

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СПИРАЛЬНОГО ПЫЛЕОТДЕЛИТЕЛЯ

Шишкина О.В, Алехина А.С., студенты гр. МАПП-62,

Губанов Ю.В., магистрант, Терехова О.Н., к.т.н., профессор каф. МАПП

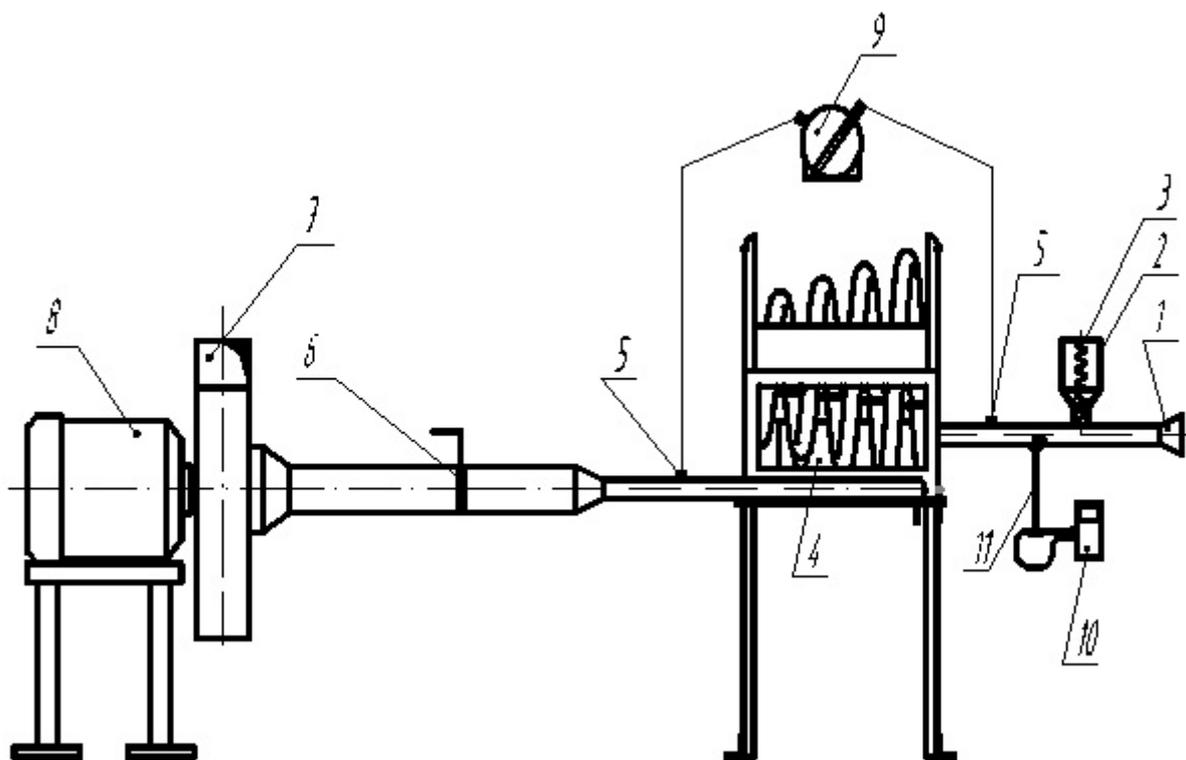
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г.Барнаул)

Современный технологический процесс связан с перемещением и механической обработкой сыпучих продуктов, которые сопровождаются большим выделением пыли в окружающую среду. В составе этой пыли содержатся ценные мучные продукты, которые можно использовать в дальнейшем производстве. А из-за низкой эффективности установленных пылеотделителей эти продукты теряются, просто выбрасываясь в атмосферу. Поэтому для извлечения ценных продуктов и сохранения экологии окружающей среды, возникает необходимость в замене таких пылеотделителей на более эффективные.

На зерноперерабатывающих предприятиях наиболее распространенным отделителем является циклон. Циклонный эффект возникает в очень большом диапазоне скоростей - от нескольких метров до нескольких десятков метров в секунду. Заявленный коэффициент очистки обычных циклонов может достигать 95-98%. Однако, реальная степень очистки в циклоне, работающем на производстве, зачастую не превышает 80 %.

Для повышения качества пылеулавливания предлагается новый тип центробежного пылеуловителя - спиральный пылеотделитель. Он был разработан и испытан на базе существующей экспериментальной установки, изготовленной ранее на кафедре МАПП.

На рисунке 1 представлена экспериментальная установка спирального пылеотделителя.



1 - входной коллектор; 2 - приемный бункер; 3 - шнековый питатель; 4 - пылеуловитель, 5 -штуцер, 6 - регулирующее устройство; 7 - вентилятор, 8 - электродвигатель, 9 - микроманометр; 10 - дифференциальный манометр, 11 - комбинированный приемник давления

Рисунок 1 - Схема экспериментальной установки

Устройство работает следующим образом: аэродисперсный продукт подается в спиральный корпус, образованный набором витков уменьшающейся кривизны, где за счет действия

центробежных сил твердые частицы прижимаются к стенке витка, затем осаждаются в бункерах.

Очищенный воздух поднимается вверх и выводится через выходной патрубок.

Экспериментальные исследования были направлены на изучение влияния входной скорости в отделитель и дисперсного состава продукта на эффективность отделения, а также на определение основных характеристик работы устройства (Таблица 1).

Таблица 1 - Техническая характеристика пневмоинерционного отделителя:

Характеристика	Значение	Ед. измерения
Расход воздуха, Q	8 ÷ 13	м ³ /ч
Скорость воздуха на входе, V	3,5 ÷ 6	м/с
Сопротивление отделителя, Н _ц	75 ÷ 178	Па

Исследование работы отделителя проводилось на разных видах продуктов размол зерна.

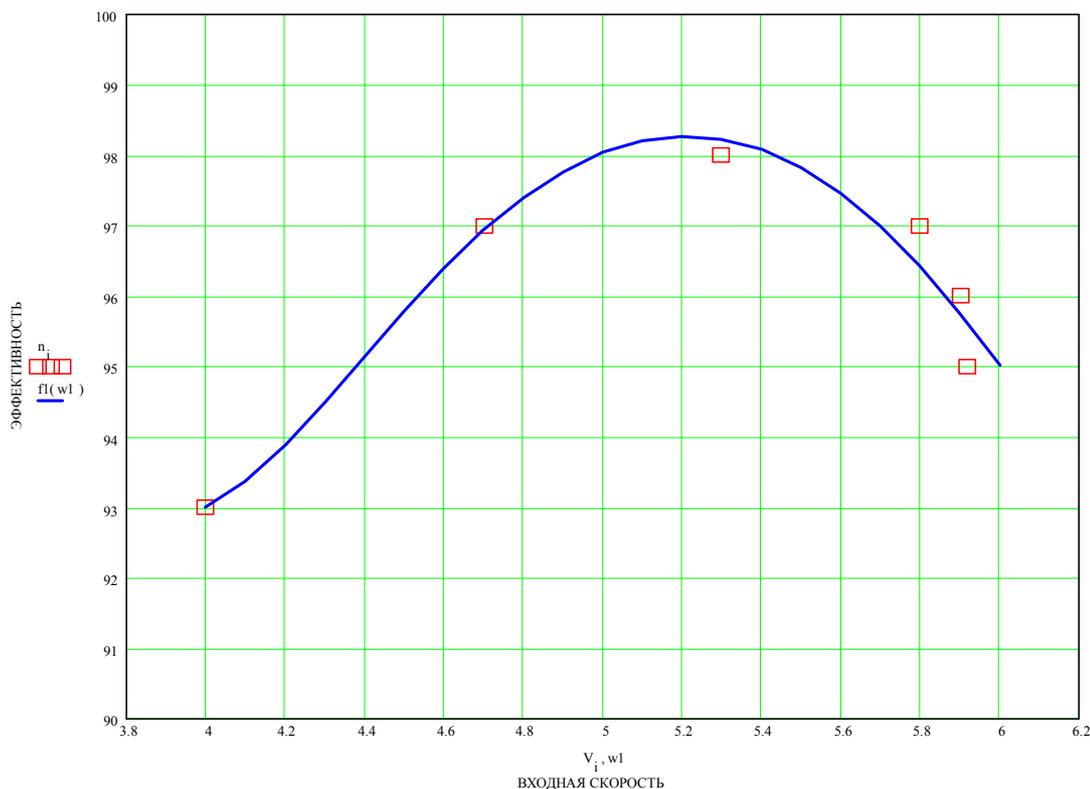


Рисунок 2 – Зависимость эффективности отделения от скорости воздуха на входе в пылеотделитель

Максимальная эффективность работы устройства достигается при работе на продуктах размол 98% , скорость воздуха 5,3 м/с (Рисунок 2).

Таким образом, спиральный пылеотделитель эффективен в работе с различными по дисперсности продуктами, компактен, отличается простотой конструкции, низким аэродинамическим сопротивлением и может быть использован в качестве первой ступени очистки воздуха в аспирационных сетях.

В дальнейшем предполагается направить исследования на возможность применения данного спирального пылеотделителя в качестве сепаратора для отделения частиц по крупности.

ПНЕВМОПЕРЕГРУЖАТЕЛЬ ЗЕРНА

Боброва А.В., Колпачева С.А. студентки группы МАПП-62,
руководитель к.т.н., профессор кафедры МАПП Терехова О.Н.

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г.Барнаул)

Послеуборочная обработка - это ключевая часть в производстве зерна, от нее зависит, насколько окупятся затраты на все предыдущие стадии цикла. Зерно, поступающее на тока, нуждается в предварительной очистке и сушке для последующего хранения и переработки, но при некачественной очистке и сушке зерно начинает терять свои качественные характеристики. Только 4 % потерь связано с технологией уборочных работ, 1 % -транспортировкой. Очень требовательно к обработке семенное зерно. Плохая просушка и хранение семян - это запланированные убытки будущего года в размере 9 % на всех стадиях. Большинство хозяйств не имеют возможности предварительной обработки и транспортируют зерно на элеватор, тратя при этом средства на транспортировку, подработку, хранение, а при надобности - и на возврат его в колхозный амбар.

Для малых фермерских хозяйств целесообразным является совмещение транспортных и технологических операций. В настоящее время транспортировку зерна на таких предприятиях осуществляют с помощью пневматических перегружателей.

Существует множество конструкций и типоразмеров пневматических перегружателей зерна. Работа перегружателя осуществляется за счет разряжения в пневмосистеме: воздух, засасываемый через заборное устройство, захватывает продукт и транспортирует его в циклон-осадитель. В результате уменьшения скорости потока продукто-воздушной смеси и центробежных сил, возникающих при изменении направления потока, в циклоне происходит отделение продукта, который через шлюзовую затвор выводится и подается в нагнетающий продуктопровод для дальнейшей транспортировки.

Однако современные перегружатели не оснащены оборудованием для предварительной очистки. Так как предварительная очистка необходима, малые хозяйства вынуждены затрачивать средства на очистку зерна, приобретая специальное оборудование или перевозя его на элеваторы. Использование пневмоперегружателя с функцией предварительной очистки зерна значительно экономит расходы на обработку, электроэнергию и в целом упростит процесс подготовки к хранению.

В состав представленной установки входит пневмосепаратор-разгрузитель, обеспечивающий одновременно очистку зерна от вороха и его перегрузку, циклон, очищающий воздух от легких примесей, вентилятор.

За основу конструкции пневмосепаратора-разгрузителя был взят способ сепарации мелкодисперсных частиц, защищенный патентом на изобретение RU 2 397 827 C1. Способ инерционной сепарации мелкодисперсных частиц включает ввод аэродисперсного потока внутрь корпуса в конически сужающемся пространстве, транспортирование аэродисперсного потока в конически сужающихся кольцевых пространствах и вывод фракций по дисперсности при проведении аэродисперсного потока через кольцевые каналы в конически сужающемся кольцевом пространстве.

На кафедре МАПП была создана экспериментальная установка. В ходе испытаний экспериментальной установки были использованы различные конструкции корпусов (конический, цилиндрический) и конических вставок (с постоянным и постепенно уменьшающимся диаметрами). На основании проведенных опытов был определен наиболее оптимальный вариант конструкции разгрузителя, предназначенного для выделения легкой фракции из зерновой массы. Также были определены основные технические параметры:

Расход воздуха: $Q=393 \text{ м}^3/\text{ч}$

Скорость воздуха на входе: $V=13,9 \text{ м/с}$

Сопротивление циклона: $H_{ц}=177$ Па.

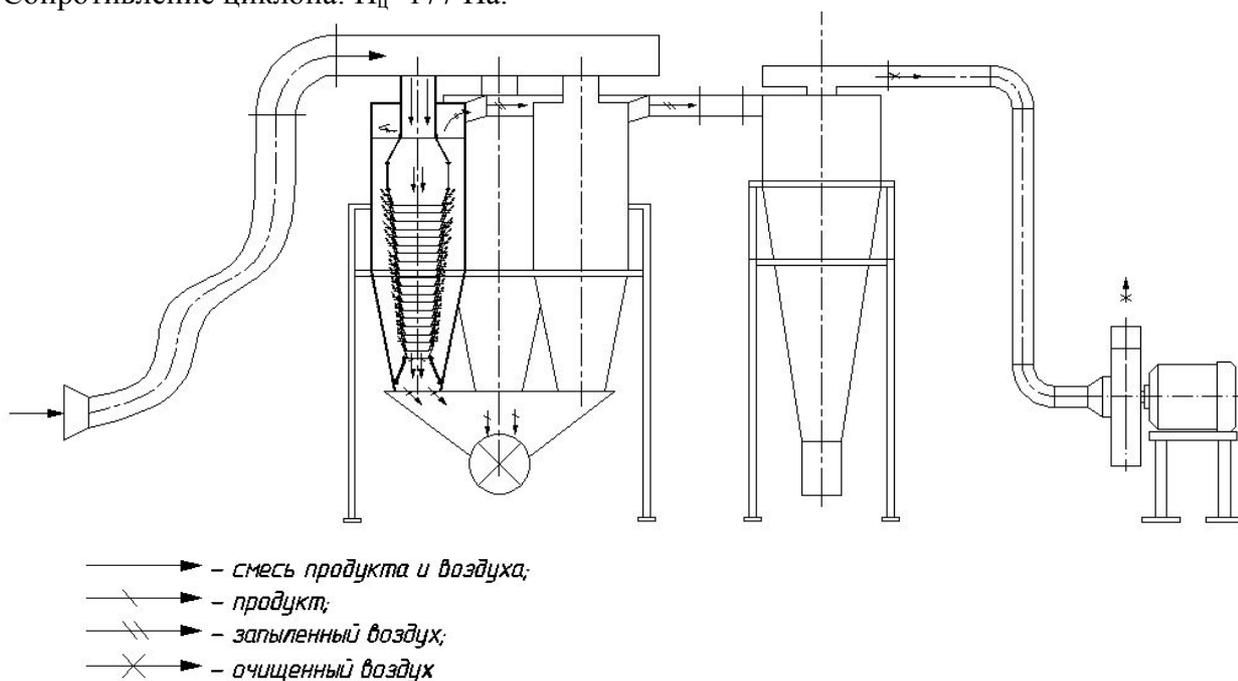


Рисунок 2- Схема комбинированная функциональная

В предлагаемой конструкции процесс осуществляется следующим образом. Из зерновой насыпи через приемное устройство (сопло) и гибкий шланг в потоке движущейся воздушной или газовой среды неочищенное зерно поступает в батарейную установку пневмосепаратора-разгрузителя. Поступив во входной патрубок распределительной коробки батареи пневмосепараторов, зерно попадает в каналы, которые представляют собой набор конусов с постепенно уменьшающимся диаметром, материал взаимодействует с воздушным потоком не только в пространстве между конусами, в результате чего организуется закручивание смеси. Под действием центробежных и гравитационных сил на внутренних стенках конусных элементов образуется движущийся слой с повышенной концентрацией, в пределах которого возникает винтовое движение, совпадающее по направлению с направлением силы тяжести. Происходит периодическое торможение потоков возле конусов при движении аэросмеси вдоль радиуса дисков. Запыленный воздух винтовым движением выходит из зазора между конусами и через патрубок выводится из корпуса, направляясь для последующей очистки в циклон. Очищенная зерновая масса под действием силы тяжести выводится из корпуса пневмосепаратора-разгрузителя, попадая в бункер, откуда через шлюзовой затвор подается на транспорт.

Достоинствами такой установки являются простота конструкции, хорошая работоспособность, долговечность и ремонтпригодность, забор материала из различных средств доставки и труднодоступных мест и выдачу его в различных точках, предварительная очистка, уменьшение энергозатрат, посредством уменьшения сопротивления.

РАЗРАБОТКА МЕЖЦЕХОВОЙ ПНЕВМОТРАНСПОРТНОЙ УСТАНОВКИ НА ЗАО НОВОСИБИРСКОМ МЕЛЬКОМБИНАТЕ №1

Глуховеров А.Е. - студент группы МАПП-61, Тарасов В.П. - к.т.н., профессор кафедры
МАПП, Тарасов А.В. - к.т.н., доцент кафедры МАПП.

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г.Барнаул)

На Новосибирском Мелькомбинате №1 выпускают муку высшего, первого и второго сортов, пшеничные отруби и около 20 видов круп. Общая производительность мельницы, составляет 800 т/сут. В планах предприятия увеличение объема переработки продовольственной пшеницы и расширение географии поставок. С этой целью в настоящее время планируется реконструкция и модернизация существующей технической базы предприятия. В рамках этой реконструкции предлагается изменить вид транспортирования муки из мельницы в склад бестарного хранения с механического на более прогрессивный – пневматический.

На сегодняшний момент транспортирование муки осуществляется механическим транспортом - скребковыми конвейерами и нориями, которое морально и физически устарело. Такой вид транспортирования имеет существенные недостатки:

- уменьшается качество продукции. В связи с длительным нахождением муки в застойных зонах, зарождаются вредители, грибок, плесень, образуются корочки;
- возникает необходимость аспирации. При этом появляются большие капитальные затраты на проектирование, изготовление, монтаж аспирационной установки, а также значительные текущие расходы на обслуживание этой установки, потери материала, загрязнение окружающей среды, существенные тепловые потери;
- существенные габариты, сложность в изменении направления транспортирования;
- требуется большое количество обслуживающего персонала на единицу перемещаемого продукта и на ремонт (много единиц технологического оборудования, в частности 16 конвейеров и 3 нории);
- возникают трудности автоматизации оборудования, в связи с большим его количеством;
- ухудшаются санитарно-гигиенические условия. Через щели просыпается мука, уборка помещений производится периодически;
- существуют потери продукта при транспортировке.

В рамках реконструкции ЗАО Новосибирского Мелькомбината №1 предусматривается применение другого вида транспорта - пневматического, в связи с тем, что его преимущества частично устранят недостатки механического транспорта.

Пневматический транспорт, на ряду с целым рядом преимуществ, имеет существенные недостатки - относительно высокие удельные затраты на перемещение единицы продукции. Для ЗАО Новосибирского Мелькомбината №1 эти показатели для механического транспорта составляют 60 Вт*с/(м*кг), а для пневматического транспорта от 150 до 250 Вт*с/(м*кг).

При обследовании ЗАО Новосибирского Мелькомбината №1 были сформулированы исходные данные для расчета пневмотранспортной установки. Эти исходные данные показывают определенные трудности. Производительность пневмотранспортной установки достаточно высокая - до 8 т/ч, большая протяженность трассы - до 186 м, из них до 28 м - вертикальный участок и большое количество мест разгрузки - до 36 бункеров, загрузка производится из-под бункера, количество отводов - до 6.

Для расчета основных параметров пневмотранспортной установки (расход, давление, диаметр материалопровода), использовались методики изложенные в [1] и в [2]. Результаты предварительных расчетов параметров пневмотранспортной установки представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты предварительных расчетов

Диаметр материалопровода, D	Сопротивление материалопровода, P, кПа		Расход воздуха в установке, Q, м ³ /с		Скорость воздуха в конце материалопровода, V, м/с	
	Методика 1	Методика 2	Методика 1	Методика 2	Методика 1	Методика 2

М						
110	110	105,1	0,141	0,135	14,7	12,9
120	95	93,1	0,158	0,149	13,7	12,0
125	90	87,4	0,164	0,158	13,3	11,6
130	85	82,9	0,172	0,166	13,0	11,3

На основании предварительных расчетов и анализа существующего пневмотранспортного оборудования был предложен следующий состав пневмотранспортной установки:

- питающее устройство: тип - шлюзовый марки RVS/C 35, с производительностью 13,7 т/ч, с полезным объемом 0,038 м³, с частотой вращения ротора питателя 10 об/мин, с диаметром выходного отверстия 0,118 м и с мощностью электродвигателя 1,1 кВт;

- воздуходувная машина: тип - роторная марки DT 50/72 DN 80, с расходом 0,188 м³/с, с рабочим давлением 100 кПа, с частотой вращения электродвигателя 2950 об/мин и с мощностью электродвигателя 30 кВт;

- переключатель аэросмеси марки VAR 125, с рабочим давлением 350 кПа с диаметром материалопровода 0,125 м;

- разгрузитель марки У2-БЦР -17, с производительностью 780 м³/ч;

- шлюзовой затвор марки ШУ-15 с производительностью 12 т/ч и частотой вращения 50 об/мин;

Устройство для распределения по силосам:

- самотечный распределитель марки У2-ДРМ-9 с установленной мощностью 0,25 кВт.

Таким образом разработана система ПТУ, которая будет подавать муку в склад готовой продукции с производительностью 8 т/ч, с выбранным шлюзовым питателем RVS по трубе диаметром 125 мм с 6-ю отводами. В качестве источника сжатого воздуха будет использоваться воздуходувная машина марки DT 50/72 DN 80. Для разгрузки будет использоваться разгрузитель марки БЦР с шлюзовым затвором ШУ-15. Для распределения по бункерам будет использоваться самотечный распределитель марки У2 ДРМ-9.

Список литературы:

1. Малис А. Я., Касторных М.Г. «Пневматический транспорт для сыпучих материалов. - М.: Агропромиздат, 1985. - 344 с., ил.

2. Коцюба В.П., Тарасов В.П., Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка пневмотранспортной установки муки потоком высокой концентрации производительностью 10 т/ч», № ГР 01860098832, Барнаул 1990 г.

АНАЛИЗ РАБОТЫ ДВУХКАМЕРНОГО ПИТАТЕЛЯ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ НАБОРОМ ДАВЛЕНИЯ

Дурнева Д.М.- студентка, Тарасов В.П.-к.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

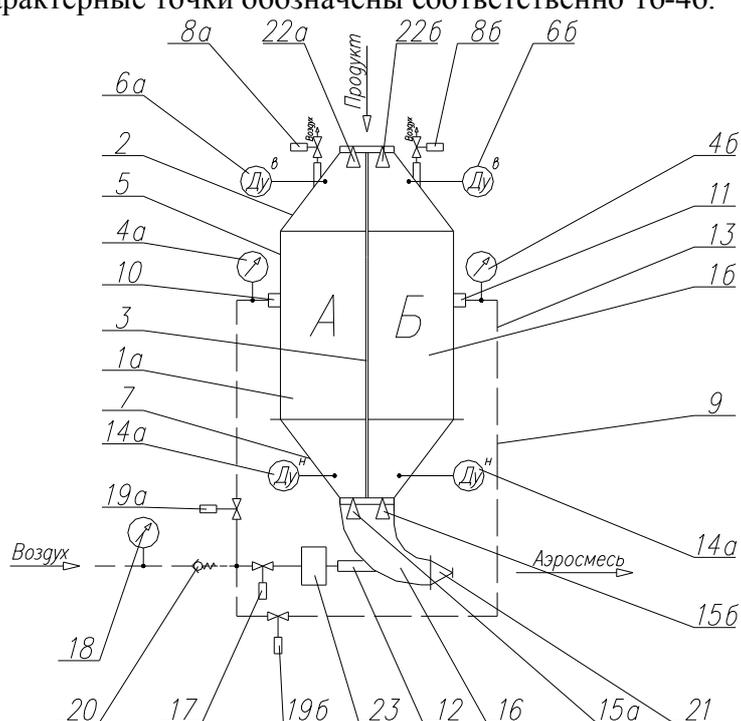
Двухкамерные питатели широко применяются при транспортировании гранулированных и порошковых материалов на большие расстояния. Они позволяют перемещать материалы при малых скоростях воздуха, а значит и с небольшими затратами энергии. Однако, несмотря на наличие двух камер, полностью обеспечить непрерывность процесса не удастся из-за наличия вспомогательных операций (срабатывание датчиков, открытие и закрытие клапанов, задвижек, сброс избыточного давления и др.). Это приводит не только к росту продолжительности цикла (а значит и уменьшению производительности), но и к увеличению энергозатрат. Последнее связано, главным образом, с тем, что начальные и конечные периоды работы каждой камеры (переходные процессы) осуществляются далеко не при рациональных режимах. При этом, чем меньше размеры камер и большая протяженность материалопровода, тем большая доля времени в цикле будет приходиться на эти переходные периоды.

Ниже предпринимается попытка проанализировать работу двухкамерного питателя и выявить резервы в увеличении производительности и снижении затрат энергии. Для этого работа двухкамерного питателя (рисунок 1) представлена в виде циклограммы (рисунок 2). При этом анализируются изменение производительности в начале и конце материалопровода, давление в камерах питателя, масса материала в каждой из камер, производительность компрессора и давление в начале материалопровода, расход воздуха в нем. Камеры обозначены А и Б.

Процесс начинается с открытия клапана 22а (рисунок 1) и загрузки камеры А. В исходном состоянии клапан 8а открыт для обеспечения выпуска воздуха из камеры А при ее загрузки материалом. На циклограмме (рисунок 2) процесс загрузки камеры А отражается линией 1а-4а изменения в ней массы материала. Переходные участки диаграммы 1а-2а и 3а-4а соответствуют процессам, соответственно, открытия и закрытия клапана 22а (рисунок 1) впускного устройства. Общее время заполнения камеры А, $T_{\text{зап}}$ (рисунок 2), будет складываться из трех периодов: времени T_1 , когда подача увеличивается, вследствие открытия загрузочного клапана, времени равномерного заполнения T_2 и времени T_3 , когда подача материала в камеру уменьшается, по причине закрытия впускного клапана 22а. Сигнал на закрытие впускного клапана 22а поступает от датчика верхнего уровня камеры А (ДВУа), точка 6а, после чего закрывается клапан 8а и открывается клапан 19а, включается компрессор или открывается клапан, соединяющий камеры питателя с воздушной магистралью. Воздух подается в камеру А, давление в которой возрастает, что отражается на диаграмме давления воздуха в камере А участком 7а-9а.

Периоды времени закрытия и открытия клапанов, как правило, небольшие и не оказывают существенного влияния на общую продолжительность цикла. После включения компрессора (точка 7а на диаграммах производительности компрессора) подача воздуха в камеру А (производительность компрессора) сначала возрастает до некоторой величины вследствие разгона рабочего органа (время разгона T_5 до точки 8), а затем начинает уменьшаться (по причине снижения производительности компрессора с увеличением давления). Давление воздуха в камере А возрастает (точка 9а), а после срабатывания электроконтактного манометра 4а (рисунок 1) и подачи команды на открытие клапана 17, соединяющего компрессор со смесительной камерой 16, несколько уменьшается.

После полного закрытия клапана 22а возможна загрузка камеры Б. Процесс ее загрузки идет аналогично, характерные точки обозначены соответственно 16-4б.



1а, 1б - камеры питателя; 2- крышка; 3- межкамерная перегородка; 4а, 4б - манометры; 5- цилиндрический корпус; 6а, 6б, 14а, 14б - датчики уровня; 7- коническое днище; 8а, 8б- предохранительные клапаны; 9-воздухопроводы; 10, 11- патрубки для подачи воздуха в камеры; 12- патрубок для подачи сжатого воздуха в смесительную камеру; 13- воздухопроводы; 15а, 15б-выпускные клапаны; 16-смесительная камера; 17- клапан смесительной камеры; 18- манометр; 19а, 19б-клапаны подачи воздуха в камеры; 20-обратный клапан; 21- материалопровод; 22а, 22б - загрузочные клапана; 23-пневмоимпульсный генератор.

Рисунок 1- Двухкамерный питатель

Моменты открытия клапана 17 (рисунок 1), а затем 15а и поступления материала в смесительную камеру 16 и далее в материалопровод 21 отражены на диаграммах расхода воздуха в материалопроводе и давления в его начале, массы материала в камере А соответственно точками 10 и 13 (рисунок 2). Масса материала в камере А начинает уменьшаться сначала по мере открытия клапана 15а (рисунок 1) с увеличивающимся расходом точки 5а-6а (рисунок 2), а затем начиная с точки 6а расход материала (производительность) стабилизируется. Давление воздуха в камере А сначала упадет в следствие открытия клапана 15а (рисунок 1) и соединения камеры с материалопроводом, а затем по мере заполнения материалопровода оно начнет увеличиваться. Давление воздуха в материалопроводе сначала медленно (по мере открытия клапана 17) увеличиваться (точки 10-13, рисунок 2), затем градиент давления увеличится, вследствие открытия клапана 15а (рисунок 1) и поступления материала в трубопровод точки 13-14 (рисунок 2). По мере продвижения материала по материалопроводу и его заполнения аэросмесью давление в нем будет возрастать (точки 13-14-15) пока не достигнет своей максимальной величины (точка 15). Дальнейшее изменение давления - уменьшение, точки 15-16, связано с опорожнением материалопровода от избыточного количества материала, поступившего в начальный период времени после открытия клапана 15а (рисунок 1). Расход материала в начале материалопровода (производительность) сначала возрастает (точки 13-20, рисунок 2), а затем стабилизируется (точки 20-23). Время запаздывания поступления материала в конец материалопровода зависит от скорости движения материала и протяженности трассы, поэтому диаграмма производительности в конце материалопровода несколько смещена во времени на T_{10} . При этом, вследствие возможного «растяжения» или «сжатия» аэросмеси характер диаграммы производительности в конце материалопровода может несколько отличаться от диаграммы производительности в начале материалопровода.

Давление воздуха в камере А в начальный период транспортирования может изменяться по разным «сценариям» в зависимости от соотношения производительности компрессора и расхода воздуха в материалопроводе, а так же объема камеры, длины материалопровода, режима движения аэросмеси и некоторых других параметров. После истечения (с момента поступления материала в трубопровод) какого- то времени режим движения установится, параметры, характеризующие процесс, стабилизируются, что будет соответствовать точкам 16, 17а, 18, 19, 20 соответственно на диаграммах давления в начале материалопровода и давления в камере А, расхода воздуха в материалопроводе, производительности компрессора, производительности материала в начале и конце материалопровода.

При равномерном истечении из камеры А, до достижения материала датчика нижнего уровня процесс будет идти относительно стабильно, а его параметры будут постоянны. Этому соответствует период T_{11} - время равномерного движения аэросмеси.

После достижения материала в камере датчика нижнего уровня подается команда на закрытие клапана 15а (рисунок 1), по мере которого производительность в начале материалопровода снижается до нуля (точки 23-27а на диаграмме производительности, рисунок 2), после чего подается команда на закрытие клапана 19а (рисунок 1), открытие клапана 19б и 8а. Давление в камере А сбрасывается до нуля (участок на диаграмме давления в камере А 22а-26а, рисунок 2) и камера А подготавливается к следующему циклу работы- загрузки ее материалом.

Давление в материалопроводе после закрытия клапана 15а (рисунок 1) по мере опорожнения материалопровода опускается, расход воздуха в материалопроводе сначала возрастает по причине снижения в нем давления вследствие опорожнения и поступления дополнительного воздуха из камеры А через клапан 19а. После полного опорожнения материалопровода, открытия клапана 19б, закрытия клапана 19а и 17 давление в материалопроводе становится равным атмосферному.

Процессы, происходящие после опорожнения камеры А и выпуска из нее сжатого воздуха, происходят аналогичным образом с той лишь разницей, что камера А начинает заполняться, а камера Б - опорожняться. Следует так же заметить, что на самом деле процессы еще сложнее, здесь не учтены возмущения более низкого порядка. Однако, анализ полученной диаграммы свидетельствует, что имеет достаточно большой резерв во времени, T_p , когда производительность ниже номинальной или вовсе равна нулю. Это связано с опорожением материалопровода (при большой протяженности трассы это время может составлять несколько минут), набором давления в камере (может быть тоже достаточно большим при значительном объеме камеры, небольшой производительности компрессора) и срабатыванием исполнительных механизмов рабочих органов (клапанов, задвижек, вентилях). Последнее время может составлять тоже значимую величину при небольшом их быстродействии. Кроме того, опорожнение материалопровода осуществляется далеко не в рациональных режимах транспортирования (при больших, чем необходимо, скоростях воздуха). Вследствие последнего, удельные энергозатраты на транспортирование в эти периоды становятся значительно больше. Следует также учесть нерациональный сброс сжатого воздуха из отработавшей камеры после полного ее опорожнения.

Таким образом, для повышения производительности двухкамерного питателя, снижения удельных энергозатрат на транспортирование необходимо свести к минимуму (или избавиться вообще) от периодов опорожнения материалопровода и подготовки второй камеры к загрузке, а также найти возможность каким-то образом использовать сжатый воздух, находящийся в камере после ее опорожнения.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ОСНОВНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОАО «БАРНАУЛЬСКИЙ ПИВОВАРЕННЫЙ ЗАВОД»

Кравченко М.С. - студентка, Глебов А.А.- к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

ОАО «Барнаульский пивоваренный завод» одно из крупнейших предприятий Алтайского края. Оно выпускает 25 сортов пива, питьевую газированную и негазированную воду, а также квас. Объем производства составляет 10 млн. дал пива в год. Как и на многих крупных предприятиях, на ОАО «БПЗ» остро стоит вопрос о переработке отходов. Количество пивной дробины (одного из основных побочных продуктов производства пива) составляет около 22 тыс. т в год, отработанных пивных дрожжей – около 1700 т в год. Сроки хранения сырой дробины составляют не более 48 часов (сухой переработанной дробины - не менее полугода), это вынуждает предприятие быстро реализовывать ее на рынке по низкой цене. Отработанные дрожжи смывают в канализацию, что тоже невыгодно для предприятия и влечет большие затраты.

Необходимость переработки пивных дрожжей и солодовой дробины обусловлена огромной пищевой ценностью данных продуктов. Переработанная дробина и дрожжи в несколько раз увеличатся в цене при продаже. Солодовая дробина содержит достаточно большую долю перевариваемого протеина: 4 % от общей массы в свежей (не переработанной) дробине и 17% в высушенной, а также важнейшие микроэлементы (фосфор, кальций, магний, медь, железо), жирные кислоты и витамины Е и F. Она позволяет значительно повысить кормовую ценность комбикормов: включение дробины в рацион КРС и свиней снижает себестоимость привеса поголовья до 9%. Дрожжи содержат высококачественный белок, углеводы, богаты витаминами группы В, холин, тиамин (В1), В2, пантотеновая кислота (В3), пиридоксин (В6), фолиевая кислота, D2. Пивные дрожжи являются более богатым источником белков, чем мясо. Дрожжи содержат в достаточном количестве 17 основных аминокислот, из которых организм создает свой белок. Сухие пивные дрожжи используются при изготовлении комбикормов, как для КРС, так и для птицы. Добавка в их ежедневный кормовой рацион от 5 до 50 грамм сухих пивных дрожжей гарантирует стабильный и быстрый прирост веса. Достоверно установлено, что применение дрожжей в оптимальных дозах позволяет дополнительно получить 0,6-0,9 т свинины, 1,6-2,1 т мяса птицы или 26-31 тыс. штук яиц на каждую скормленную тонну белкового продукта.

Таким образом, целью работы является повышение рентабельности пивоваренного производства путем внедрения линии переработки пивных дрожжей и дробины.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- а) проанализирован технологический процесс реконструируемого предприятия;
- б) предложены мероприятия направленные на решение проблемы утилизации отходов с целью повышения рентабельности предприятия;
- в) разработаны предложения по конструктивному оформлению и внедрению новых линий;
- г) выполнен ТЭО и составлен бизнес-план модернизируемого предприятия.

При выполнении поставленных задач завод выйдет на новый уровень производства, при котором повысится его рентабельность, а, следовательно, и конкурентоспособность.

Как показал анализ литературных источников, существует два основных метода переработки дробины и дрожжей:

1. Сушка.
2. Консервирование.

С экономической точки зрения, производство сухих кормопродуктов имеет высокую рентабельность. Сухая пивная дробина стойка при хранении и транспортабельна.

Кормовые достоинства дробины в сыром (исходном) и сухом (переработанном) виде представлены в таблице 1.

Таблица 1. Кормовые достоинства пивной дробины (в 1 кг).

Показатель	Сырая	Сухая
Кормовые единицы, ед.	0,21	0,75
Обменная энергия (КРС), МДж	2,35	8,67
Обменная энергия (свиньи), МДж	2,04	7,61
Обменная энергия (овцы), МДж	2,35	8,67
Переваримый протеин (КРС), гр.	42	169
Перевариваемый протеин (свиньи), гр.	40	160
Перевариваемый протеин (овцы), гр.	42	169

Метод консервирования пивной дробины мало приемлем в производственных масштабах из-за необходимости задействования огромных производственных площадей и большой трудоемкости процесса. Поэтому был выбран более оптимальный метод переработки – сушка.

Как показал анализ, существующие технологии сушки дробины и дрожжей представляют собой две отдельные технологические линии. Для уменьшения затрат на оборудование и транспортные линии было решено совместить две линии в одну. Размещать линию переработки отходов планируется в неиспользуемом помещении материального склада, находящегося рядом с помещениями основного производства.

Таким образом, внедряемая линия по переработке дробины и дрожжей будет состоять из следующего оборудования:

1. Прессо – шнековый сепаратор;
2. декантер;
3. вертикальный шнековый смеситель;
4. сушильная установка;
5. пресс-гранулятор;
6. упаковочная универсальная машина;
7. транспортирующее оборудование.

Принцип действия предложенной линии следующий. Сырая дробина выводится шнековым транспортером в оперативную емкость, далее самотеком поступает в прессо-шнековый сепаратор, где происходит отделение твердой фракции от жидкой. На выходе твердая фракция имеет влажность 50%. Отжатая дробина вертикальным винтовым шнеком поднимается на этаж выше и поступает в вертикальный шнековый смеситель, где смешивается с подготовленными дрожжами. Подготовка дрожжей происходит в декантере, где отделяют остатки пива. После смешивания продукт поступает в сушильную установку, там происходит сушка с влажности 50% до влажности 10%. Высушенный продукт поступает в пресс-гранулятор, далее в колонку охлаждения, где охлаждается до температуры 15⁰С. Потом поступает на упаковочную машину, где расфасовывается в пакеты по 1,5-5 кг. Далее ленточным транспортером готовый продукт перемещается на склад для хранения.

Внедрение указанной линии переработки отходов позволит существенно повысить рентабельность основного производства за счет сбыта новой продукции, широко используемой в животноводстве.

ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА ФОТОСЕПАРАТОРА

Лазарев В.С. – студент, Лямкин Е.С. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время существует множество разновидностей разделяющего (сепарирующего оборудования). Таковым является фотосепаратор. Он привлекателен тем, что имеет высокую эффективность очистки, она может достигать 99,98%, универсальность, т.е. такие сепараторы применяют для разделения любого зернового сырья. Он особенно эффективен при разделении семян подсолнечника.

Одним из сдерживающих факторов, который препятствует распространению сепаратора на производстве, является отсутствие системы коммуникаций, то есть для его работы необходимо дополнительное оборудование, которое не предусмотрено в базовой комплектации. Более того это оборудование необходимо разрабатывать и устанавливать самой эксплуатирующей организацией. Исходя из принципа работы сепаратора, разделение частиц происходит в двух его отделениях - основном и контрольном. После прохождения основного отделения, разделённый продукт должен поступать в контрольное отделение, а так как транспортный механизм, осуществляющий это перемещение продукта в сепараторе, не предусмотрен, то возникает необходимость в его разработке.

В настоящее время подвод продукта в сепаратор осуществляется в основном механическим транспортом, чаще всего это нория или шнековый конвейер, а как известно эти виды транспорта имеют ряд серьёзных недостатков. Вот одни из основных проблем которые возникают при использовании механического транспорта:

- выделяется пыль - отсюда следует, что нужна система аспирации конвейера, а это в свою очередь приводит к дополнительным затратам;
- в виду того, что механический транспорт имеет большие габариты, возникает проблема его размещения.
- при транспортировке механическим транспортом происходит травмирование продукта.

Существует ещё один вид транспорта, который менее распространён из-за сложности его расчёта и относительно больших затрат энергии на транспортирование - это пневмотранспорт.

Пневмотранспорт по сравнению с механическим транспортом имеет ряд преимуществ:

- капитальные затраты на сооружение пневмотранспортных установок меньше затрат на механические транспортные средства.
- затраты на текущий и капитальный ремонт установок пневмотранспорта меньше, чем на ремонт механических транспортных средств.
- лёгкость автоблокировки и автоматизации, дистанционного управления.
- отсутствует необходимость в аспирации.
- большой межремонтный цикл.

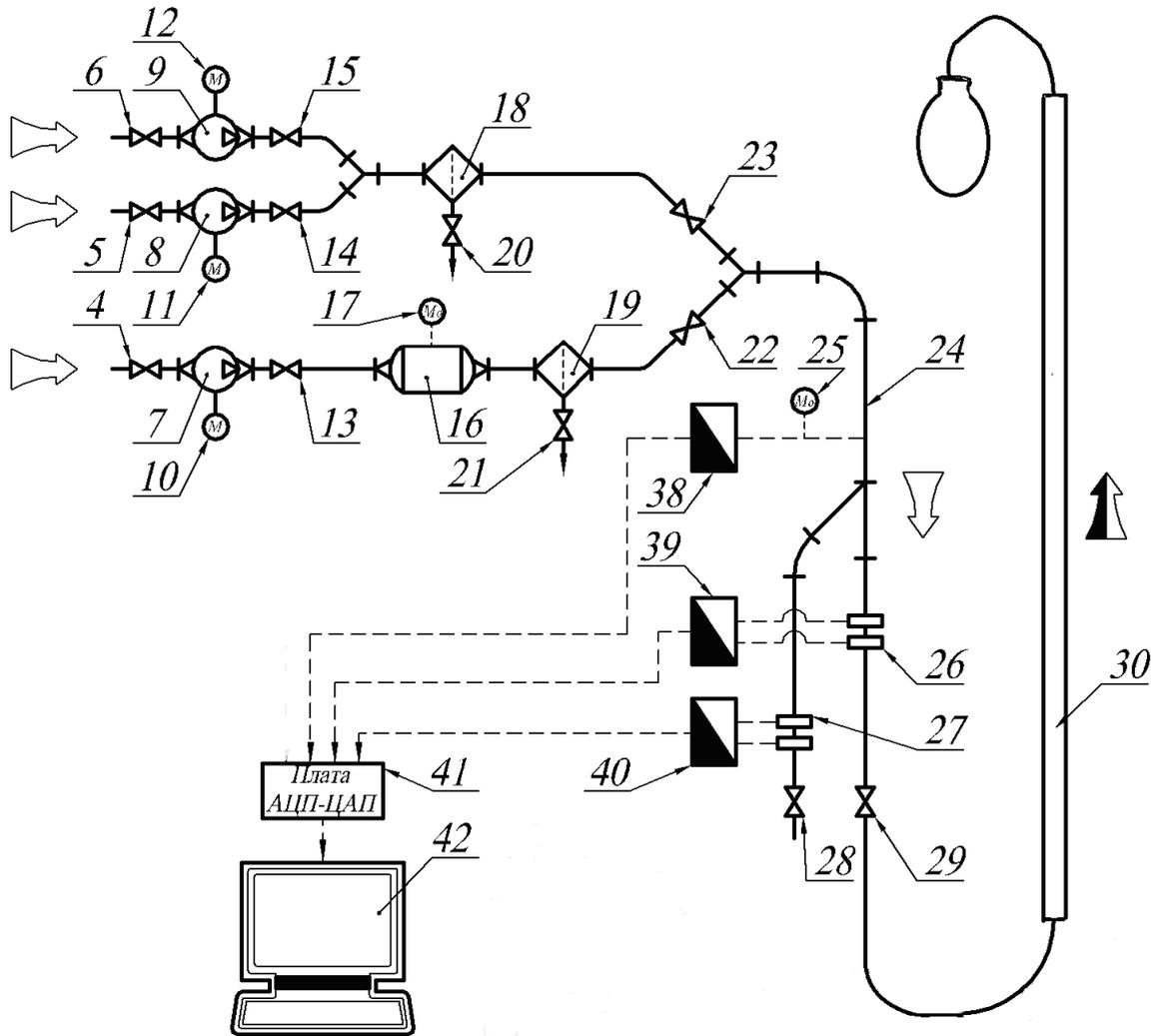
При этом нагнетающие подъёмно - транспортные установки имеют ряд преимуществ перед всасывающими установками. Они могут работать при малых расходах воздуха, а это ведёт к малым затратам электроэнергии, уменьшению диаметра материалопроводов, меньшим выбросам загрязнённого выброса.

Ряд разработчиков предлагают транспортную систему фотосепаратора на основе всасывающей подъёмно - транспортной установки, которая имеет ряд недостатков.

- в качестве разгрузителя они используют осадочные камеры, которые имеют низкий коэффициент очистки.
- низкая эффективность работы из-за применения материалопроводов одинакового диаметра т.е. при разной производительности основного и контрольного отделений сепаратора будет разная концентрация продукта в материалопроводе, соответственно разный расход и диаметры материалопроводов.
- одна степень очистки воздуха, хотя нашей стране требуется двух ступенчатая очистка воздуха.

- эстетический вид.

В результате предварительных расчётов показатели нагнетающей подъемно - транспортной установки значительно превысили характеристики всасывающей. При этом транспортировать материал было решено с большой концентрацией материала и малым расходом воздуха. На данный момент времени отсутствуют расчетные методики, позволяющие рассчитать установку с такими параметрами, поэтому необходимо подтвердить результаты расчётов экспериментально. Схема стенда приведена на рисунке 1.



⇨ – воздух; ⇨ – аэросмесь; ⇨ – очищенный воздух

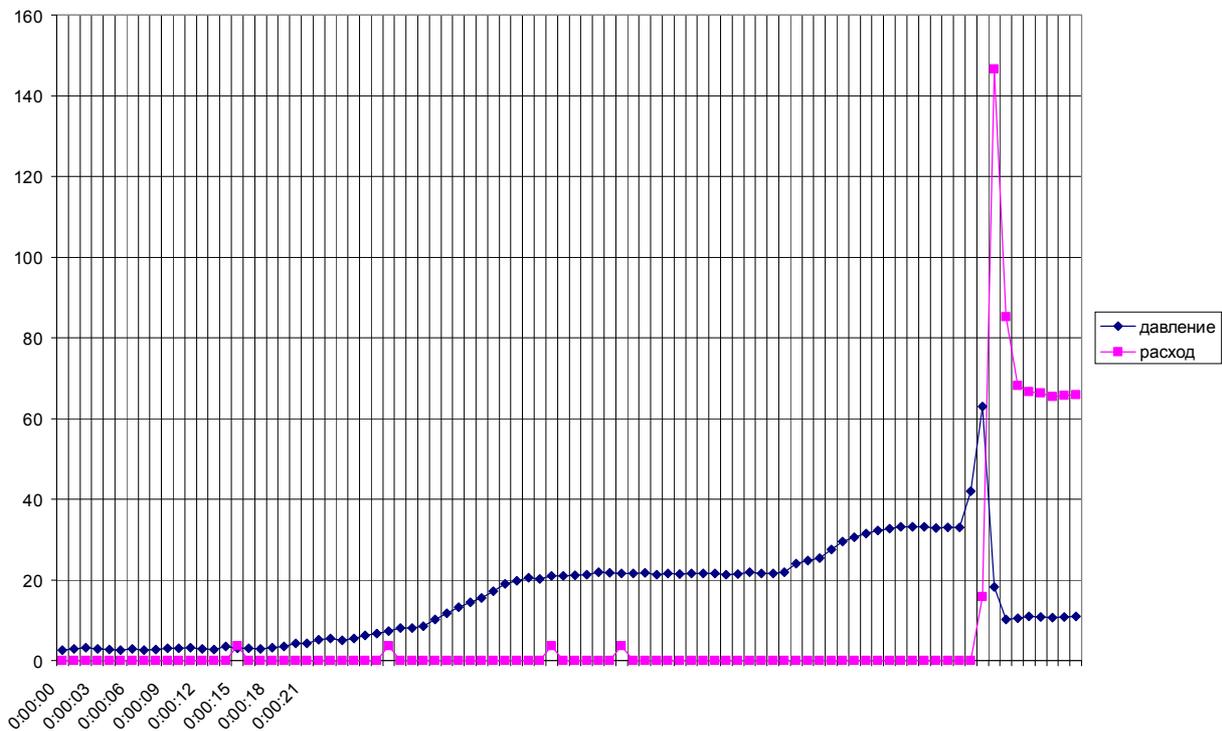
10, 11, 12 – привод; 4, 5, 6, 13, 14, 15, 20, 21, 22, 23, 28, 29 – вентиль; 7, 8, 9 – компрессор; 16 – ресивер; 17, 25 – манометр; 18, 19 – влагомаслоотделитель; 24 – воздуховод; 26, 27 – диафрагма; 30 – материалопровод; 38 – преобразователь давления; 39, 40 – преобразователь перепада давления; 41 – аналогово-цифровой преобразователь АЦП-ЦАП; 42 – персональный компьютер

Рисунок 1– Схема экспериментального стенда

Испытания проводились на зерне пшеницы.

Был проведен ряд испытаний, при разных высотах столба слоя пшеницы. Материал засыпали в прозрачную трубу на разные высоты, предварительно открыв вентили 28 и 29, затем включив компрессор, начали закрывать вентиль 28, тем самым увеличивая давление в системе. Закрывали вентиль до тех пор, пока материал, находящаяся в трубе в виде пробки, не перейдет в состояние псевдооживления. Вентиль закрывали, и материал перемещался из стеклянной трубы в сборник. В это время все параметры фиксировались на компьютере.

Характерная диаграмма изменения параметров в течении опытов приведена на рисунке 2.



Опираясь на результаты экспериментов можно установить зависимость между высотой насыпи и потерями давления. График зависимости приведён на рисунке 3

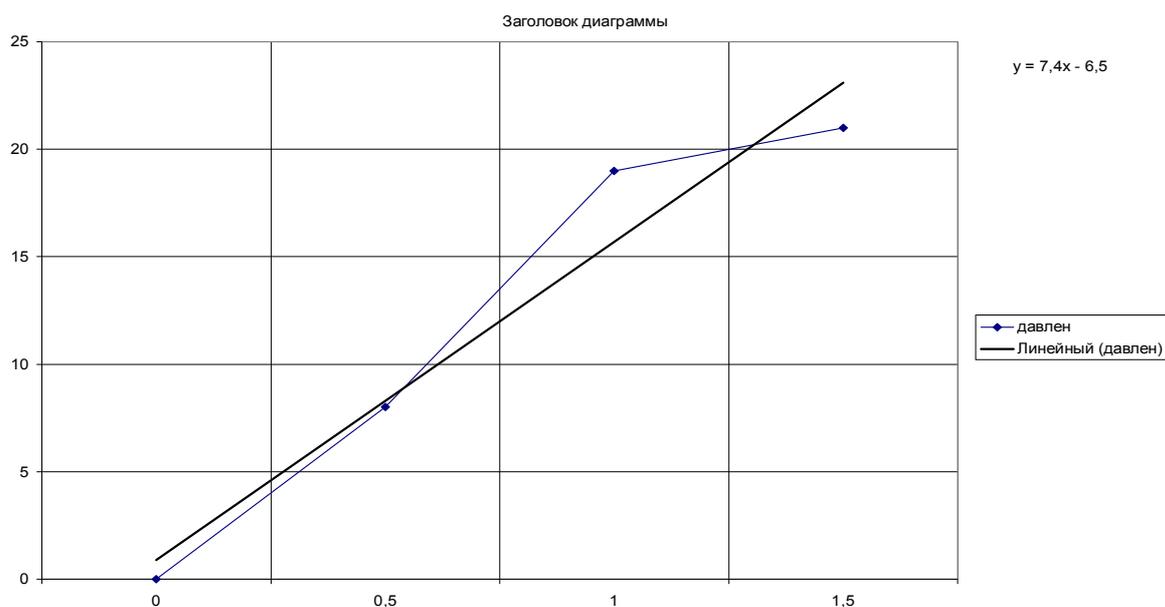


Рисунок 3 – График зависимости высоты перемещаемого продукта, от сопротивления материала.

Аппроксимация полученных данных, позволила получить уравнение зависимости сопротивления перемещению продукта от высоты насыпи материала. $P = 7,4 \cdot h - 6,5$, где

P – это сопротивление, h - высота насыпи материала.

Используя результаты экспериментов было выбрано основное пневмотранспортное оборудование.

Разрабатываемая установка в сравнении с существующими имеет большое количество преимуществ:

- низкий расход воздуха и как следствие низкие энергозатраты.
- компактность транспортного оборудования.
- меньший объём выбросов воздуха в атмосферу.
- низкая металлоемкость.
- использование циклонов, в качестве разгрузителей, в отличие от осадочных камер с низкой степенью очистки и пылением.

Результаты выполненной работы могут быть использованы при разработке транспортных систем фотосепаратора, а также аналогичных транспортных процессов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ПЫЛЕОТДЕЛИТЕЛЬ

Медведева О.И. студентка гр. МАПП-61,
Злочевский В.Л. руководитель д.т.н., профессор каф. МАПП
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г.Барнаул)

Для уменьшения загрязнённости воздуха, улавливания ценного продукта и снижения пожаровзрывобезопасности на производствах проводят промышленную очистку воздуха от взвешенных в нём частиц муки, мучной и зерновой пыли.

Степень очистки в центробежных пылеуловителях зависит не только от размеров отделяемых частиц, скорости потока, но и от конфигурации основных элементов и соотношения геометрических размеров циклона. Циклоны всех видов отличаются простотой конфигурации, обеспечивают степень очистки воздуха до 90%. Они характеризуются невысокой степенью улавливания частиц размером от 20 мкм и ниже (70-90 %).

В данное время существующие пылеотделители не справляются с поставленной им задачей очистки воздуха. По данной проблеме постоянно ведутся новые разработки. Одним из вариантов решения может служить дипломный проект. Поэтому целью проекта, является повышение эффективности очистки пылеотделителя и использование его в агропромышленном комплексе.

На кафедре МАПП под руководством д.т.н., профессора Злочевского В.Л. был разработан п/о, предназначенный для выделения из аэроаэрозоли, пыли, во всасывающих установках.

Для проведения испытаний была разработана схема экспериментальной установки п/о. Эксперимент проводился на установке п/о с различными концентрациями и входными скоростями аэродисперсного потока в п/о .

Установка включает в себя п/о с винтовой вставкой, в который по материалопроводу подается поток. Выделенные в п/о фракции поступают в контейнер, а очищенный воздух по воздухопроводу отсасывается вентилятором и выбрасывается в атмосферу. Скорость воздуха в сети регулируется частотным преобразователем, регулирующим скорость вращения колеса вентилятора. Обработка результатов эксперимента была сделана по методу наименьших квадратов.

В результате проведенных опытов был сделан следующий вывод:

наиболее эффективное отделение твердой фракции муки из аэродисперсного потока наблюдается на установке при входной скорости 18.2 м/с и концентрации 43,2 г/м³ (99,7%).

При скорости меньше этого значения или превышающей ее наблюдалось снижение эффективности отделения.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МУКОМОЛЬНОЙ ОТРАСЛИ В РОССИИ

Пантина И. С. – студент, Васильева Г. А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Производство зерна и его переработка с древнейших времен занимают важное место в жизни людей. Зерно — естественный источник крахмала, белка, витаминов и других биологически ценных веществ, которые играют незаменимую роль в питании человека. С зерном и продуктами его переработки связано понятие продовольственной безопасности страны. Поэтому стабильное развитие предприятий мукомольной отрасли крайне важно для государства.

В настоящий момент мукомольная отрасль России уже не первый год пребывает в состоянии губительного переизбытка производственных мощностей. За последние 15 лет число мельниц в России возросло до 3500. Соотношение крупных предприятий к мелким 1:6(7). При этом загруженность мощностей крупных мельниц находится на уровне 70%, что, безусловно, влияет на их рентабельность. Существующее положение объясняется неконтролируе-

мым строительством большого количества малых по производительности мельниц. Они имеют небольшую мощность – от 6-7 до 20-25 т/сутки. По мнению специалистов, чтобы не нести убытки, нужно производить минимум 50-60 т в сутки [3].

Сегодня некоторые эксперты предлагают осуществить ликвидацию до 50% российских мельниц, что является не эффективным в экономическом и социальном плане. Так как подобные действия чреваты увольнением более 100 тыс. квалифицированных специалистов [5].

Очевидно, что вместо сокращения производства муки разумнее было бы продавать ее излишки на экспорт. Тем более что мировой спрос на муку превышает 12 млн. т в год. К тому же выгода мукомолов налицо: за рубежом нашу пшеницу покупают по 160-180 долл. за тонну, а мука идет по 340 долларов [1].

Для сбыта российской муки перспективны рынки стран СНГ. Эти страны имеют сходные с Россией стандарты на зерно и продукты его переработки, культуру питания, а одинаковая ширина железнодорожной колеи упрощает грузоперевозки. Также страны СНГ (за исключением Казахстана и Украины) практически не производят пшеницу для продовольственных целей и имеют слаборазвитую мукомольную отрасль. Не менее перспективными для экспорта муки являются государства, сопредельные со странами СНГ. Экспорт муки приведет к положительным социальным и экономическим последствиям. В первую очередь ослабится внутренняя конкуренция в мукомольной отрасли и возрастет коэффициент использования мукомольных мощностей с 0,4 в настоящее время до 0,6. Такой коэффициент загрузки позволит восстановить работу ряда крупных мукомольных предприятий. Увеличение коэффициента загрузки мощностей до 0,6 позволит предоставить более 11 тыс. рабочих мест [2].

Хотя в последние годы объем экспорта российской муки начал увеличиваться, по данным таможенной статистики в 2008/2009 с/х годах он составил 312 тыс. тонн (рисунок 1), но эти объемы экспорта не являются достаточными для России. Производительные мощности отечественных мукомольных предприятий и ресурсы зерна в настоящее время позволяют увеличить объемы экспорта муки до 3 млн. т в год. На данный момент в структуре стран — экспортеров муки Российская Федерация занимает 5-е место (рисунок 2). В то время как Казахстан занимает первое место в мире и продает в другие страны 2 млн. т переработанного зерна в год. На втором месте находится Турция, которая продает один млн. т муки в год (рисунок 3). Две эти страны активно теснят российских мукомолов даже в тех регионах, где традиционно закупали только наш товар. Например, Казахстан практически вытеснили отечественную муку из Азербайджана и Афганистана, а Турция заняла грузинский рынок. Из крупных покупателей у нас остались лишь Монголия и Туркменистан. Но эти страны закупают не более 100 тыс. т муки в год [1].

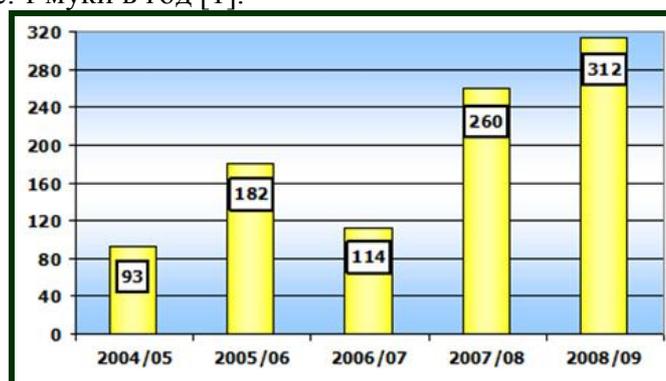


Рисунок 1 - Экспорт пшеничной муки за сопоставимые периоды (август-март) 2004/05-2008/09 с/х гг., тыс. т.

Основная причина того что другие страны предпочитают муку из Турции и Казахстана - низкое качество российского зерна, идущего на переработку. Проблема в том, что, несмотря на рекордные урожаи, качественного сырья для муки в стране не хватает. Если в урожае 1988 г. продовольственная пшеница составляла по РСФСР более 85 % (данные Государственной хлебной инспекции (ГХИ) СССР и Всесоюзный научно-исследовательский институт зерна

(ВНИИЗ), то в середине 90-х (1995-1996 гг.) – не более 75 %, в 2004 г. – 70% (данные ГХИ РФ), а в 2008 г. – уже менее 60 % (данные Федеральное государственное учреждение «Центр оценки качества зерна»). В настоящее время практически отсутствует производство сильной пшеницы (даже из стандарта ГОСТ Р 52554-2006 удален высший класс), остается несколько процентов ценной, в то время как в 80-е годы более 50 % посевов составляли сорта сильной и ценной по качеству пшеницы. По данным журнала «Аграрный вестник Юго-востока» в последние годы снижены требования к пшеничной муке. В России утвержден ГОСТ Р 52189-2003, объединивший ранее действовавшие ГОСТ и ТУ на пшеничную муку и предусматривающий выпуск муки сортовой и типовой с содержанием клейковины не менее 23 %. Соответственно считавшаяся ранее слабой пшеница теперь является стандартизированным сырьем для производства муки, но мука имеет наименование не хлебопекарная, а общего назначения.[4] Известно, что для хлебопекарной муки необходима пшеница 3-го класса, а на нее приходится только четверть собранного зерна. Это всего лишь 18 млн. т пшеницы, причем лучшие 7 млн. из них уходят на семена, а еще 1,5-2 млн. отправляют на экспорт и 1 млн. т — на промышленную переработку. Таким образом, для производства муки осталось 8—8,5 млн. т при потребности мукомолья 19,6 млн. т. Недостаток 11 млн. т пшеницы 3-го класса компенсируется пшеницей 4-го, а частично и 5-го класса. Неудивительно, что такая продукция не пользуется спросом за границей. [1]

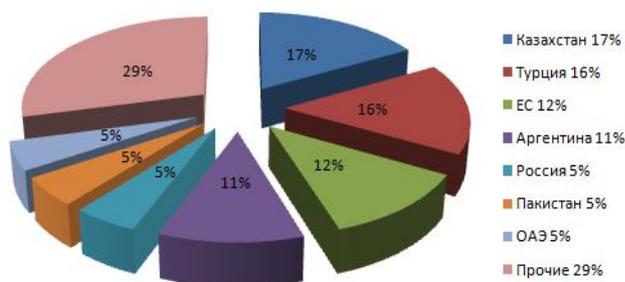


Рисунок 2 - Структура мирового экспорта пшеничной муки в с/х сезоне 2008/09 г.

Чтобы увеличить объем экспорта муки отечественным мукомолам необходимо не только улучшить качество, но и расширить ассортимент продукции, например, высокобелковая мука, именно она пользуется наибольшим спросом у иностранных потребителей, а также – мучные смеси. Они представляют с собой смесь муки пшеничной, ржаной, крупяных культур и различных компонентов для приготовления хлебобулочных и кондитерских изделий. Еще одно направление – фортификация муки. Обогащение муки микроэлементами - это возвращение в ее состав витаминов и микроэлементов, утерянных в процессе переработки зерна. В состав большинства премиксов входят в основном естественные компоненты зерна, а не посторонние и чужеродные вещества [2].

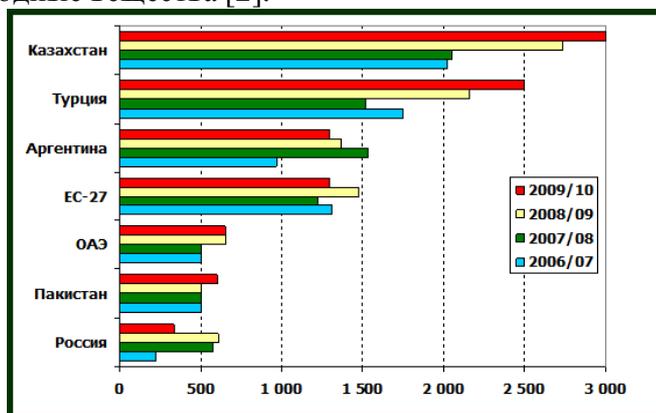


Рисунок 3 - Экспорт пшеничной муки странами - крупнейшими экспортёрами в пшеничном эквиваленте, тыс. т

Для выполнения вышеуказанных задач конечно необходима модернизация отрасли. Так для предприятий малой производительности необходимо не только хорошее сырье, но и совершенствование их технологии, особенно подготовки зерна к помолу.

Список используемых источников:

1 Бородкин С. Мельница мирового рынка / С. Бородкин // Аргументы недели. – 7.04.2010.

2 Давыдов С. А. Экспорт муки как одно из основных направлений увеличения коэффициента использования мукомольных мощностей / С. А. Давыдов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2010. - № 12.

3 Дашевский И. Муки мучной индустрии / И. Дашевский // Агротехника и технологии. – 2009. - № 5(15).

4 Мелешкина Е. П. Современные аспекты качества зерна пшеницы / Е. П. Мелешкина // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2009. - № 3.

5 Потапов С. Основное направление развития зерноперерабатывающей отрасли – глубокая переработка зерна / С. Потапов // Хлебопродукты. – 2010. - № 12.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЗДУХОДУВНЫХ МАШИН

Цуканов А.А. – студент, Тарасов В.П. – к.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

В специальной и справочной литературе, как правило, основная характеристика воздуходушных машин – зависимость её производительности от развиваемого давления приводится в графическом или табличном виде. Этого бывает вполне достаточно, чтобы подобрать воздуходушную машину для конкретного процесса. Однако при выборе воздуходушной машины для пневмотранспортной установки с учетом её работы в переходных и неустановившихся режимах этой информации недостаточно. Существующие методики расчета предполагают наличие аналитической зависимости между производительностью воздуходушной машины и развиваемым давлением.

Характеристику большинства воздуходушных машин можно представить в виде зависимости:

$$G_{\text{в.м}} = A_0 - A_1 \cdot P_{\text{в.м}}^c, \quad (1)$$

где A_0 , A_1 , c - эмпирические коэффициенты. A_0 - производительность при отсутствии сопротивления сети, а A_1 и c - коэффициенты, учитывающие влияние (снижение) производительности с изменением (увеличением) создаваемого давления. Величины коэффициентов A_1 и c характеризуют «жесткость» характеристики и для многих воздуходушных машин зависит от частоты вращения, величины зазоров основных рабочих органов и от их размеров. Поскольку A_1 и c зависят от частоты движения основного рабочего органа, зазора, и размеров рабочего органа, то на его величину будет оказывать влияние не только вид воздуходушной машины, но и её привод и типоразмер. Поэтому для оценки жесткости характеристики воздуходушных машин уместнее использовать коэффициент:

$$a_1 = \frac{A_1}{A_0}, \quad (2)$$

тогда с учетом этого:

$$G_{\text{в.м}} = A_0 \cdot (1 - a_1 \cdot P_{\text{в.м}}^c) \quad (3)$$

Чаще всего в паспорте воздуходувной машины указана её номинальная производительность $G_{\text{вм}}^{\text{ном}}$ (производительность воздуходувной машины при номинальном давлении $P_{\text{вм}}^{\text{ном}}$), а значение коэффициента A_0 неизвестно. Его легко определить, учитывая что:

$$G_{\text{вм}}^{\text{ном}} = A_0 \cdot \left(1 - a_1 \cdot \left(P_{\text{вм}}^{\text{ном}}\right)^c\right), \quad (4)$$

откуда

$$A_0 = \frac{G_{\text{вм}}^{\text{ном}}}{1 - a_1 \cdot \left(P_{\text{вм}}^{\text{ном}}\right)^c} \quad (5)$$

тогда

$$G_{\text{вм}} = \frac{G_{\text{вм}}^{\text{ном}}}{1 - a_1 \cdot \left(P_{\text{вм}}^{\text{ном}}\right)^c} \cdot \left(1 - a_1 \cdot P_{\text{вм}}^c\right) \quad (6)$$

Поскольку в рамках настоящей работы невозможно обработать информацию о всех воздуходувных машинах, то на первом этапе анализу подверглись лишь наиболее распространенные в установках пневмотранспорта воздуходувные машины, для которых коэффициент c близок к 1.

Исходные данные для обработки и определения численных значений коэффициентов A_0 , A_1 , a_1 брались из приведенных в паспортах и справочной литературе графических зависимостей. При этом, для повышения точности преобразования графической информации в численную выбирались лишь точки находящиеся на пересечении конкретной характеристики с осями координат.

Обработка полученной информации и нахождение коэффициентов осуществлялась при помощи программного обеспечения Microsoft Excel. Обработке подверглись характеристики наиболее часто применяемых в пневмотранспортных установках воздуходувных машин: роторных серии ЗАФ, винтовых нагнетателей и роторных нагнетателей серии ДТ.

Результаты обработки представлены в таблице 1.

При этом определялись значения коэффициентов a_1 , для каждой отдельной воздуходувной машины, а затем находились их средние значения a_1^{cp} , характеризующие определенный типоразмер (группу) машин, отличающихся только частотой вращения рабочего органа.

Для оценки точности преобразования выполнено сравнение численных значений номинальной производительности при рабочем давлении, которые приводятся в паспорте, с расчетными значениями. Расчетные значения производительности находятся по выражению (6) с использованием коэффициентов a_1 и a_1^{cp} . Сравнение расчетной производительности $G_{\text{вм}}$ найденной с использованием коэффициента a_1 показывает, что максимальная погрешность при сравнении с паспортной производительностью $G_{\text{вм}}^{\text{ном}}$ не превышает 5%, что для технических расчетов вполне допустимо.

Сравнение расчетных значений $G_{\text{вм}}'$ найденных с использованием коэффициентов a_1^{cp} показывает, что погрешности при сравнении с паспортными производительностями $G_{\text{вм}}^{\text{ном}}$ могут быть несколько большими и превышать 10%.

Таблица 1 – Эмпирические коэффициенты для определения производительности воздушных машин.

Номер п/п	Наименование воздушной машины	Угловая скорость, рад/с	Паспортная производительность $G_{ВМ}^{ном}$, кг/с	A_0	A_1	a_1	a_1^{cp}	Расчетная производительность $G_{ВМ}$, кг/с	Расчетная производительность $G_{ВМ}^*$, кг/с	$G_{ВМ}^{ном} - G_{ВМ}$	$\frac{G_{ВМ}^{ном} - G_{ВМ}}{G_{ВМ}^{ном}} \cdot 100$	$G_{ВМ}^{ном} - G_{ВМ}^*$	$\frac{G_{ВМ}^{ном} - G_{ВМ}^*}{G_{ВМ}^{ном}} \cdot 100$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	3АФ49К52С	140	0,03084	4,039Е-02	2,450Е-07	6,066Е-06		0,03059	0,03452	0,00025	0,81%	-0,00368	11,92%
2	3АФ49К52Х	225	0,05640	6,729Е-02	2,340Е-07	3,478Е-06		0,05559	0,05505	0,00081	1,44%	0,00135	2,39%
3	3АФ49К52Ц	247	0,06360	7,537Е-02	2,530Е-07	3,357Е-06	3,64Е-06	0,06272	0,06167	0,00088	1,39%	0,00193	3,04%
4	3АФ49К52Ш	280	0,07440	8,562Е-02	2,360Е-07	2,756Е-06		0,07382	0,07005	0,00058	0,78%	0,00435	5,85%
5	3АФ49К52Я	305	0,08280	9,350Е-02	2,360Е-07	2,524Е-06		0,08170	0,07650	0,00110	1,32%	0,00630	7,60%
6	3АФ53К52Т	166	0,09840	1,248Е-01	5,480Е-07	4,391Е-06		0,09739	0,10445	0,00101	1,02%	-0,00605	6,15%
7	3АФ53К52Ф	192	0,12000	1,455Е-01	5,430Е-07	3,732Е-06		0,11834	0,12177	0,00166	1,39%	-0,00177	1,48%
8	3АФ53К52Х	207	0,13200	1,572Е-01	5,230Е-07	3,327Е-06	3,26Е-06	0,13105	0,13158	0,00095	0,72%	0,00042	0,32%
9	3АФ53К52Ц	244	0,17520	1,882Е-01	5,200Е-07	2,764Е-06		0,17515	0,17281	0,00005	0,03%	0,00239	1,36%
10	3АФ53Ю52Я	305	0,21360	2,363Е-01	4,930Е-07	2,087Е-06		0,21162	0,19775	0,00198	0,93%	0,01585	7,42%
11	3АФ57К51М	93	0,27360	3,112Е-01	1,305Е-06	4,194Е-06		0,27203	0,28072	0,00158	0,58%	-0,00712	2,60%
12	3АФ57К51Н	113	0,35640	3,829Е-01	1,073Е-06	2,802Е-06		0,35608	0,35167	0,00032	0,09%	0,00473	1,33%
13	3АФ57К52Н	116	0,34920	4,053Е-01	1,469Е-06	3,624Е-06	3,26Е-06	0,34658	0,35244	0,00262	0,75%	-0,00324	0,93%
14	3АФ57Ю52Я	152	0,47400	5,348Е-01	1,300Е-06	2,431Е-06		0,46980	0,44755	0,00420	0,89%	0,02645	5,58%
15	3АФ59К52Р	116	0,57360	6,599Е-01	1,790Е-06	2,712Е-06	2,39Е-06	0,57041	0,58114	0,00319	0,56%	-0,00754	1,31%
16	3АФ59Ю52Я	152	0,80400	8,909Е-01	1,837Е-06	2,062Е-06		0,79903	0,78454	0,00497	0,62%	0,01946	2,42%
17	VM 210-2	-	0,39500	4,055Е-01	1,620Е-07	3,995Е-07		0,39581		-0,00081	0,20%		
18	P3-БНВ	310	0,40000	4,283Е-01	4,110Е-07	9,597Е-07		0,40033		-0,00033	0,08%		
19	2ВД-12-2,5	466/310	0,24000	2,856Е-01	1,600Е-06	5,603Е-06		0,24557		-0,00557	2,32%		
20	DT 10/42	494	0,07500	8,110Е-02	7,660Е-08	9,445Е-07		7,497Е-02	6,567Е-02	0,00003	0,04%	0,00933	12,44%
21		277	0,03500	4,471Е-02	1,430Е-07	3,198Е-06		3,613Е-02	3,833Е-02	-0,00113	3,23%	-0,00333	9,52%
22		243	0,03300	3,598Е-02	1,076Е-07	2,991Е-06		3,275Е-02	3,341Е-02	0,00025	0,77%	-0,00041	1,24%

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ ПРИ ФОРМОВАНИИ

Лавров А.В. – студент, Ливанов А.О. – студент,
Лавров С.В. – к.т.н., доцент, Шишацкий Ю.И. – д.т.н., профессор
Воронежская государственная технологическая академия (г. Воронеж)

В промышленных формовочных аппаратах конечная температура дрожжей на выходе составляет 11...12 °С вследствие недостаточного отведения теплоты в процессе прессования и формования [1]. Температура дрожжей повышается в ходе дальнейших технологических операций (резка дрожжей на брикеты и упаковка в этикеточную бумагу, транспортирование пачек к месту укладки в тару, транспортирование упакованной продукции в холодильную камеру), что приводит к снижению качества прессованных дрожжей (повышение риска их протеолиза и снижение стойкости) и существенному росту энергозатрат при их охлаждении в холодильных камерах до конечной температуры 2...4 °С. Кроме того, в случае недостаточно спрессованной дрожжевой массы, что может иметь место на практике, выделяется теплота при дыхании клеток. В этом случае повышение температуры дрожжей вследствие их самонагрева активизирует деятельность протеолитических ферментов с последующим расщеплением белка и утратой стойкости дрожжей [2].

Следовательно, при формовании дрожжей их необходимо обязательно охлаждать до конечной температуры 2...4 °С, что повысит качество продукта.

Общий вид устройства для охлаждения дрожжей при формовании приведен на рис. 1.

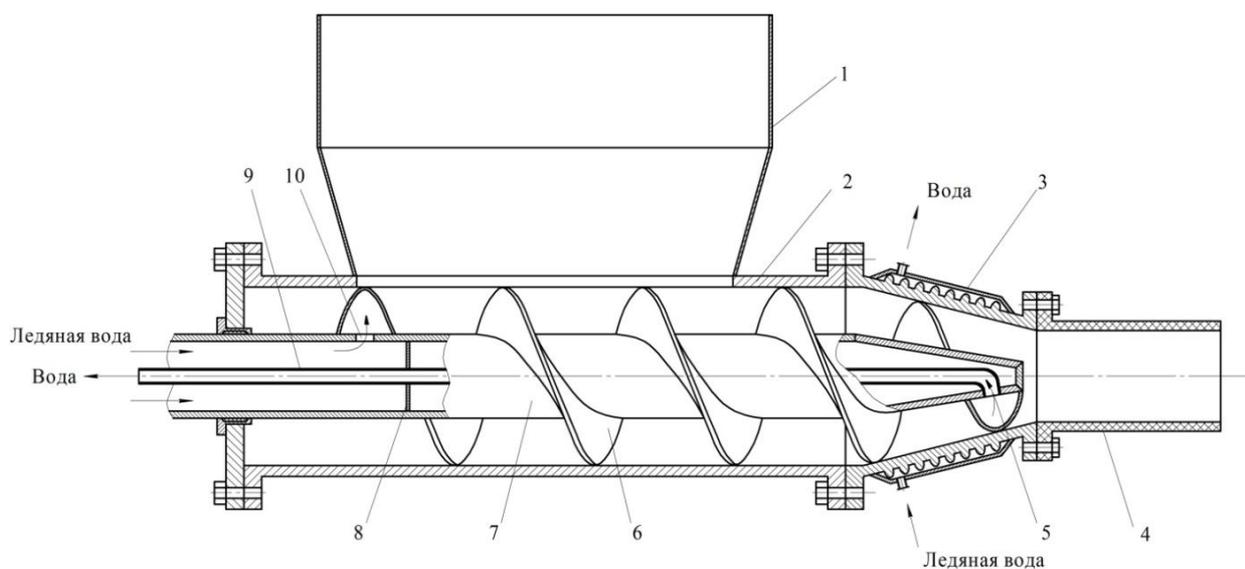


Рисунок 1 – Устройство для охлаждения дрожжей при формовании: 1 – бункер; 2 – рабочая камера; 3 – охлаждающая рубашка; 4 – матрица; 5 – выходное отверстие; 6 – полые витки шнека; 7 – полый шнек; 8 – заглушка; 9 – труба; 10 – отверстия

Процесс охлаждения проводят следующим образом. Выделенная на вакуум-филт্রে дрожжевая масса с температурой ~ 4 °С поступает в бункер 1, из которого - в рабочую камеру 2. Здесь дрожжевая масса захватывается шнеком 7 и выпрессовывается через матрицу 4. В процессе перемещения дрожжей в рабочей камере давление повышается и достигает максимального значения в предматричном участке рабочей камеры, вследствие чего дрожжи нагреваются. С целью исключения повышения температуры дрожжей от них непрерывно отводится теплота ледяной водой с температурой 1...2 °С.

Последняя подается по кольцевому зазору, образованному полым шнеком 7 и трубой 9 и ограниченному заглушкой 8. Ледяная вода проходит последовательно через полости всех витков 6, имеющих большую поверхность контакта с дрожжами, которые эффективно охлаждаются. Отработанная вода отводится через отверстие 5 по трубе 9. Подача ледяной воды и

отвод отработанной производится через вращающийся шнек 3 с прикрепленной к нему трубой 5 посредством специального распределительного устройства (на рис. не показано).

Одновременно теплота от дрожжей в предматричной зоне отводится ледяной водой, проходящей через рубашку 3.

Таким образом, одновременный отвод теплоты ледяной водой по всей длине формовочного устройства с помощью шнека и в предматричной зоне с помощью охлаждающей рубашки позволяет эффективно охлаждать дрожжи (рис. 2), которые на выходе из устройства имеют конечную температуру 2...3 °С.

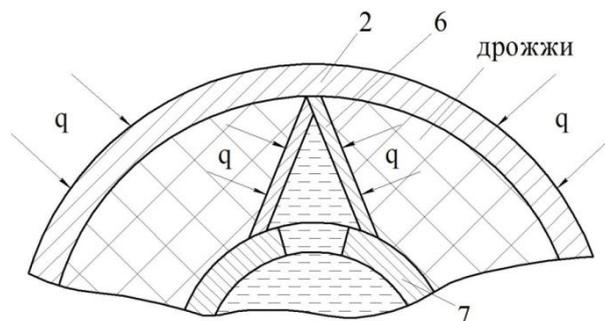


Рисунок 2 – Схема охлаждения дрожжей в рабочей камере

Охлаждение дрожжей в предматричной зоне интенсифицируется за счет оребрения по спирали наружной стенки корпуса рабочей камеры в пределах рубашки, поскольку поверхность теплоотдачи увеличивается, а термическое сопротивление теплоотдачи с этой стороны стенки R_{a2} уменьшается ($R_{a2} = 1/(\alpha_2 F_{op})$, где α_2 – коэффициент теплоотдачи от стенки корпуса к ледяной воде, Вт/(м²·К), F_{op} – площадь оребренной поверхности, м²). Увеличивается также скорость и турбулизация потока. В результате интенсифицируется теплопередача.

При подводе ледяной воды на охлаждение дрожжей и отводе отработанной воды в любом сечении соблюдается принцип неразрывности потока, то есть $wF = const$ (где w – скорость потока, м/с; F – площадь поперечного сечения, м²).

Таким образом, предлагаемый способ охлаждения дрожжей при формовании и устройство для его осуществления позволяют:

- интенсифицировать процесс охлаждения дрожжей;
- повысить качество прессованных дрожжей;
- снизить энергозатраты при охлаждении дрожжей в холодильных камерах.

Литература:

1. Шишацкий, Ю.И. Справочник механика дрожжевого завода / Ю.И. Шишацкий, Н.Ф. Семенов, В.А. Федоров, С.В. Востриков. – М.: Агропромиздат, 1987. – 295 с.
2. Новаковская, С.С. Справочник по производству хлебопекарных дрожжей / С.С. Новаковская, Ю.И. Шишацкий – М.: Пищ. Пром-сть, 1980. – 375 с.