.Е. Зерноочистительные машины. – М.: Машиностроение, 1965. – 220 с.
4. Непомнящий Е. А. Кинетика сепарирования зерновых смесей. - М., 1982. 175с.
5. Цециновский В.М. Обобщенное уравнение кинетики сепарирования // Сообщ. и реф. / ВНИИ зерна и продуктов его перераб. - М., 1962. -Вып. 2.-С. 3-5.
6. Тарасевич С.В. Исследование процесса сепарирования виброожиженных зерновых материалов на решетной поверхности / С.В. Тарасевич: Методические указания.- АлтГТУ, 2007 – 20 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПРЯМОТОЧНОГО СТРУЙНОГО ЭЖЕКТОРА

Слесарев М.С. - студент гр. 8ТМиО-61

Гаркуша Н.Н. - доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

Широкое распространения эжекторов в пищевой, химической, авиационной, газовой, машиностроительной промышленности огромное значение имеет методика расчета, позволяющая быстро и просто получать значения геометрических и режимных параметров на выходном сечении эжектора при определенных параметрах активного и пассивного потоков;

Эжекторные устройства – газовые компрессоры, струйные аппараты, струйные насосы. Независимо от области применения эжекторы состоят из сопел активного - 1 и пассивного потоков - 2, камеры смешения - 3 и диффузора - 4 (рис. 1).

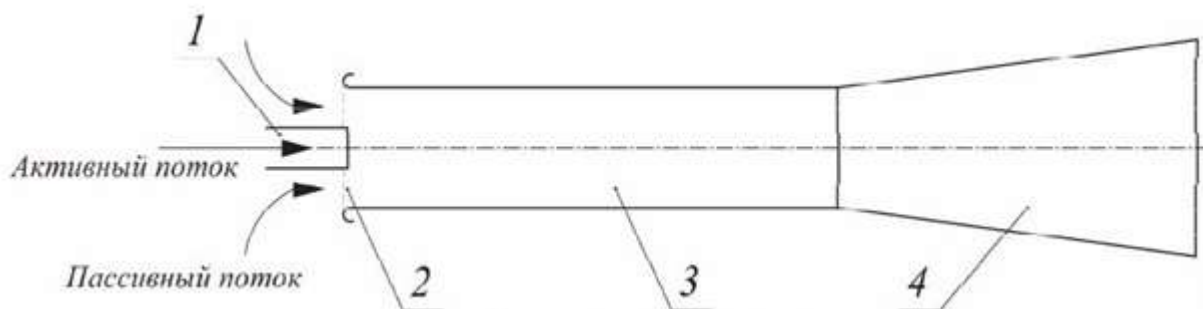


Рисунок 1 – Схема эжектора

Одним из главных параметров эжектора является коэффициент эжекции, который определяется, как отношение расхода продуктов работы эжектирующего газа:

$$K = G_s / G_p \quad (1)$$

(где G_s - расход эжектируемого газа, G_p - расход эжектирующего газа)

Принцип работы эжектора основан на законе Бернулли: чем уже сечение трубы, тем ниже давление в жидкости или газе, протекающем через это сечение. Эжектор, работающий по этому закону, в узком сечении понижает давление одной среды, вызывая тем самым подсос другой среды, которая после этого переносится и выбрасывается из места всасывания благодаря энергии первой среды.

У струйных эжекторов есть ряд преимуществ: отсутствие движущихся элементов, относительно небольшие габариты и масса, возможность простого обслуживания. Недостатком может являться, что при включении в конкретную технологическую схему появляется необходимость в индивидуальной подгонке параметров.

Цель работы - определение влияния геометрических и режимных параметров на коэффициент эжекции и относительный перепад полных давлений.

Для проведения исследований изготовлен макет прямооточного струйного эжектора. Поперечное сечение камеры смешения имеет форму прямоугольника.

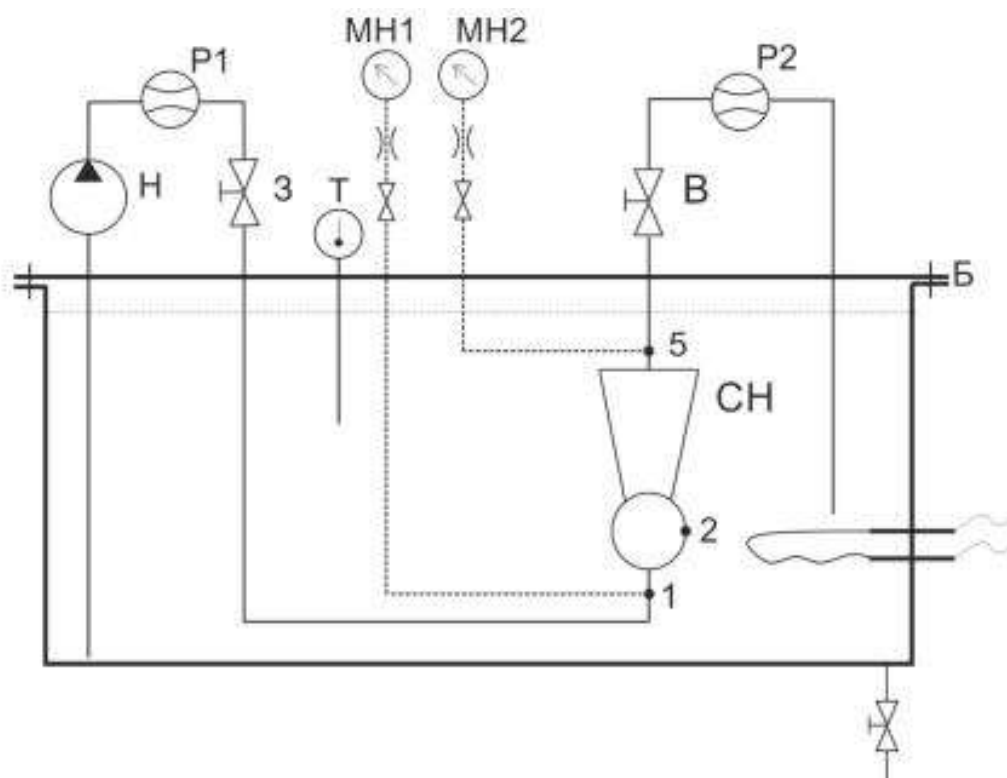


Рисунок 2 – Схема стенда

При проведении опытов, избыточное давление активного потока P_1 регулировалось задвижкой 3, а противодействие P_5 - вентилем. Объемные расходы Q_1 и Q_5 потоков измерялись расходомерами P1 и P2, а статическое давление – манометрами МН1 и МН2. Температура воздуха t в опытах значительно не изменялась, как и число Рейнольдса.

По полученным данным были рассчитаны основные безразмерные параметры эжектора: относительный перепад полных давлений:

$$\Delta P_3 = \frac{P_5 - P_2}{P_1 - P_2}$$

И коэффициент эжекции:

где P_1 , P_2 , P_5 – полное давление в соответствующих сечениях эжектора, а Q_1 и Q_5 – объемные расходы активного потока и потока смеси.

В заключение следует отметить, что предлагаемая методика расчета справедлива лишь для сверхзвуковых течений и дает достоверные результаты при заданных геометрических параметрах.

Список литературы

1. Соколов Е.Я. Зингер И.М. Струйные аппараты. 2-е изд. – М.: Энергия. 1970. – 288 с.
2. Лямаев Б.Ф. Гидроструйные насосы и установки. Л.: Машиностроение. 1988. – 256 с.
3. Аркадов Ю. К. Оптимальный газовый эжектор с диффузором // Ученые записки ЦАГИ.– 1980, Т. 11, N 2.
4. Рябинков Г. М., Харитонов В. Т. Сверхзвуковой оптимальный эжектор // Труды ЦАГИ.– 1989.– вып. 2453.
5. Васильев Ю. Н. Газовые эжекторы со сверхзвуковыми соплами // Труды ЦАГИ.– 1956.

ЛОКАЛЬНЫЕ ФИЛЬТРЫ
Гладков Д.Е. – студент гр ТМиО-61,
Терехова О.Н. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им И.И. Ползунова

Не смотря на высокое распространение термина «локальные (точечные) фильтры» как среди производителей аспирационных установок, так и в нормативных документах, какого то официально утвержденного определения он не получил.

Локальными, или фильтрами очистки воздуха точечного исполнения, принято называть аспирационные установки уменьшенных габаритов, непосредственно устанавливаемых на оборудование, из которого происходит отсос воздуха, или вблизи от него. Очистка воздуха в них производится путем фильтрования через воздухоочистительные элементы, имеющие рукавное или картриджное исполнение. При регенерации пыль, осаждаемая на фильтровальных элементах, обычно, сбрасывается обратно в транспортное/технологическое оборудование.

Так же особое требование к очищенному воздуху локальными фильтрами устанавливают "Правила безопасности взрывопожароопасных производственных объектов хранения и переработки растительного сырья", а именно: «Воздух из локальных (точечных) фильтров необходимо выводить в безопасную зону (за пределы производственного помещения)». Требование, вероятно, появилось ввиду высокой очистки воздуха многими локальными фильтрами. Степень остаточной запыленности может достигаться до $0,2 \text{ мг/м}^3$, что ниже требований СанПиНа, равных для мучной пыли 6 мг/м^3 , для зерновой 4 мг/м^3 . При выбросе очищенного воздуха в производственное помещение, он был бы наполнен самой сложно уловимой фракцией от 0,1 до 0,6 мкм, со временем происходило бы накопление этой фракции, что увеличивало бы вероятность пожара или взрыва.

Рассмотрим самую распространённую конструкцию локального фильтра и варианты его установки на оборудовании на примере фильтра от компании Simatek.

Локальные фильтры компании Simatek, получившие такое название только на российском рынке, на оригинальном англоязычном сайте они называются «миниатюрные мешочные фильтры».

Фильтры имеют уменьшенные габариты и предназначены для очистки от пыли воздуха транспортного оборудования: норий, скребковый конвейеров, шнековых транспортеров, а также бункеров. Варианты установки фильтров показаны на рисунке 1, справа показана часть технологической схемы, где цифрами идет указание на вариант установки локального фильтра, а справа увеличено показан способ отсоса пыли из этого оборудования.

Точечные фильтры имеют простой герметичный корпус, фильтровальные элементы, воздухоудвную машину, а также систему очистки фильтровальных элементов. Струи сжатого воздуха, которые контролирует нерелейный электронный регулятор, поочередно прочищают рукава фильтра.

Как можно заметить камера запыленного воздуха фильтра, соединена напрямую с телом машины, а значит и возврат пыли будет происходить напрямую в тело машины [1].

регенерация производится обратной продувкой, продукт, осажденный на фильтрах, возвращается непосредственно в корпус машины, откуда он был ранее извлечен.

Как известно в пищевой индустрии происходит множество физико-механических операций переработки исходного сырья, в результате чего выделяется большое количество разнообразной пыли. Так же часть технологического оборудования использует воздух как основной рабочий орган в качестве источника псевдооживленного состояния продуктов. Аспирационные сети на предприятиях пищевой промышленности в большей степени необходимы для такого оборудования. Поэтому встает актуальный вопрос о снижении капитальных и эксплуатационных расходов на организацию линии вспомогательного оборудования – аспирационного, но при этом без снижения его технологических характеристик.

Целью научной работы является повышение эффективности функционирования аспирационных систем технологического оборудования на предприятиях пищевой промышленности. Путем её достижения станет создание локального фильтра, не нарушающего работу оборудования, и осуществляющего возврат ценного продукта обратно в технологический процесс. Такой фильтр так же должен соответствовать или превосходить по параметрам классическую систему аспирации.

В ходе работы над достижением цели, уже были решены некоторые поставленные ранее задачи такие как:

- анализ существующих конструкций локальных фильтров;
- анализ нормативно технической документации по вопросу разработки нового пылегазоочистного оборудования и применимость этих требований к локальным фильтрам;
- был подготовлен математический аппарат, способный оценить количественно эффективность очистки от мучной пыли в локальных фильтрах, а также эффективность разных способов регенерации таких фильтров.

Кроме того, был обнаружен еще ряд важных задач, без которых переходить даже к схемной проработке локального фильтра для технологического оборудования не представляется возможным, а именно:

- оценка путем проведения лабораторных опытов точный дисперсный состав пыли, выделяющейся из технологического оборудования, а именно из ситовеечной машины А1-БСО, ввиду отсутствия точных данных в рассматриваемой научной литературе;
- оценка влияния разных способов регенерации на технологический процесс, а именно на процесс аэроситового сепарирования, на его эффективность, производительность и непрерывность. Данное влияние очень сложно оценить в теоретическом плане, ввиду сложности проведения математических расчётов, поэтому предлагается разработать схему и порядок проведения лабораторных экспериментов.

Пользуясь математическим аппаратом, подготовленным в ходе работы и на основании дисперсного анализа пыли, будет возможно просчитать эффективность очистки разными фильтрующими элементами, а также эффективность их регенерации, на основании чего сделать выбор ткани и способ регенерации для локального фильтра.

Список литературы:

1. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.firmaliucija.lt/ru/produktai/pramonines-oro-valymo-sistemas/lokaliniai-filtrai/>
2. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.ardon-m.ru/catalog/filtratsiya-pyli/929/>
3. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://e-f.ru/>
4. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.spacemotor.ru/>
5. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://ruspromcom.ru/ventilyaciya/aspiracija-i-filtracija/>.
6. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.lev-co.com/products.asp?CatID=1&sCatID=119&SolutionID=6>.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ФРИЗЕРА НА ООО «АЛТАЙХОЛОД»

Туран В.Ю. - студент гр. ТМиО-41

Глебов А.А. – к.т.н., заведующий кафедрой МАПП

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

ООО «Алтайхолод» - крупнейший производитель мороженого в России. Выпускает мороженое с 1987 года и является одним из ведущих предприятий пищевой промышленности города Барнаула. ООО «Алтайхолод» имеет 3 цеха мороженого, 14 линий производства, холодильные камеры для хранения в каждом цеху, а также ленточные конвейеры для транспортировки готовой и упакованной продукции. Линии производства включают в себя оборудование для изготовления различных видов мороженого (мороженое в вафельных стаканчиках и рожках, эскимо, брикеты, глазированное мороженое), а также автоматические упаковщики готовой продукции.

Несмотря на значительное разнообразие в ассортименте, производство мороженого с некоторыми изменениями осуществляется по общей технологической схеме и состоит из следующих операций: подготовка сырья, составление смеси, пастеризация смеси, гомогенизация смеси, охлаждение и созревание смеси, фризирование смеси, фасование и закаливании мороженого, упаковывание и хранение мороженого.

Важнейшей стадией производства мороженого является фризирование - основной процесс производства мороженого, при осуществлении которого происходит частичное замораживание смеси и насыщение ее воздухом. В процессе фризирования смеси образуется структура мороженого, которая окончательно формируется при последующей обработке продукта. Фризирование смеси происходит в специальных аппаратах – фризерах, которые могут быть непрерывного и периодического действия. Фризеры, на ООО «Алтайхолод» являются основным оборудованием в производстве и, фактически, задают темп всей линии. Как показал анализ, применяемые фризеры имеют ряд недостатков, среди которых: малая производительность относительно другого оборудования, используемого в производстве; большие габаритные размеры и большой вес, что создает трудность в перемещении оборудования; высокая стоимость; аммиачная система охлаждения во фризерах непрерывного действия; большой расход хладагента.

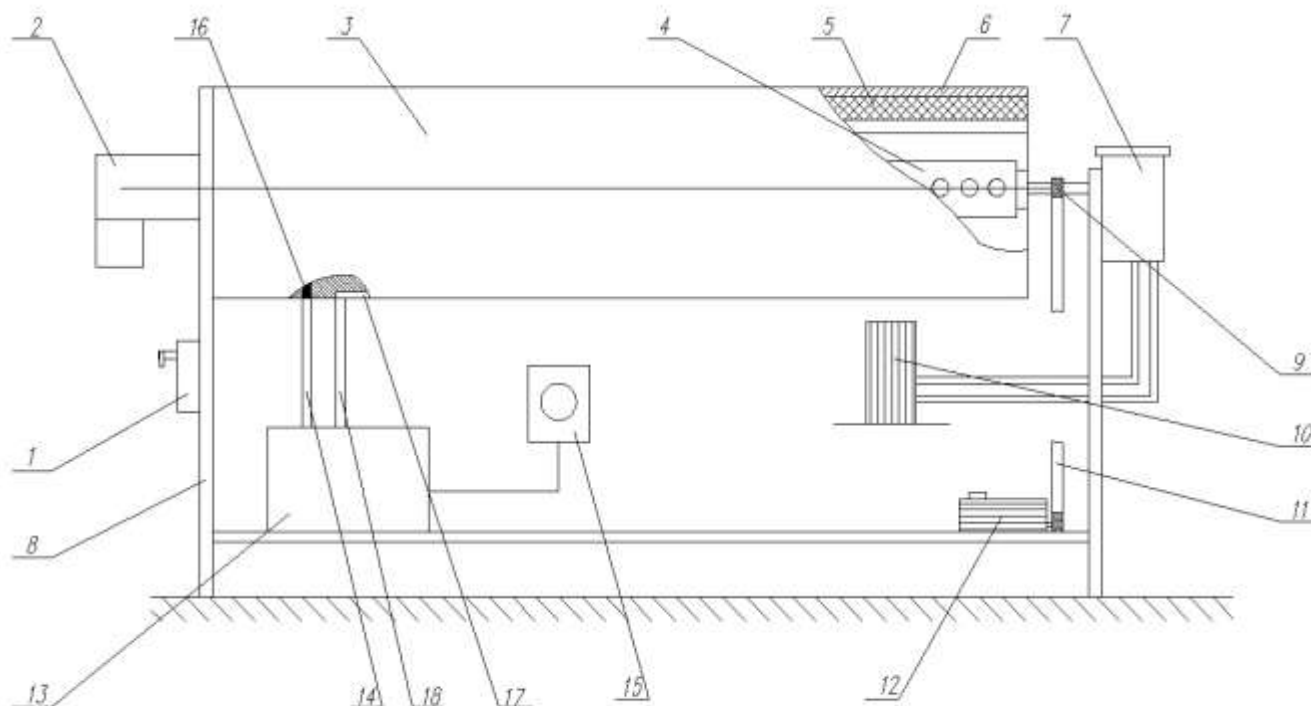
В рассматриваемой линии производства используется фризёр непрерывного действия Е4-ОФЛ производительностью до 400 кг/ч. Одним из важнейших параметров фризера является его производительность. Из технологической схемы видно, что производительность данного фризера довольно мала по сравнению с остальным оборудованием линии, и, как бы, тормозит все производство, т.е. по сути является «слабым звеном» линии. Целесообразно произвести модернизацию фризера с целью увеличения его производительности, и, в последствие, всей линии производства.

Таким образом, главной целью работы является повышение эффективности основного производства, путем модернизации малоэффективного фризера Е4-ОФЛ.

Принцип действия фризера (см. рис. 1) основан на взаимодействии продукта (подготовленной смеси) с основным рабочим органом фризера – морозильным цилиндром. Рабочий орган представляет из себя полый цилиндр 3 с расположенной внутри ножевой рамой 5 и мешалки со взбивающим устройством 4. Цилиндр располагается горизонтально и охлаждается с внешней стороны. В морозильном цилиндре происходят следующие основные технологические процессы: взбивание, охлаждение, замораживание смеси. Подготовленная молочная смесь из бака 7 подается в цилиндр 3 с помощью двухступенчатого насоса 10. В цилиндре установлена мешалка 4, которая приводится в движение от двигателя 12 через клиноременную передачу 11. Из бака для смеси 7 будущее мороженое забирает насос первой ступени и подает его к насосу второй ступени, который имеет большую производительность и подсасывает воздух через специальный воздушный клапан, так смесь насыщается воздухом. Насыщенная воздухом смесь под давлением насоса второй ступени подается в цилиндр 3 и под действием этого же давления выдается готовое мороженое, как только оно пройдет процесс фризирования. Вариационный маховик-регулятор 1

необходим для изменения скорости подачи продукта, и следовательно, для изменения скорости выпуска готовой продукции, т.е. является неким подобием коробки передач и непосредственно влияет на конечную производительность, которая устанавливается оператором в пределах 250...400 кг/ч.

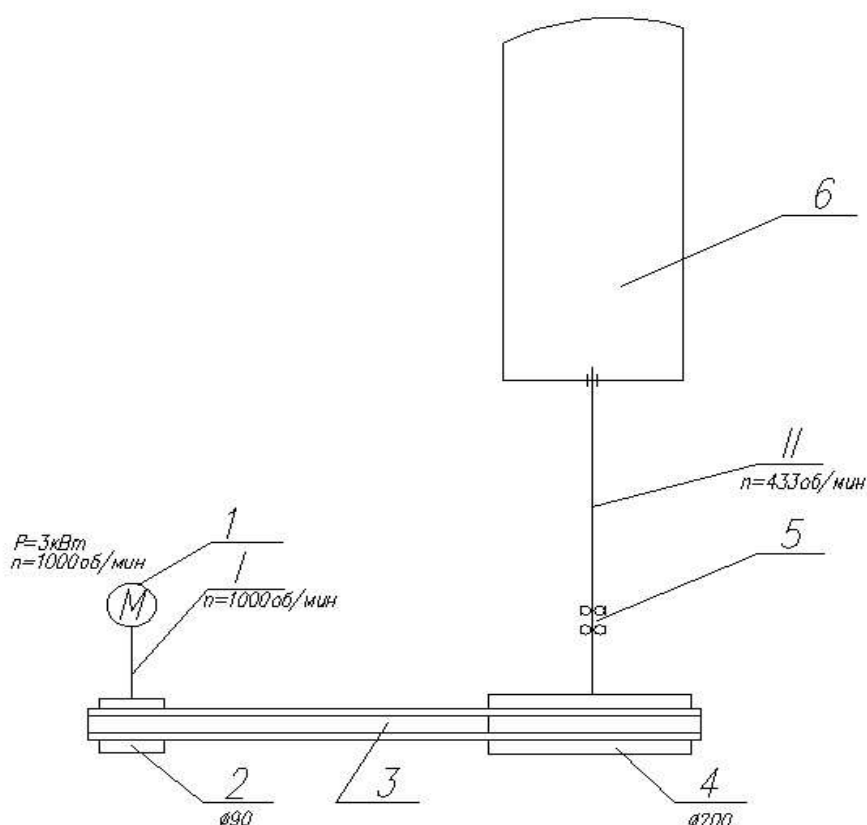
Для охлаждения фризера обеспечивается жидким хладагентом (в данном случае – аммиаком) от общей холодильной системы на производстве. Хладагент поступает в камеру (холодильную рубашку) 6, окружающую цилиндр фризера через поплавковый клапан 16. Подача аммиака из аккумулятора 13 осуществляется по трубопроводу для жидкого аммиака 14. Хладагент кипит в испарителе 17, образованном наружной обечайкой и цилиндром. Полуиспаренный аммиак по трубопроводу для газообразного аммиака 18 возвращается в аккумулятор 13, в котором капли аммиака отделяются от пара, который отсасывается из системы компрессором 15. Оставшийся жидкий аммиак повторно используется для охлаждения системы.



1- вариационный маховик-регулятор; 2-кран выпуска готовой продукции; 3-цилиндр фризера; 4- мешалка; 5-ножевая рама; 6-охлаждающая рубашка; 7-бак для смеси; 8-станина; 9-привод мешалки; 10-насос двухступенчатый; 11-ремень; 12-двигатель; 13-аккумулятор аммиака; 14- трубопровод жидкого аммиака; 15-компрессор; 16-поплавковый клапан; 17-испаритель; 18- трубопровод газообразного аммиака

Рисунок 1 – Схема фризера Е4-ОФЛ

Подача продукта в цилиндр осуществляется через отверстие в вале мешалки. Привод мешалки (рис. 2) состоит из двигателя 1, клиноременной передачи 3, подшипникового узла 5. Кинематическая схема привода вала мешалки изображена на рисунке 3.

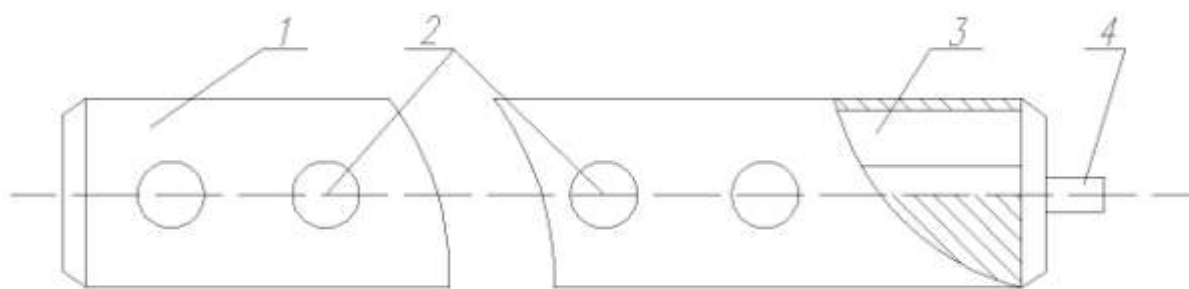


I – вал двигателя; II – вал мешалки; 1-двигатель; 2-шкив двигателя; 3-ремень; 4-шкив привода мешалки; 5-подшипниковый узел; 6-цилиндр

Рисунок 2 – Кинематическая схема привода вала мешалки

Поступившая в цилиндр смесь соприкасается охлажденными аммиаком стенками, замерзает и срезается ножами, затем под давлением, образованным насосом, поступает на кран выпуска готовой продукции.

На рисунке 3 представлена мешалка фризера. Она представляет собой перфорированный вал с неподвижным эксцентриковым валом внутри («скалка») для продавливания смеси через отверстия перфорации в рабочую камеру.



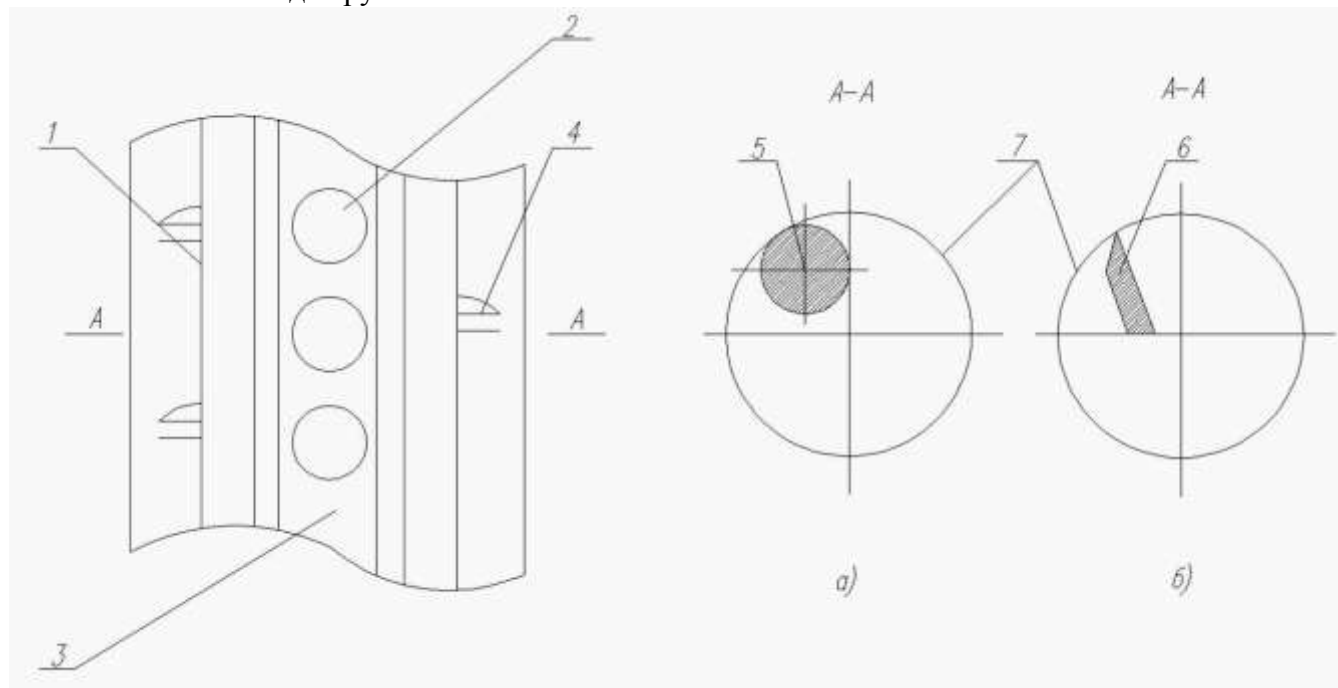
1-корпус мешалки; 2-отверстия для перфорации; 3-вал «скалка»; 4-вал мешалки

Рисунок 3 – Мешалка фризера с эксцентриковым валом

Недостаток фризера заключается в следующем: в морозильном цилиндре установлен перфорированный вал взбивателя, получающий движения от электропривода, внутри которого со смещением установлен неподвижный вал. Задача данного вала заключается в продавливании поступающей во вращающийся вал взбивателя смеси в отверстия перфорации. Однако степень

вдавливания смеси недостаточна, в связи, с чем и была предложена модернизация, направленная на повышение производительности фризера.

С технической точки зрения модернизация (см. рис. 4) заключается в замене неподвижного вала с сечением в виде круга на вал в сечении – лопасть.



1- ножевая рама; 2 – отверстия для перфорации; 3 – мешалка; 4 – нож; 5 – вал с сечением круг;
6 – вал с сечением лопасть; 7 – внутренняя поверхность вала взбивателя

Рисунок 4 – Модернизация вала фризера

Как показывают расчеты, данная модернизация увеличит степень вдавливания смеси и повысит производительность фризера и всей линии в среднем на 5 %.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ НА ЭЛЕВАТОРЕ ООО МК "РОСА".

Юрьев В.А. – студент гр. ТМиО – 41

Тарасов А.В. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

Компания ООО МК "Роса" – один из крупнейших производителей продукции зернопереработки на Алтае. Единая структура замкнутого цикла охватывает все этапы: от приемки зерна до погрузки фасованной продукции в вагоны или автотранспорт. Сегодня компания представляет собой современный производственно – логистический комплекс. В структуру производственного комплекса компании "Роса" входит зернохранилище(элеватор), мукомольно-крупяной цех и логистический комплекс.

Предприятие постоянно развивается, каждый год проводятся работы по модернизации, направленные на повышения качества, расширения ассортимента и оптимизацию производственных процессов, минимизацию издержек, а так же повышения безопасности.

Безопасность технологических процессов определяется безопасностью производственного оборудования, используемых сырья и материалов и технологических операций. Она обеспечивается комплексом проектно-конструкторских и организационно-технических решений, состоящих в рациональном выборе как всего технологического процесса, так и отдельных производственных операций.

В рамках этой работы предполагается провести разработку комплекса мероприятий по доведению до норм промышленной безопасности установленного оборудования. Важной частью оборудования элеватора являются нории, что и было выбрано в качестве первоочередного этапа модернизации.

Нория предназначен для вертикального транспортирования зерна и продуктов переработки без тары. Состоит из оголовника с приводом и выпускным устройством, башмака с приемными устройствами, норийных труб внутри которых движется лента с прикрепленными на ней ковшами. Для отвода пламени и продуктов горения на оголовник и норийные трубы устраивают патрубки для крепления взрыворазрядного устройства, для контроля работы нории, её комплектуют датчиком скорости, датчиком сбегания ленты и датчиком подпора.

В ходе анализа технической документации и технического состояния самих нория были выявлены несоответствия с действующими нормами и правилами РФ в области промышленной безопасности. В том числе на нориях не установлены автоматически действующие тормозные устройства, конструкция взрыворазрядителей не может осуществлять отвод пламени и продуктов взрывного горения.

Самым опасным при эксплуатации нории является накопление пылевоздушной смеси, при детонации которой могут произойти разрушение самой нории, близстоящего оборудования и рабочего помещения вплоть до летальных исходов.

Взрыворазрядные устройства предназначаются для предотвращения роста давления взрыва в объеме защищаемого оборудования выше допустимого уровня с целью защиты оборудования от разрушения и предотвращения распространения пламени и продуктов взрывного горения пылевоздушной смеси в производственные помещения. Предотвращение роста давления взрыва выше допустимого уровня осуществляется путем отвода пламени и продуктов взрывного горения и несгоревшей пылевоздушной смеси из объема защищаемого оборудования в безопасную зону за пределы производственного здания. Взрыворазрядное устройство состоит из предохранительной мембраны или откидного клапана, отводящего трубопровода, а при необходимости и из огнепреграждающего устройства. Предохранительная мембрана или клапан должны устанавливаться на минимально возможном расстоянии от корпуса защищаемого оборудования и обеспечивать герметичное перекрытие проходного сечения взрыворазрядного устройства. На нориях со свободным объемом менее $0,25 \text{ м}^3$ взрыворазрядные устройства допускается не устанавливать. Величина свободного объема защищаемого оборудования $V \text{ м}^3$ определяется как

разность геометрического объема оборудования и объема расположенных внутри него узлов и агрегатов. Диаметры (площади) проходных сечений взрыворазрядных устройств для норий определяются расчетом, а для других видов оборудования определяются расчетом с учетом величины защищаемого объема. Взрыворазрядные устройства с разрывными предохранительными мембранами рекомендуется выполнять с шибберным или бандажным креплением мембраны. Предпочтительными являются взрыворазрядные устройства с проходными сечениями и отводящими трубопроводами круглой формы.

Для предотвращения обратного хода ленты при внезапной остановки на норию устанавливают тормозное устройство

Тормозное устройство представляет собой храповый механизм закрепленный на приводе нории между редуктором и двигателем или на свободном конце вала нории. Храповые механизмы относятся к механизмам прерывистого действия, которые обеспечивают движения ведомого звена в одном направлении с периодическими остановками. Храповый механизм состоит из храпового колеса и собачки, при обратном ходе ленты вал нории вместе с храповым колесом проворачивается в обратную сторону и входит в зацепление с собачкой.

При расчете храпового механизма учитывается крутящий момент двигателя, материал из которого будет выполнен механизм, число зубьев храпового колеса и допустимое напряжение.

В ходе проведенной работы был проведен анализ технического состояния оборудования ООО МК "Роса" на соответствие нормам и правилам, так же было рассчитано и сконструировано взрыворазрядное устройство для нории НЗ-20 (конструкция представлена на плакате) и предложена конструкция тормозного устройства. Эти мероприятия позволят повысить безопасность на производстве.

Список использованной литературы

1. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3т. Т. 1. – 8-е изд., перераб. и доп. Под ред. И. Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2001. – 920с.: ил.
2. Дунаев П. Ф., Леликов О. П. Конструирование узлов и деталей машин: Учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1985 – 416с., ил.
3. Детали машин: Атлас конструкций: Учеб. пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов. В 2-х ч. Ч.1/ Б. А. Байков, В. Н. Богачев, А. В. Буланже и др.; Под общ. ред. д-ра наук проф. Д. Н. Решетова. – 5-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1992. – 352с: ил.