

ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ СТЕНД ПТУ

Аплеухин В.Е. – студент, Тарасов А.В. – к.т.н., доцент

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

Пневматический транспорт сыпучих материалов распространен во многих отраслях промышленного производства и сельского хозяйства. На зерноперерабатывающих предприятиях с помощью пневмотранспортных установок (ПТУ) перемещают без перегрузки сыпучие материалы по сложным трассам.

На кафедре «Машины и аппараты пищевых производств»(МАПП) Алт.ГТУ им. И.И.Ползунова более 40 лет занимаются исследованием процесса пневматического транспортирования зерна и продуктов его переработки. За эти годы получила развитие теория пневматического транспортирования, проведены многочисленные экспериментальные исследования, организована лаборатория пневмотранспорта. На основе этих работ предложены новые типы и виды пневмотранспортного оборудования. Экспериментальные установки этих машин внедрены и успешно работают на многих предприятиях Российской Федерации.

Среди этих разработок:

- усовершенствованный шлюзовый питатель с аэрожелобом, который обладает улучшенными технико-экономическими характеристиками;

- шнековый питатель оригинальной конструкции, благодаря которой внутри образуется пробка из материала, что позволит увеличить давление воздуха в аэрокамере и, отсюда, повысить дальность и надежность транспортирования;

- разгрузитель горизонтального типа КГЦ позволяет разделять пылегазовый поток на несколько фракций в зависимости от их аэродинамических свойств.

- многоходовой переключатель,

- роторно-камерный питатель,

- воздуходувная машина и другие.

Для более широкого применения усовершенствованного оборудования на предприятиях зерноперерабатывающей и других отраслей необходимо, чтобы руководители предприятий знали об этих разработках. Для достижения поставленной цели кафедра активно участвует в различных рекламных мероприятиях.

В современном мире для продвижения своего товара (идей, разработок, установок и т.п.), на рынок, огромное значение, имеет реклама. Одним из способов рекламы является участие в выставках и различные презентации. На таких мероприятиях используются всевозможные наглядные модели и демонстрационные стенды. Таким образом, необходимо было разработать демонстрационный стенд, для наглядного представления результатов работы кафедры в области ПТУ.

Стенд проектируемой установки должен обеспечивать заданную производительность, обладать эстетичным видом, быть привлекательным, позволять наглядно демонстрировать различные режимы и оборудование, также должна быть обеспечена возможность быстрого монтажа и демонтажа стенда в условиях выставок и хорошая транспортабельность.

Стенд ПТУ – копия пневмотранспортной установки. С ее помощью можно демонстрировать не только различные режимы работы пневмотранспортных установок, но и наблюдать за работой новых видов и типов оборудования. Сравнительно небольшие габариты данной установки позволяют легко транспортировать ее на различные выставки для того, чтобы заинтересовать представителей российских и зарубежных зерноперерабатывающих предприятий.

Целью данной работы являлось создание привлекательного, наглядного, производительного и простого в эксплуатации стенда.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

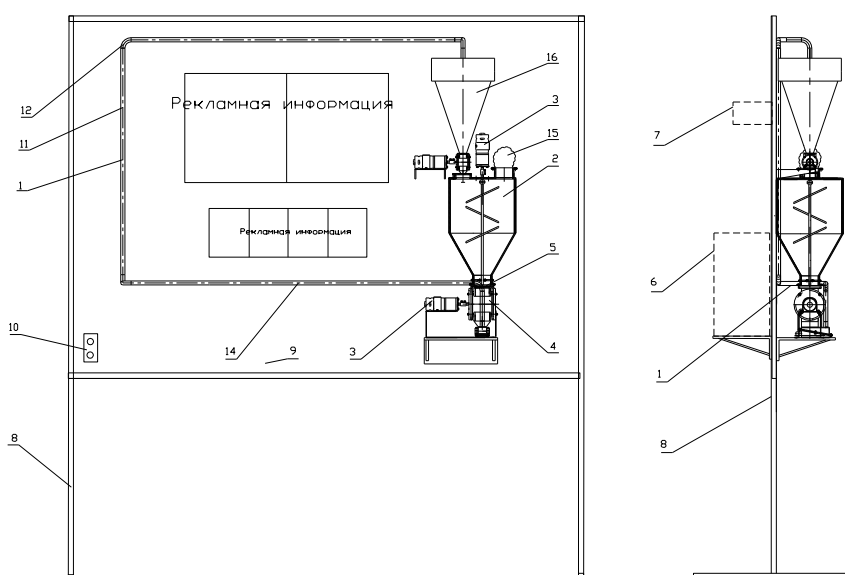
- выполнен анализ вариантов компоновки оборудования стенда;
- выполнен гидравлический расчет;

- разработана конструкторская документация установки;
- разработаны требования к монтажу и эксплуатации;
- произведен авторский надзор за сборкой и выполнены испытания стенда;
- разработаны требования к охране труда, окружающей среды и технике безопасности;

Оборудование для стенда разработано и изготовлено в соответствии с вышеуказанными целями и задачами. Стенд не обеспечивает большой производительности, так как является демонстрационным, но дает возможность детально рассмотреть процесс пневмотранспортирования. Все его элементы изготовлены из прозрачных материалов.

Изготовление опытных образцов демонстрационных шлюзового и шнекового питателей осуществляется по конструкторской документации. Монтаж установки производится непосредственно на месте проведения демонстрации работы в лаборатории кафедры МАПП.

На рисунке 1 изображена демонстрационная пневмотранспортная установка с закреплением оборудования на несущей металлопластиковой конструкции.



1-материалопровод, 2- бункер, 3- электродвигатель, 4- шлюзовый питатель, 5- переходник, 6- компрессор, 7- блок питания, 8-разборная металлоконструкция, 9-пластиковый щит, 10- блок управления , 11-вертикальный участок , 12 - отводы, 13,14- горизонтальный участок, 15-пылеотделитель, 16-разгрузитель КГЦ, 17-аэрожелоб.

Рисунок 1 – Демонстрационная пневмотранспортная установка

Нагнетающая ПТУ (рис.1) работает при избыточном давлении воздуха в материалопроводе 1. Компрессор 6 нагнетает воздух в материалопровод 1, продукт из бункера 2, проходя через шлюзовый питатель 4 попадает в аэрожелоб 17, где смешивается с воздухом. Аэросмесь перемещается к месту назначения. В данном случае система работает по замкнутому циклу. Разделение продукта и воздуха происходит в разгрузителе горизонтального типа КГЦ 16. Откуда отработанный воздух уходит в атмосферу, а продукт проходя через шлюзовый затвор попадает в бункер 2. Далее проходя через питатель, соединенный с бункером посредством переходника 5, смешивается с воздухом и перемещается по материалопроводу. Все элементы ПТУ закреплены на пластиковом щите 9, который, в свою очередь, установлен на несущую металлоконструкцию 8.

В итоге спроектирован и изготовлен демонстрационный стенд ПТУ. Произведены технологические расчеты, в которых определены размеры деталей стенда, удовлетворяющие заданным требованиям. Выполнен энергетический расчет, по результатам которого подобраны мотор-редукторы для проектируемых питателей, выполнены силовые и прочностные расчеты, в которых определены диаметры валов питателей и шлюзового затвора.

Материалопровод, питатели, разгрузитель и бункер выполнены из прозрачных материалов, что дает возможность наглядно наблюдать за процессом пневмотранспортирования зерна и продуктов его размола в установке. Стенд налажен и запущен в работу. Обладает заданной производительностью и привлекательным видом.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАМЕРНОГО ПИТАТЕЛЯ

Бабарыкин А.В. – студент, Тарасов В.П. – к.т.н., профессор,
Воронкин П.А. – аспирант каф. МАПП, Климов Н.А. – аспирант каф. МАПП
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Благодаря целому ряду преимуществ перед другими видами транспорта, пневматический транспорт широко распространен в пищевой и многих других отраслях промышленности, сельскохозяйственном производстве и строительстве. Режим транспортирования, а значит и технико-экономические показатели пневмотранспортных установок, закладывается на этапе проектирования и расчета. Несмотря на многолетние усилия (более 100 лет) и кажущуюся простоту, описать и смоделировать процесс транспортирования без многочисленных допущений и упрощений, пока не удастся. В этой связи существующие методики расчета и проектирования установок пневмотранспорта не позволяют с достаточной точностью спрогнозировать параметры работы пневмотранспортных установок. Фактические величины могут отличаться от расчетных в разы, что вынуждает (чтобы обеспечить устойчивость работы) принимать большие коэффициенты запаса. В этой связи уточнение математических моделей процесса пневмотранспортирования и основанных на них методик расчета и проектирования, было и остается актуальным.

На кафедре «Машин и аппаратов пищевых производств» Алтайского государственного технического университета имени И.И. Ползунова предложена математическая модель процесса [1], которая позволяет учитывать работу пневмотранспортных установок в переходных и неустановившихся режимах. Это позволяет получить дополнительную информацию о параметрах пневмоустановок, более точно спрогнозировать ее режимы работы и подобрать рациональные виды пневмотранспортного оборудования. Анализ модели показал, что существенное влияние на процесс пневмотранспортирования оказывают приемно-питающие устройства. От их характеристик во многом зависят режимы, характер изменения и величины параметров процесса. Если характеристики питателей при их работе в стационарных режимах известны из литературных источников, например [2], то, так называемые динамические характеристики приемно-питающих устройств, на сегодняшний день отсутствуют. В [3], в какой-то степени, теоретически обоснован лишь вид этой характеристики, определяющий качественную сторону процесса:

$$G_M = G_0 \cdot (1 - e^{-\alpha\tau}) + G_i \cdot \sin(\omega \cdot \tau) + \Delta G(\tau), \quad (1)$$

где G_0 - средняя производительность питателя в «установившемся» режиме;

e – основание натурального логарифма;

τ – время;

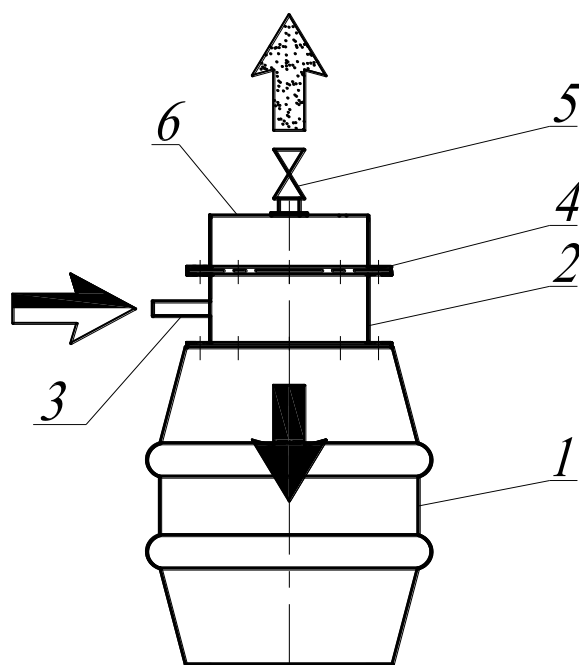
G_i и ω – соответственно амплитуда и частота колебаний производительности в «установившемся» режиме;

$\Delta G(\tau)$ – величина возмущений по производительности пневмотранспортной установки;

α – эмпирический коэффициент, зависящий от вида пневмотранспортной установки, физико-механических свойств транспортируемого материала, параметров пневмотранспортной установки.

Основной целью настоящей работы и является апробация методики экспериментального определения динамических характеристик приемно-питающих устройств. При этом в качестве приемно-питающего устройства применяется камерный питатель – один из самых широко используемых в установках пневмотранспорта.

Экспериментальные исследования выполнены на имеющемся в лаборатории «Пневмотранспорта и пылеочистки» стенде [4]. Изменения коснулись в основном приемно-питающего устройства и узла разгрузки. С целью как можно меньшего влияния протяженности трассы на материальный поток после питателя, длина материалопровода сокращена до минимума (в опытах она была около 1,5 м). В то же время, чтобы смоделировать давление в материалопроводе в конструкцию фильтра-отделителя (рисунок 1) были внесены изменения, основным из которых явилось наличие дросселирующего органа, что в свою очередь повлияло (из-за повышенного давления) на другие элементы фильтра-отделителя.



- аэрозоль; - материал; - очищенный воздух;

1 – емкость; 2 – осадительная камера; 3 – патрубок; 4 – фильтр; 5 – вентиль;
6 – крышка

Рисунок 1 – Схема узла разгрузки

В основу конструкции положена емкость 1, выполненная в виде бочки. В верхней части камеры на фланце крепится осадительная камера 2 с патрубком для аэрозольной смеси 3, фильтром 4, дросселем 5 и крышкой 6. Фильтр-отделитель установлен на пьезовесах, сигнал с которых через плату АЦП-ЦАП подается на ЭВМ. С помощью вентилей 5 возможно изменять давление в отделителе, чем моделируется изменение длины материалопровода. Объем емкости 1 выбран из условия достаточности продолжительности процесса транспортирования и выхода его параметров на «установившийся» режим. В качестве приемно-питающего устройства использовался камерный питатель, оснащенный ультразвуковым побудителем.

В ходе выполнения настоящей работы проведено более 50 опытов. Характерная диаграмма изменения массы транспортируемого материала в емкости представлена на

рисунке 2. Там же в результате обработки экспериментальных данных приводятся результаты расчетов производительности приемно-питающего устройства:

$$G_M = \Delta M / \Delta \tau, \quad (2)$$

где ΔM – изменение массы в емкости за время $\Delta \tau$.

В начальный период времени производительность питателя достаточно быстро возрастала до величины существенно большей среднего значения (в условиях опыта до 2 кг/с). Затем наступает период относительно равномерного транспортирования, когда производительность колеблется относительно какого-то среднего значения (с 20 по 40 секунду). Относительно небольшая продолжительность этого периода в опытах объясняется

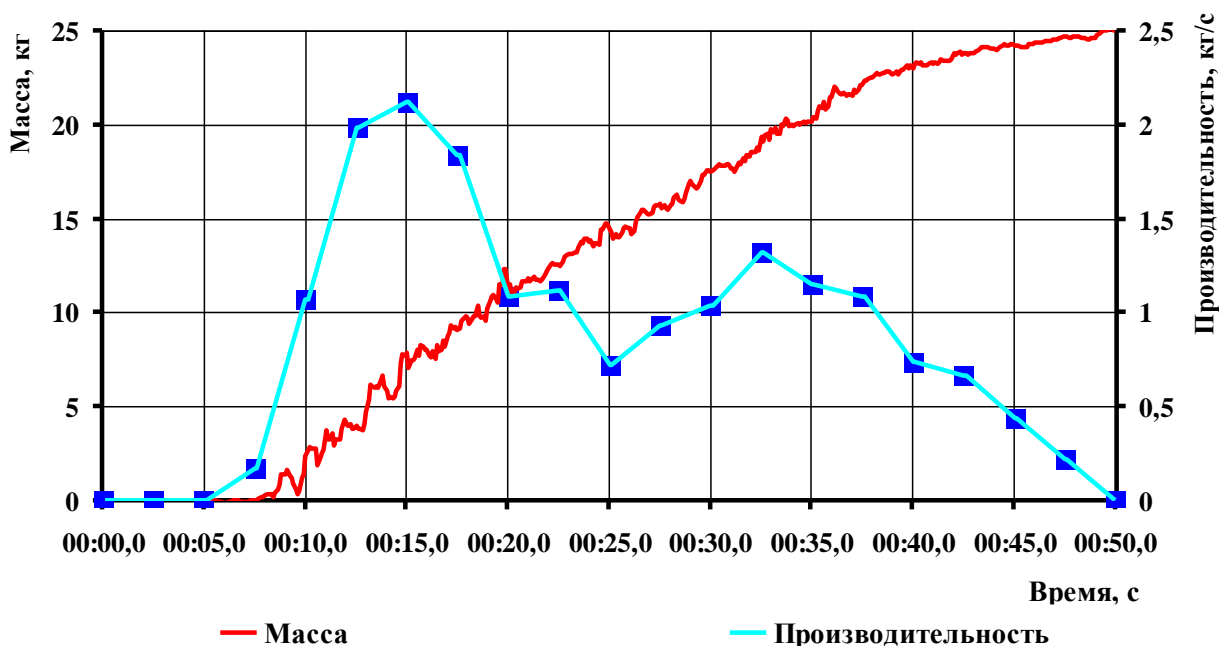


Рисунок 2 – Диаграммы изменения производительности и массы продукта в емкости

небольшой емкостью камеры питателя. Заключительный период (с 40 по 50 секунды) характеризуется снижением производительности до нуля и прекращением процесса транспортирования в связи с окончанием материала в камере питателя. В общем вид полученных диаграмм соответствует физической сущности происходящих явлений, и представляет из себя характерный переходный процесс. Его возможно (исключая период окончания транспортирования, который не представляет повышенного интереса) описать выражением (1). Это представляется возможным после обработки и последующего анализа полученных экспериментальных данных.

Список использованных источников

1. Тарасов, В. П. Элементы теории работы однотрубной пневмотранспортной установки / В. П. Тарасов // Изв. вузов. Пищевая технология. — 2005.— № 5-6.— С. 81-85.
2. Справочник по аспирационным и пневмотранспортным установкам / Н. П. Володин, М. Г. Касторных, А. И. Кривошеин – М.: Колос, 1984. – 288 с.
3. Мухопад, К. А. Анализ работы однотрубной нагнетающей пневмотранспортной установки. / К. А. Мухопад, А. В. Яковлев, В. П. Тарасов // Вестник КрасГАУ. – 2007. – Вып. 6. – С. 184 – 191.

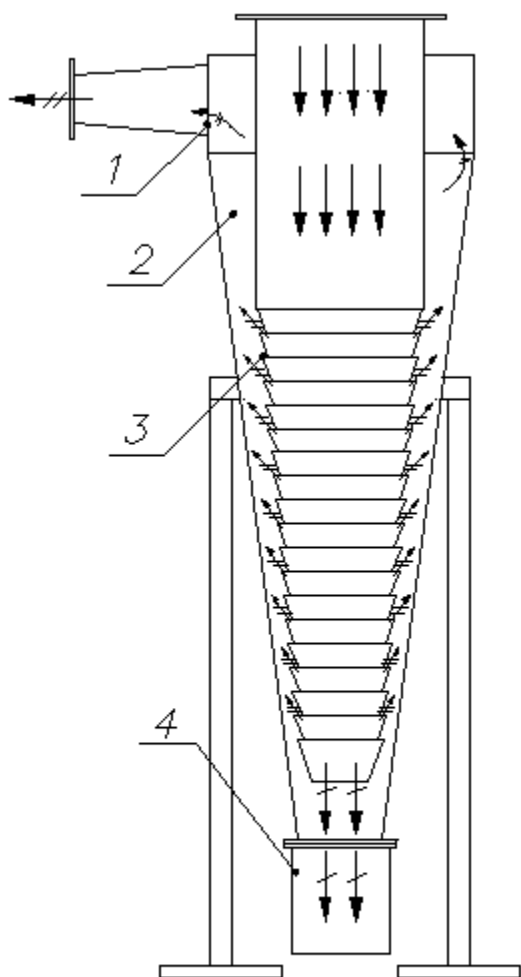
4. Воронкин П. А. Методика исследований ультразвукового воздействия на процесс пневмотранспортирования / П. А. Воронкин, В. П. Тарасов // Современные проблемы техники и технологии пищевых производств: материалы Двенадцатой международной научно-практической конференции (17 ноября 2009 г.) / под общей ред. О. Н. Тереховой; Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул, 2009. – с. 76 – 81.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПНЕВМОИНЕРЦИОННОГО ОТДЕЛИТЕЛЯ

Губанов Ю.Ю., Борисов В.Ю., студенты гр. МАПП-51,
Еремина И.А., аспирант, Терехова О.Н., к.т.н., профессор каф. МАПП

Число технологических процессов, связанных с приготовлением, применением и переработкой пылящих сыпучих материалов, непрерывно возрастает. Пыль стала одной из наиболее распространенных вредных примесей как в атмосферном воздухе, так и в воздушной среде производственных помещений.

В настоящее время большое значение приобретает процесс выделения дисперсного продукта из аэрозолей после технологического оборудования. Производители современных



→ — аэрозольная смесь
 ↘ — твердая фракция
 ↗ — очищенный воздух

технологических машин стремятся к повышению их мощности, снижению энергопотребления, что часто приводит к перегрузке пылеотделителей и, как следствие, повышенному пылевыбросу. Применение ранее использовавшихся очистных устройств становится неэффективным, в связи с чем возникает необходимость в их замене на более эффективные.

В современном производстве 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 инерционного отделителя – циклон с коническими элементами. Способ инерционной сепарации мелкодисперсных частиц, на основе которого была разработана конструкция данного устройства, защищен патентом РФ №029309. За основу взят циклон, во внутренний цилиндр которого был вставлен набор конических элементов,

уменьшающийся по сечению (Рисунок 1).

Устройство работает следующим образом: аэрозольная смесь подается по вертикальной оси корпуса отделителя, на её пути набор конусов, после каждого конуса струйка воздуха делает

резкий поворот; проходя между конусами, воздух снова меняет направление и продолжает свое движение по другую сторону конических элементов. Частицы, несущиеся вместе с воздухом, при изменении направления движения газовой струйки стремятся сохранить первоначальное направление. При этом они ударяются о поверхность конусов и отскакивают в сторону, противоположную движению основного потока воздуха. В результате воздух, прошедший через конуса, очищается, а твердая фракция концентрируется в центре и выводится. Очищенный воздух выводится по касательной к корпусу отделителя, и если не все частицы отделились после конусов, то под действием центробежных сил они отбрасываются к стенкам корпуса перед выходом воздуха.

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 | 283 ÷ 339 | м ³ /ч |
| Скорость воздуха на входе, V | 8 ÷ 12 | м/с |
| Соппротивление отделителя, Н _ц | 310 ÷ 670 | Па |

Исследование работы отделителя проводилось на разных видах продуктов размола зерна и аспирационных откосов в том числе. Проводился дисперсный анализ каждого продукта.

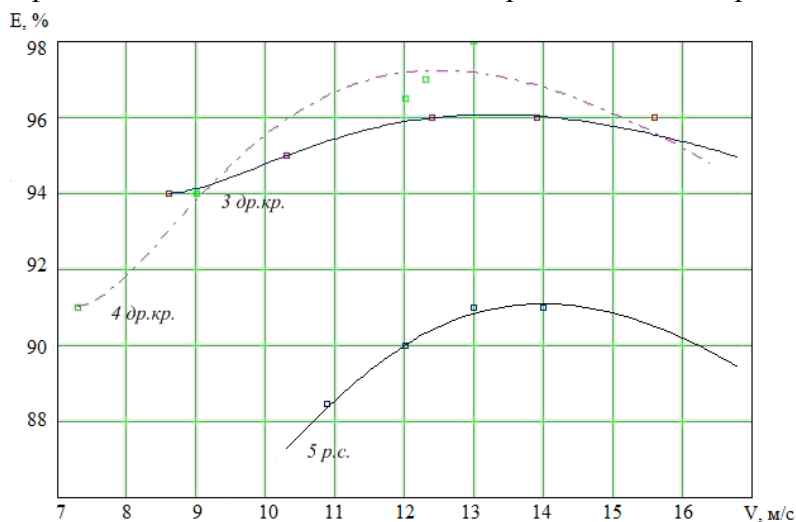


Рисунок 2 – Зависимость эффективности отделения от скорости воздуха на входе в отделитель

Максимальная эффективность работы устройства достигается при работе на продуктах размола с драных систем 97,2% , скорость воздуха находится в пределах 9-13 м/с (Рисунок 2). При той же скорости воздуха достигается максимальная эффективность 91% на продукте с размольных систем. При этом энергетические затраты на 30% ниже, чем у пылеотделителей, используемых в производстве.

Таким образом, пневмоинерционный отделитель эффективен в работе с различными по дисперсности продуктами, компактен, отличается простотой конструкции, невысоким аэродинамическим сопротивлением и может быть использован в качестве первой ступени очистки воздуха в аспирационных сетях и как разгрузитель в системах пневмотранспорта.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОДАЖИ СЫРОГО МОЛОКА НАСЕЛЕНИЮ

Винокурцев М.А. – ст.гр. МАПП-51

Седешев М.А. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет(г.Барнаул)

На сегодняшний день широкое распространение получили торговые автоматы по продаже различной продукции (вендинг-автоматы). Вендинг (англ. vending) – это продажа товаров и услуг без участия человека. Разнообразие вендинг-машин позволяет купить в автомате практически любой товар необходимый человеку. В развитых странах каждая пятая покупка осуществляется через торговые автоматы. Нами предлагается использовать такой автомат при продаже молока.

Существует несколько схем продажи молока. Первая включает переработку молока на заводах и реализацию пастеризованного и упакованного молока, а вторая - продажу сырого молока ручным розливом из бочек. В предлагаемой нами организации продажи сырого молока была поставлена задача замены ручного розлива из бочек автоматом. С этой целью был разработан автомат для продажи такого молока.

По существующей технологии, при обработке молока на заводах, предусматривается следующие этапы. После доения производится фильтрация молока через лавсановую бумагу и оно охлаждается до температуры 8 градусов. В лаборатории производится качественный анализ молока и анализ на присутствие в нем болезнетворных бактерий. При соответствии молока нормам оно поступает в танк-емкость. Обычно сырое молоко имеет жирность около 3,9% и для его снижения оно пропускается через сепаратор-нормализатор, в котором жирность молока доводится до продажных норм 1%, 2,5%. Затем молоко поступает на пастеризацию, где производится его нагрев до температуры 85-90 градусов. При таком воздействии на молоко гибнет большая часть бактерий и, к сожалению, до 20-30% питательных веществ. Далее производится охлаждение молока до температуры в диапазоне плюс 4, минус 2 градуса. Затем следует упаковка и реализация молока.

В предлагаемом способе реализации молока после доения и охлаждения молока до температуры 8 градусов, закупщиком производится первичный анализ молока на жирность, а также оценка молока по органолептическим показателям. После закупки и доставки молока в лабораторию производится его охлаждение до температуры 2-4°, затем перемещение в танк-емкость и розлив по бутылкам для продажи в автоматах. Если молоко в автомате не будет реализовано, то оно передается на молокозавод для производства творога. На рисунке 1 приведена предлагаемая схема организации реализации молока.

Предлагаемая схема реализации молока

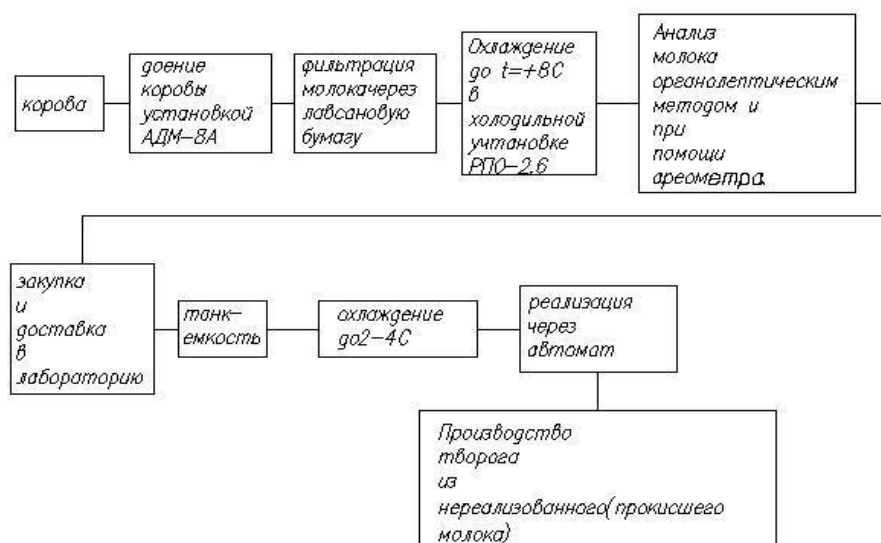
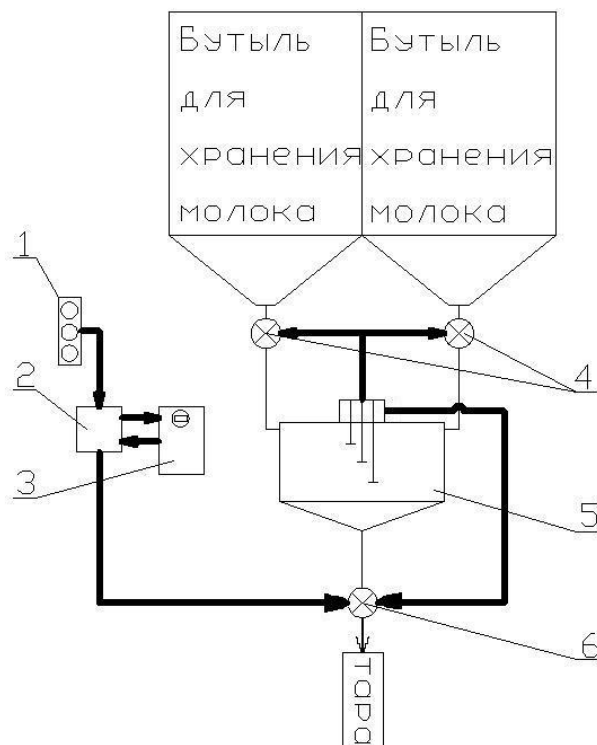


Рисунок 1-Предлагаемая схема реализации молока

В разработанном автомате для хранения молока при пониженной температуре предусмотрена термоизоляция, розлив молока осуществляется под действием собственного веса, для покупки определенного количества молока установлен объемный дозатор молока. Отсутствие охлаждающей установки (холодильника), насоса для перекачки молока, весового дозатора обусловило низкую себестоимость изготовления автомата. Молоко в автомате хранится в двух пластиковых бутылках общей емкостью 70 литров.

На рисунке 2 представлена схема работы автомата.



1-панель пользователя; 2-процессор; 3-монетоприемник; 4-задвижка для наполнения бачка-дозатора; 5-бачок-дозатор; 6-задвижка для подачи молока

Рисунок 2- Схема работы автомата

На панели пользователя(1) установлены кнопки с заданием количества молока на 0,5; 1 и 1,5 литра. При задании количества молока поступает сигнал на процессор(2), который в свою очередь формирует сигнал для монетоприемника (3) и на задвижку для выдачи требуемой порции молока(6), но последний сигнал не подается до получения сигнала с монетоприемника о внесении необходимой суммы. После получения необходимой суммы подается сигнал на процессор и тот в свою очередь подает сигнал на открытие задвижки, покупатель, прижав тару к раздатчику молока, наливает запрошенную порцию молока.

Отмеривание дозы происходит при помощи бачка-дозатора. В бачке-дозаторе установлены датчики уровня, датчики уровня представляют собой поплавков на жестком стержне к верхней части которого припаяны контакты, когда уровень молока доходит до определенной отметки контакты замыкаются и подается сигнал на закрытие задвижки, замкнутый контакт является так же и контактом цепи для открытия задвижки для наполнения бачка-дозатора(4). После наполнения бачка дозатора срабатывает контакт верхнего уровня и подается сигнал на закрытие задвижки 4.

Разработанный автомат для продажи молока занимает мало места и может быть установлен в любой торговой точке, а так же на улице. Автомат позволяет осуществлять круглосуточную продажу молока.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ВЕСОВОГО РАСХОДОМЕТРА ЗЕРНОПРОДУКТА В ПОТОКЕ

Волкова С.П. – студент, Ключников В.В. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время весовые расходомеры в потоке, в основном, построены на принципе взвешивания определенного объема зернопродукта. При этом весовой дозатор содержит датчики уровня и веса продукта, исполнительные механизмы – два на закрытие емкости и два исполнительных механизма на выгрузку из мерной емкости. Такое выполнение весового дозатора усложняет конструкцию и увеличивает его стоимость, а так же увеличивает энергопотребление и эксплуатационные затраты: на обслуживание, ремонт.

Известны так же простые ковшовые (черпачковые) дозаторы. Главным их недостатком является то, что они не обеспечивают необходимой точности дозирования, так как центр масс колеблется в широком диапазоне.

В свою очередь в предлагаемой конструкции дозатора сохраняется простота конструкции и существенно снижена погрешность измерений. Это достигается благодаря сферической перегородке, она позволяет отдалить центр масс на максимально возможное расстояние от оси, а так же концентрировать его в определенном диапазоне.

Устройство работает следующим образом.

В исходном положении один из отсеков, например, отсек 7 загрузочной емкости 3, устанавливают под выходным патрубком 2 бункера 1. Бункер 1 заполняют сыпучим материалом, который через выходной патрубок 2 самотеком поступает в отсек 7. Падая на накладную пластину 13 и выступающую часть отбойной пластины 9, установленной в верхней части отсека 7 наклонно, сыпучий материал перераспределяется по его поверхности. Когда масса дозируемого материала достигает заданной величины, создаваемый ей вращающий момент преодолевает удерживающую силу от веса противоположного отсека 8, в результате чего загрузочная емкость 3, шарнирно закрепленная на раме 4, поворачиваясь, опрокидывается, выдавая отвешенную дозу. Дозируемый материал из бункера 1, через выходной патрубок 2 начинает поступать во второй свободный отсек 8. Далее процесс повторяется.

Для измерения одной дозы материала и повышения точности дозирования располагают центр масс материала на заданном расстоянии от оси поворота загрузочной емкости 3. Это достигается за счет сферической и наклонной стенки 17, расположенной под углом 45° к горизонту, которая образует параллелограмм со стенкой загрузочной емкости, что и позволяет принимать насыпи заданную форму с определенным центром масс. А так же для этого изменяют угол наклона отбойных пластин 9, 10 и общую ширину отбойной 9,10 и накладной 13,14 пластин в каждом отсеке. Для изменения угла наклона отбойные пластины 9, 10 поворачивают на осях 11 и фиксируют с помощью болтового соединения 12. Общую ширину пластин изменяют путем перемещения накладных пластин 13, 14 по направляющим 15, 16 относительно соответствующих отбойных пластин 9, 10. Это позволяет задать требуемую форму насыпи в каждом отсеке 7, 8.

По сравнению с известными техническими решениями предлагаемое устройство позволяет независимо от насыпной плотности материала повысить точность дозирования.

ОБЪЕМНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПИЩЕВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Гопиенко О.С. – студент, Павлов И.Н. – к.т.н., доцент
Бийский технологический институт (филиал) АлтГТУ (г.Бийск)

В настоящее время перед многими предприятиями стоит вопрос о модернизации оборудования, связанное с необходимостью повышения производительности выпуска продукции, изготовления новых видов продукции, автоматизации технологических линий производства продукции с целью исключения рабочего труда и т.д. В связи с этим в некоторых случаях нужно приобретать новые технологические линии оборудования или производить замену отдельных единиц оборудования. Затем их необходимо будет разместить в производственном помещении. В свою очередь возникает необходимость в рациональном использовании производственных площадей. Вследствие чего могут возникнуть ряд проблем и вопросов, связанных с размещением технологических линий оборудования или отдельных единиц оборудования в производственных помещениях.

Обычно перед предприятиями возникает следующий ряд вопросов:

- во-первых, возможно ли разметить новую технологическую линию оборудования на том месте, где стояла предыдущая линия, или на оставшейся свободной площади?

Во-вторых, хватит ли высоты от пола до потолка или необходимо будет делать перепланировку помещения, т.е. убирать некоторые перекрытия, стены и т.д..

В-третьих, хватит ли места разместить оборудование в конфигурацию «Линия», в том случае, если по-другому его расставить нельзя по эксплуатационным требованиям.

Возможен и противоположный случай, когда образуется новое предприятие, закупившее технологические линии оборудования, а площадки для них еще не подготовили. Следовательно, необходимо строить новые здания или делать перепланировку старых, учитывая габариты технологических линий оборудования, а также, что расставляться они могут строго в тех положениях, которые указаны в эксплуатационных требованиях.

Учитывая все вышесказанное, требуется выполнение работ по рациональному размещению оборудования на площадках рабочего здания или просчет включения нового оборудования в действующую технологическую линию взамен старого. Для этого необходимо оперативное планирование помещений (возможно даже перепланировка старых), что является трудоемким процессом, так как, чтобы узнать, возможно ли разместить оборудование в производственном помещении или нет, необходимо либо носить и двигать его по помещению, либо ходить и промерять все с рулеткой, а после чего чертить оборудование в масштабе на бумаге, вырезать и передвигать по плану производственного помещения. Что, в общем-то, и делали на некоторых предприятиях, когда возникала такая проблема.

Чтобы всего этого не делать, мы предлагаем альтернативный выход из сложившейся проблемы. А именно выполнить объемное представление компоновки оборудования на производственной площади, что включает в себя создание объемных компьютерных моделей, которые представляют собой масштабированную копию производственных помещений и оборудования.

Возникло предложение данного вида работы от предприятия ООО «ПО»Алтайснэк». Перед нами стояла задача разместить технологические линии для производства хлебобулочных изделий, чипсов и сухариков «Хомка», а также цех пекарни на площади рабочего здания, расставить в соответствующем порядке, скомпоновать их (по прямой или в виде «змейки») и, чтобы все, выше сказанное, было сделано в компьютерной программе моделирования.

На примере технологической линии для производства сухариков мы покажем вам, что нам удалось сделать, сразу скажем, что это не единственная технологическая линия, которую нам удалось смоделировать и разместить на производственной площади.

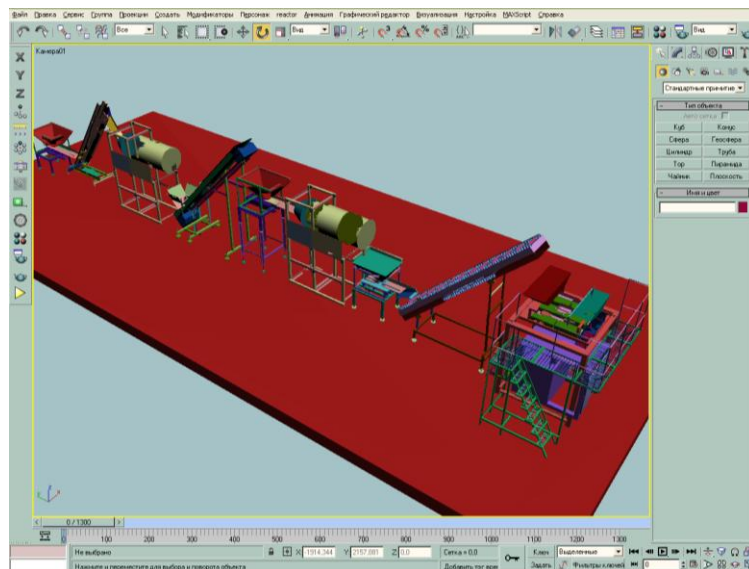


Рисунок 1 - Комплектация технологической линии по производству сухариков

На рисунке 1 представлена технологическая линия по производству сухариков в конфигурации линия, которая замещена еще на какой-то поверхности. Затем мы данную технологическую линию разместили в смоделированной ранее масштабированной модели производственного здания. Кроме того, для компактного размещения этой технологической линии мы изменили первоначальную конфигурацию. На рисунке 2, сказанное нами, отображено.

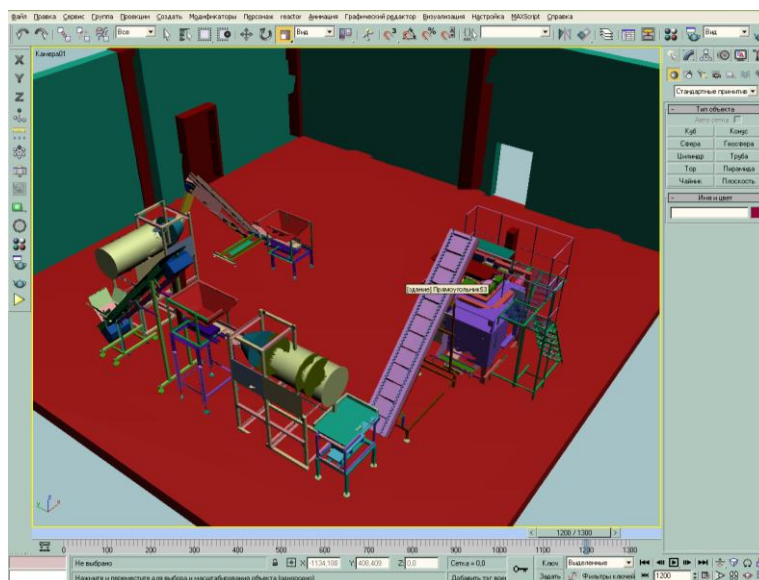


Рисунок 2 - Комплектация технологической линии по производству сухариков, размещенная на производственной площади рабочего здания

Хотелось бы отметить, что проектирование рабочего здания велось таким образом, чтобы в получившейся масштабированной модели была воссоздана его точная планировка. Для этого руководством предприятия ООО «ПО»Алтайснэк» нам был предоставлен проектный план рабочего здания. На рисунке 3 мы видим, что техмерная масштабированная модель рабочего здания имеет не только стены, но и дверные проемы, окна, лестничные пролеты и даже колонны.

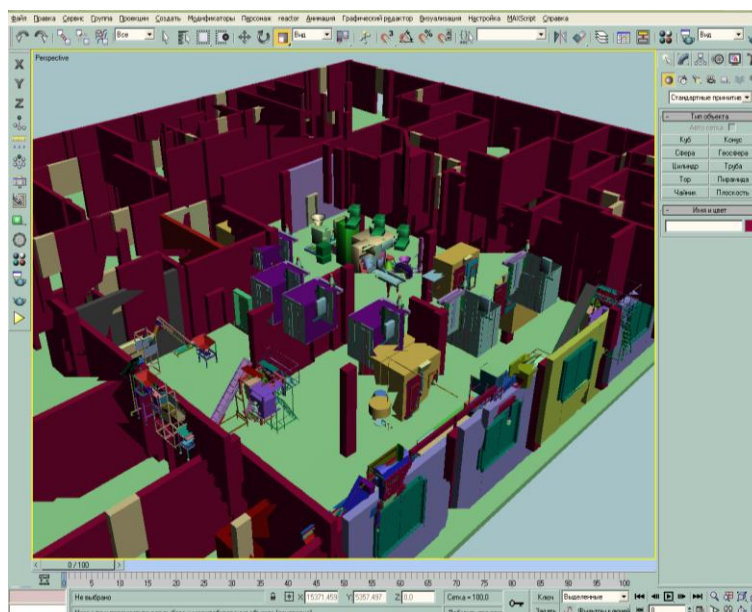


Рисунок 3 - Комплектация технологических линий по производству сухариков, чипсов и хлебобулочных изделий в производственном помещении рабочего здания

Итак, можно сделать небольшой вывод и сказать о том, что работу по созданию трехмерных масштабированных моделей технологических линий по производству сухариков, чипсов и хлебобулочных изделий, а также здания и других объектов мы успешно выполнили. Кроме того, нам удалось рационально разместить модели всех трех технологических линий на производственной площади модели рабочего здания. А также внесли оборудование, из которого состоят эти три технологические линии, в базу программы 3ds Max.

Кроме вышесказанного, мы создали три демонстрационные ролики, которые показывали все возможные варианты по быстрой и компактной перекомпоновке оборудования при заданной строго определенной последовательности. Анимационный ролик это своего рода мультфильм. Ведь только в них неодушевленные предметы могут двигаться. Так и здесь показывается передвижение оборудования по производственным площадям рабочего здания. После того как нам удалось создать анимационные ролики, еще одним плюсом программы 3ds Max оказалось то, что просмотр данных роликов можно осуществлять и в любых программах для просмотра видеофайлов.

Далее, увлеченные своей интересной работой, нам пришла в голову мысль о том, что не помешало бы смоделировать в объеме и масштабе все линии коммуникации как продуктовые (горячая, холодная воды, канализация, отопление), так и электрические (шнуры, кабели и прочее). Так как если их не учесть при комплектации оборудования в помещении, то может получиться так, что места для проходов, которые бы позволили производить доступный осмотр оборудования обслуживающим персоналом, не хватит. К сожалению, мы пока еще не создали масштабированные модели линий коммуникации как продуктовых (горячая, холодная воды, канализация, отопление), так и электрических (шнуры, кабели и прочее), а также вентиляции, хотя их смоделировать возможно. Но мы не стали расстраиваться, так как, если посмотреть на это с другой стороны, то можно прийти к выводу, что есть к чему стремиться и есть над чем работать. Конечно, заниматься программированием дополнений к программе 3ds Max мы не можем, так как являемся специалистами в другой области. К тому же мы предоставляем возможность специалистам в области программирования заняться решением этой проблемы.,

руются условия при шелушении зерна гречихи с размерами зерновки $d_2=3,3$ мм, $d_3=4,5$ мм. Результаты расчетов в виде графических зависимостей приведены на рисунке 2а), б).

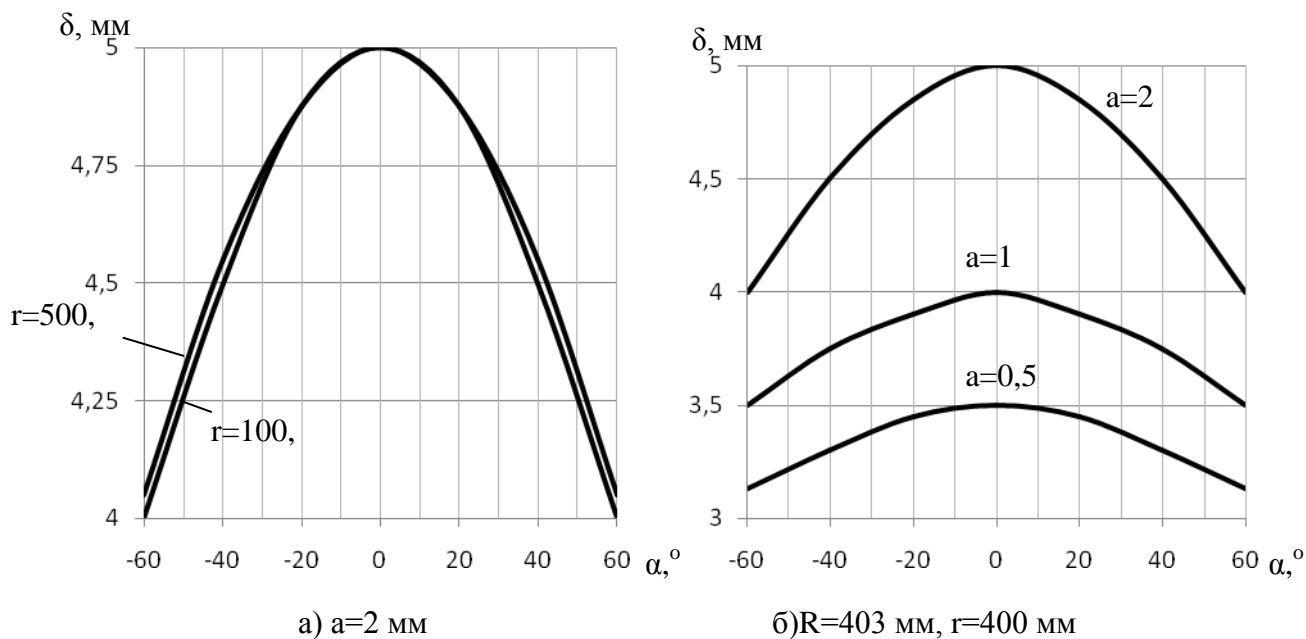


Рисунок 2 - Зависимости влияния параметров вальцедекового станка на рабочий зазор

Анализ графических зависимостей величины зазора δ от угла α позволил установить, что кривые этих зависимостей будут иметь выпуклую форму. Причем с увеличением угла α зазор будет возрастать до достижения максимума в точке $\alpha=0^\circ$, а при дальнейшем увеличении угла α зазор будет уменьшаться. Это объясняется тем, что форма зазора серповидная, что очевидно из рисунка 1а). При увеличении геометрических размеров рабочих органов (r и R) вальцедекового станка и величины эксцентриситета «а», величина зазора при прочих равных условиях будет возрастать. Причем увеличение значение параметра «а» приводит к увеличению градиента изменения зазора, тогда как изменение размеров деки и валка на него практически не влияет.

Для клиновидного зазора (рисунок 1 б)) значение величины рабочего зазора δ можно определить как разницу отрезка АО и r

$$\delta = AO - r. \quad (2)$$

Длину отрезка АО можно найти, как

$$AO = AC + CO. \quad (3)$$

Выразим величину отрезка СО через известные параметры

$$CO = a / \cos \alpha. \quad (4)$$

Для определения длины отрезка АС удобно разбить треугольник AO_1C , так чтобы углы $\angle ABO_1$ и $\angle O_1BC$ полученных треугольников были прямыми. Длина отрезка АС равна

$$AC = AB + BC. \quad (5)$$

Найдем длину отрезка ВС

$$BC = O_1C \cdot \sin \alpha. \quad (6)$$

Т.к.

$$O_1C = b - DC, \quad (7)$$

где b - смещение центра радиуса кривизны деки от горизонтальной оси барабана.

А величина DC равна

$$DC = a \cdot \operatorname{tg} \alpha. \quad (8)$$

Следовательно

$$BC = (b - \operatorname{tg} \alpha \cdot a) \cdot \sin \alpha. \quad (9)$$

Определим величину отрезка АВ

$$AB = \sqrt{R^2 - O_1B^2}. \quad (10)$$

С учётом

$$O_1B = O_1C \cdot \cos \alpha. \quad (11)$$

И используя выражения (7) и (10) найдем

$$AB = \sqrt{R^2 - (b - a \cdot \operatorname{tg} \alpha)^2 \cdot \cos^2 \alpha}. \quad (12)$$

Окончательно с учетом (2), (3), (4), (5), (9), (12), получим выражение для определения величины зазора

$$\delta = a / \cos \alpha + (b - a \cdot \operatorname{tg} \alpha) \cdot \sin \alpha + \sqrt{R^2 - (b - a \cdot \operatorname{tg} \alpha)^2 \cdot \cos^2 \alpha} - r. \quad (13)$$

Проводя анализ влияния параметров на клиновидный зазор моделируем условия при шелушении зерна проса с размерами зерновки $d_{\text{я}}=1,6$ мм, $d_3=2,0$ мм. Результаты расчетов в виде графических зависимостей приведены на рисунке 3 а), б), в).

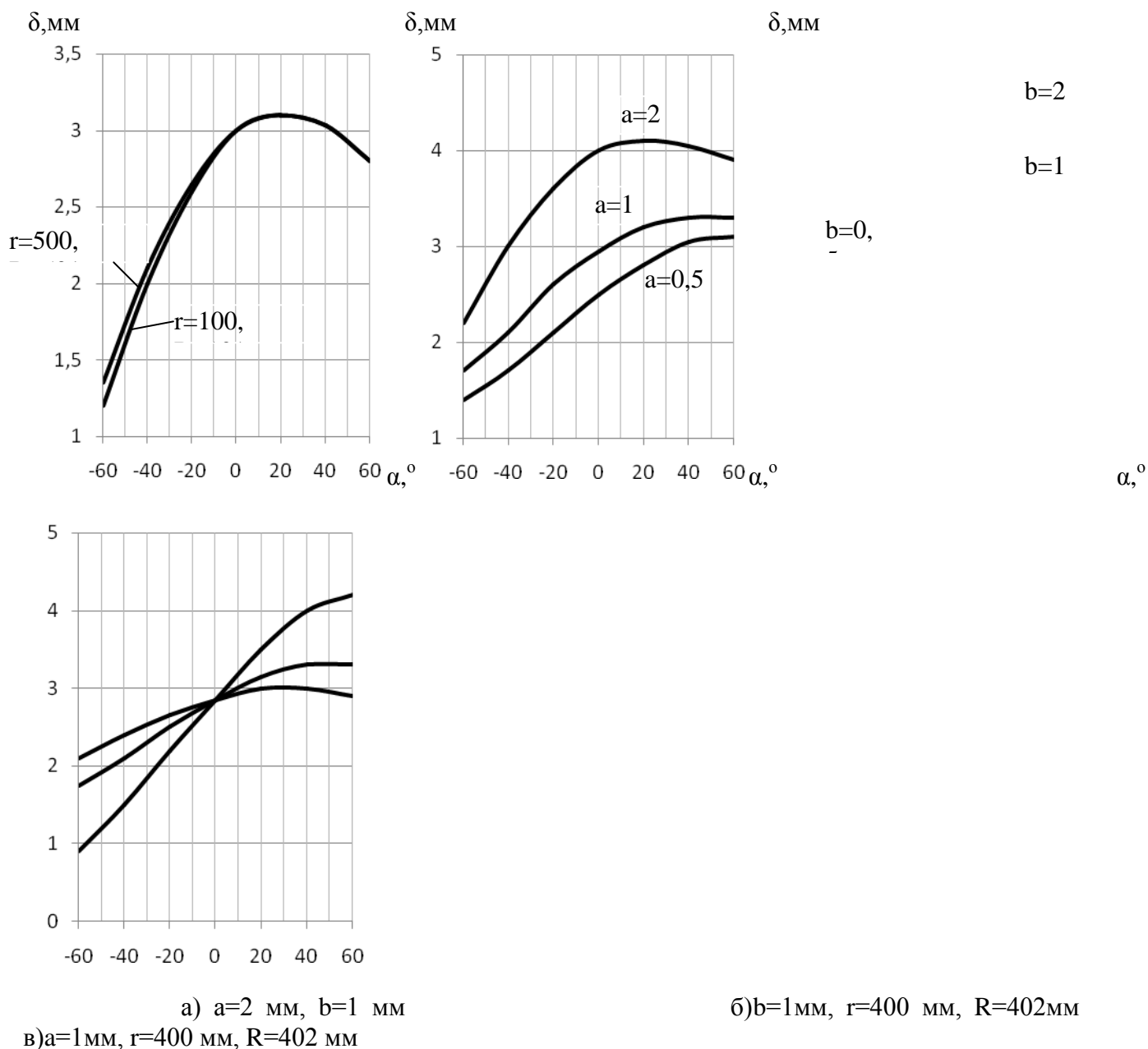


Рисунок 3 – Зависимости влияния параметров вальцедекового станка на рабочий зазор

Анализ графических зависимостей величины зазора δ от угла α показал, что кривые этих зависимостей будут иметь максимум. Причем сначала с увеличением угла α зазор будет

возрастать до достижения максимума, при этом $\alpha > 0^\circ$. Дальнейшее увеличение угла α приведет к уменьшению зазора. Значение угла, при котором будет наблюдаться максимум, зависит от значения параметров – a,b. При увеличении значения a, точка максимума зазора будет смещаться влево(к меньшим углам), а при уменьшении a – вправо(к большим углам). Из этого следует, что на самом деле форма зазора может быть и не клиновидная. Всё зависит от длины деки и взаимного её расположения относительно валка.

Анализируя полученные зависимости, следует заметить, что при больших значениях параметров a и b градиенты зазора при соответствующих углах будут больше, а при меньших – меньше. Тогда как при больших значениях параметров r и R будет больше величина зазора, а градиент останется практически неизменным. При изменении величины b (рисунок 3,в)) характерным является то, что независимо от её значения при $\alpha=0^\circ$ зазор во всех случаях будет одинаков.

При конструировании и при эксплуатации(при регулировании) часто бывает необходимо знать величину максимального значения зазора, а также угол при котором этот зазор будет иметь место. Угол, при котором зазор будет наибольшим можно найти, если взять производную из выражения (13) и приравнять её к нулю.

$$\delta' = \cos x \cdot (b + a \cdot \operatorname{tg} x) + \frac{2 \cdot a \cdot \operatorname{tg} x \cdot (\operatorname{tg}^2 x + 1) \cdot \cos^2 x + 2 \cdot \sin x \cdot (b - a \cdot \operatorname{tg}^2 x) \cdot \cos x}{2 \cdot \sqrt{R^2 - \cos^2 x \cdot (b - a \cdot \operatorname{tg}^2 x)}} + a \cdot \sin x \cdot (\operatorname{tg}^2 x + 1) + \frac{a \cdot \sin x}{\cos^2 x} \quad (14)$$

Решение этого уравнения численными методами позволило установить, что при $R=0,101$; $r=0,1$; $a=0,02$; $b=0,01$ максимальный зазор между декой и барабаном будет 3,1 мм при угле $\alpha=26,9^\circ$.

Практический интерес (от этого зависит расположение деки) также имеет значение угла α , при котором зазор будет равен нулю. Из (13) найдено, что при вышепринятых параметрах это будет при $\alpha=-90^\circ$ и $\alpha=159^\circ$.

Таким образом, полученные математические модели зазора вальцедекового станка дают возможность анализировать влияние на его величину параметров конструкции. Они (полученные модели) позволят конструкторам разрабатывать вальцедековые станки с заданными характеристиками, а эксплуатационникам – достигать высоких технико-экономических показателей работы.

Список использованной литературы:

1. Основы расчета и конструирования машин и автоматов пищевых производств /под ред. А.Я. Соколова – М.: Машиностроение, 1969. – 637 с.

СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДВИЖЕНИЯ

Точилкин А.С. – ст.гр. МАПП-52

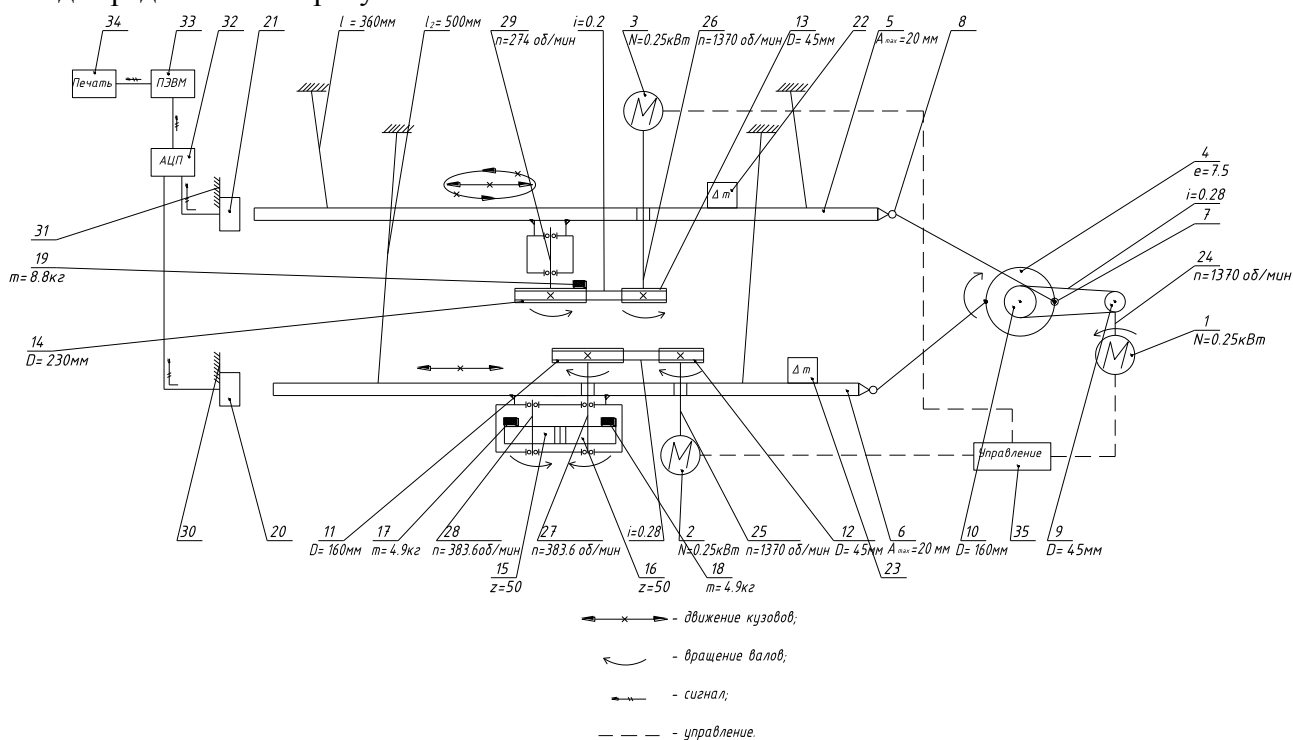
Тарасов А.В. – к.т.н., доцент кафедры МАПП

В зерноперерабатывающей промышленности используется множество машин вибрационного и колебательного действия (сепараторы, отсева, камнеотборники и т.д.). Это связано с тем, что при вибрациях и колебаниях наиболее интенсивно протекают некоторые технологические процессы, такие как сушка, просеивание, сепарирование и др. Для привода в действие основных (сит, поверхности и т.д.) и вспомогательных (щетки, очистители и т.д.) рабочих органов используются различные типы преобразователей движения.

Для изучения работы таких машин на кафедре «Машины и аппараты пищевых производств» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова в рамках курса «Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств» предусмотрены как лекционные занятия, так и лабораторные работы. В рамках лабораторной работы студенты на стенде «Исследование работы преобразователей движения» закрепляют материал изученный на лекциях проводя исследования зависимости амплитуды движения от

массы грузов на разных типах преобразователей движения. Таким образом, целью данной работы является подготовка стенда к проведению лабораторных работ.

В зерноперерабатывающей промышленности наиболее распространены три вида колебателей, из которых и состоит лабораторный стенд: кривошипного (эксцентрикowego), инерционного и уравновешенного инерционного. Общая функциональная схема лабораторного стенда представлена на рисунке 1.



1, 2, 3 - электродвигатель; 4 - эксцентрикый вал; 5, 6 - кузов; 7 - подшипниковый узел; 8 - шарнир; 9, 10, 11, 12, 13, 14 - шкивы; 15, 16 - зубчатые колеса; 17, 18, 19 - грузы-дебалансы; 20, 21 - датчики перемещения; 22, 23 - сменные грузы; 24, 25, 26 - вал электродвигателя; 27, 28 - валы инерционно уравновешенной передачи; 29 - вал инерционной передачи; 30, 31 - рама; 32 - АЦП, 33 - ПЭВМ; 34 - принтер; 35 - блок управления.

Рисунок 1 – Функциональная схема лабораторного стенда

С помощью электродвигателя 1 через ременную передачу 2 передается вращательное движение на эксцентрикый вал 3, который связан через подшипниковый узел 15, тягу 6 и шарниры 16 и 17 с подвижными кузовами 4 и 5. Кузов 5 закреплен на неподвижной раме 31 с помощью подвесок. Подвески представляют собой стальные тросы, которые жестко закреплены к раме 31 и кузову 5. В результате кузов 5 совершает возвратно поступательные движения в горизонтальной плоскости. На кузове 5 жестко закреплен инерционный колебатель 9. Электродвигатель 11 через ременную передачу 13 передает вращательное движение на шкив 14 с грузами 19, которые закреплены на определенном расстоянии от центра масса шкива 14. За счет этого возникает неуравновешенная сила инерции. Эта сила выводит систему (Шкив 14-Груз 19-Двигатель 3-Кузов 5) из равновесия. Т.к. данная система закреплена к раме 31 с помощью гибких подвесок, то данная сила заставляет кузов 5 совершать вращательные движения в горизонтальной плоскости. На кузове 4 жестко закреплен уравновешенный инерционный колебатель 10. С помощью ременной передачи 14 передает электродвигатель вращательное движение на пара зубчатых колес 15, 16 с грузами 17, 18, которые закреплены на определенном расстоянии от центра масс зубчатых колес. За счет чего возникает неуравновешенная сила инерции в кузове 6. Эта сила выводит систему из равновесия. Эта система жестко закреплена к раме 30 с помощью металлических тросов, т.о. возникшая неуравновешенная сила инерции заставляет кузов 6 совершать движения в

горизонтальной плоскости. Зубчатые колеса 15,16 вращаются навстречу друг другу. В результате этого в определенный момент силы взаимно уничтожаются, и система совершает возвратно поступательные движения. На раме 30,31 жестко закреплены датчики 20,21, которые преобразовывают изменение положения кузова в электрический сигнал. Этот сигнал поступает на аналого-цифровой преобразователь 32, вычислительную машину 33, где регистрируется в виде графика зависимости изменения положения во времени. При этом полученная зависимость сохраняется и выводится на печать для дальнейших расчетов.

В рамках данной работы были произведены работы по оснащению стенда измерительными и регистрирующими приборами для анализа работы преобразователей движения. В результате были подобраны все элементы автоматизации, первичные преобразователи (датчики), вторичные преобразователи (аналого-цифровой преобразователь) и программа для вывода и хранения данных исследования.

Выбор датчика перемещения является одним из самых важных решений, от которых зависят функциональные возможности лабораторного стенда, возможность его дальнейшего усовершенствования и возможность проведения широкого спектра лабораторных работ.

Датчики перемещения - это датчики, позволяющие преобразовывать линейные перемещения объекта измерения в электрический сигнал (пропорциональный аналоговый, цифровой). Датчики линейных перемещений могут работать на различных принципах: индуктивный, потенциометрический, магнитострикционный и т.д.

Основная цель выбрать малогабаритный, функциональный, не сложный в использовании и в то же время недорогой регулятор, удовлетворяющий следующим требованиям:

- небольшие габаритные размеры;
- массовость производства;
- по возможности должен выбираться отечественного производства;
- низкая стоимость.

После проведения сравнительного анализа оказалось, что не многие датчики отечественного производства удовлетворяют всем требованиям, а датчики зарубежных производителей, удовлетворяющие функциональные требования имеют высокую стоимость по сравнению с отечественными. Из ассортимента датчиков перемещения всем требованиям отвечает индуктивный датчик ДПА-Ф60-40У с аналоговым выходом производства АО «Сенсор».

Аналого-цифровой преобразователь (АЦП, англ. Analog-to-digital converter, ADC) — устройство, преобразующее входной аналоговый сигнал в дискретный код (цифровой сигнал). Основная цель выбрать функциональное, не сложное в использовании и в то же время недорогое АЦП, удовлетворяющее следующим требованиям:

- измерение совместно с датчиком перемещения ДПА-Ф60-40У;
- наличие встроенного интерфейса для обмена информацией с персональной ЭВМ;
- небольшие габаритные размеры;
- массовость производства;
- по возможности должен выбираться отечественного производства;
- низкая стоимость.

Всем вышеперечисленным критериям отвечает плата L-154 производства ЗАО "L-card". На плате имеется один АЦП, на вход которого при помощи коммутатора может быть подан один из 16 (32) аналоговых каналов с внешнего разъёма платы. Плата L-154 предназначена для преобразования аналоговых сигналов в цифровую форму для персональной ЭВМ, а также для ввода/вывода цифровых ТТЛ линий и управления одним выходным аналоговым каналом (цифро-аналоговый преобразователь).

Таким образом, подготовлен к учебному процессу стенд «Исследования работы преобразователей движения». Произведен выбор первичных преобразователей – датчиков перемещения, и вторичного преобразователя – АЦП. Проведены работы по настройке и согласованию датчика и АЦП. Разработана схема монтажа и подключения датчиков и аналого-цифрового преобразователя, проведены предварительные испытания.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКА НА ПРОЦЕСС ПНЕВМОТРАНСПОРТИРОВАНИЯ

Тяботов А. С. – ст. гр. 9МАПП-41,
Воронкин П. А. – аспирант каф. МАПП, Тарасов В. П. – к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Обеспечение устойчивого процесса пневмотранспортирования является одним из важнейших условий стабильной работы пневмотранспортной установки. При этом требования к устойчивости пневмоустановки особенно высоки в условиях поточного производства. В связи с этим в существующие методики расчета пневмотранспортных установок на этапе проектирования закладываются большие коэффициенты запаса [4], что в конечном итоге приводит к повышенным базовым и эксплуатационным затратам. Применение дорогостоящих, во всех отношениях, стабилизирующих устройств [3] зачастую оказываются малоэффективными и не позволяют в полной мере обеспечить устойчивое транспортирование. Тем самым поиск новых высокоэффективных и в тоже время неэнергоёмких способов активизации процесса пневматического транспортирования является весьма актуальной задачей.

Исследованиями [2] доказано, что закупорке транспортного трубопровода с последующим прекращением транспортирования предшествуют колебания параметров процесса (избыточного давления, расхода/скорости воздуха, массы). Зачастую по характеру пульсаций основных параметров процесса можно судить об осуществляемом режиме транспортирования, а следовательно и о его устойчивости. Поскольку именно колебания основных параметров, как правило, являются предвестниками предшествующей закупорки материалопровода с последующим прекращением транспортировки. И как замечено в [2], чем больше амплитуда и меньше частота колебаний, тем меньше устойчивость процесса и больше вероятность закупорки. Таким образом, в целях получения наилучших технико-экономических показателей работы пневмотранспортной установки необходимо стремиться к уменьшению пульсаций параметров транспортирования при минимальных энергозатратах, сохраняя при этом устойчивость процесса.

Настоящими исследованиями экспериментально подтверждено влияние ультразвуковых колебаний на устойчивость процесса. Эксперименты проводились в лабораторных условиях на стенде нагнетательной пневмотранспортной установки полупромышленного типа с использованием винтового питателя, детальное описание и принцип действия которого изложены в [1]. В общей сложности было проведено 223 опыта, в ходе которых были получены графические зависимости, описывающие изменение параметров пневмотранспортирования (избыточное давление, расход воздуха и масса) при ультразвуковом воздействии и без него, при скорости транспортного воздуха близкой к критической, некоторые из них представлены на рисунках 1 и 2.



Рисунок 1 – Диаграммы изменения параметров пневмотранспортирования



Рисунок 2 – Диаграммы изменения параметров пневмотранспортирования при ультразвуковом воздействии

Колебания параметров процесса можно объяснить неравномерностью движения аэросмеси и склонностью материала к агломерации. Ультразвуковое воздействие позволяет уменьшить колебания параметров процесса, что особенно заметно на диаграммах избыточного давления и расхода воздуха. В ходе экспериментов наиболее ощутимое уменьшение амплитуды колебаний параметров было замечено при «озвучивании» разгонного участка, на котором транспортируемый материал еще не достиг устойчивого движения и отводов, в которых происходит торможение материала. Таким образом, воздействуя ультразвуковыми колебаниями на наиболее опасные, в смысле закупорки, места материалопровода может быть обеспечен устойчивый процесс транспортирования. Тем самым ультразвуковые колебания можно рассматривать как дополнительное принудительное средство для разгона материала в транспортном трубопроводе.

Список использованных источников

1. Воронкин, П. А. Методика исследований ультразвукового воздействия на процесс пневмотранспортирования / П. А. Воронкин, В. П. Тарасов // Современные проблемы техники и технологии пищевых производств: материалы Двенадцатой международной научно-практической конференции (17 ноября 2009 г.) / под общей ред. О. Н. Тереховой; Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул, 2009. – с. 76 – 81.
2. Глебов, А. А. Динамика процесса пневмотранспортирования сыпучих материалов / А. А. Глебов, В. П. Тарасов // Динамика систем, механизмов и машин: II международная научно-технич. конф. – Омск, 1997. – С. 33.
3. Заборсин, А. Ф. Пневмотранспорт сахара в пищевой промышленности / А. Ф. Заборсин, Т. К. Васильева. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 280 с.
4. Островский, Г. М. Пневматический транспорт сыпучих материалов в химической промышленности. – Л.: Химия, 1984. – 104 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ НА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СЕПАРИРОВАНИЯ ЗЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА ПО ВРЕМЕНИ НАХОЖДЕНИЯ В НАКЛОННОМ ПНЕВМОКАНАЛЕ

студентка группы МАПП 62 Шишкина О. В., руководитель доцент, к.т.н. Седешев М. А.
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

За основу исследования была принята математическая модель пневмосепарации, ранее полученная на кафедре МАПП АлтГТУ, где частица моделируется материальной точкой с массой m . Была рассмотрена задача для смеси зернового материала, состоящая из четырех фракций и сепарируемая в постоянном поле скоростей набегающего воздушного потока. Для каждой фракции были заданы скорости витания частиц U_{vi} , коэффициенты восстановления скорости после удара о стенки пневмосепарируемого канала k_{vi} . Эти данные приведены в таблице 1.

Таблица 1

| i | Фракция | | | |
|----------------|---------|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| U_{vi} , м/с | 6,0 | 6,5 | 8,0 | 8,8 |
| k_{vi} | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |

Первая и вторая фракции – это легкие составляющие, которые должны удаляться воздушным потоком вверх, а третья и четвертая – тяжелые, которые при сепарации уходят вниз, преодолевая сопротивление воздушного потока.

Исследования проводились для наклонного канала со следующими данными: длина канала вверх $L1=0,7$ м, вниз $L2=0,7$ м, ширина канала $b=0,4$ м, угол вхождения зернового материала $\alpha = 35^\circ$, угол наклона пневмоканала к горизонту 75° (рисунок 1).

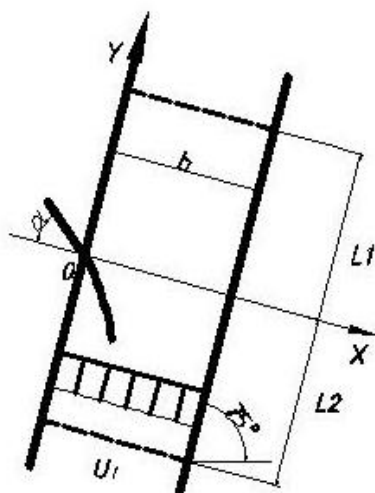


Рисунок 1 – Пневмосепарационный канал

Решение задачи проводилось в математическом пакете Mathcad 6.0 Pro.

Был определен диапазон скоростей набегающего воздушного потока U , при котором возможна сепарация частиц. Он составил 6,8 – 7,6 м/с. Данный диапазон был разбит на четыре значения $U_i=6,8; 7,1; 7,3; 7,6$ м/с. Для каждой скорости набегающего воздушного потока и для каждой частицы были построены траектории движения в пневмоканале. Один из вариантов движения частиц приведен на рисунке 2.

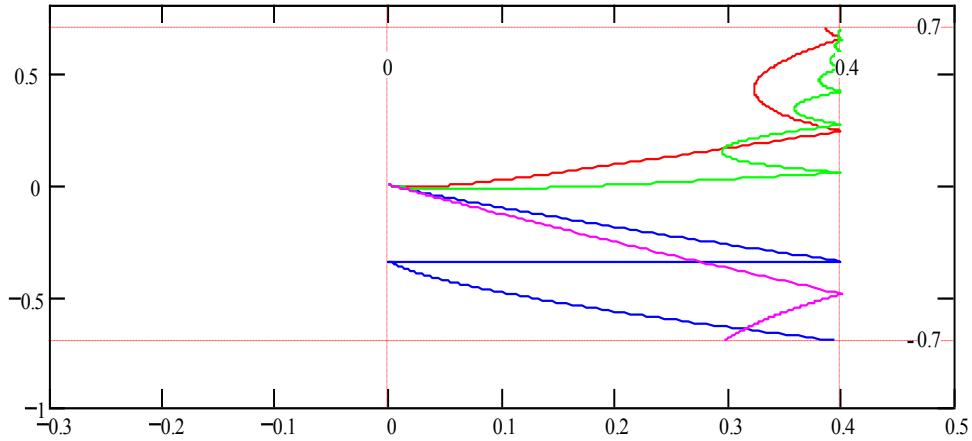


Рисунок 2

Затем было найдено время t_1, t_2, t_3, t_4 нахождения каждой частицы при выбранных вариантах скоростей воздушного потока. Эти значения сведены в таблицу 2.

Таблица 2

| | | | | |
|-----------|-------|-------|-------|-------|
| U_i | 6,8 | 7,1 | 7,3 | 7,6 |
| j | 1 | 2 | 3 | 4 |
| $t_{1,j}$ | 1,142 | 0,946 | 2,215 | 0,694 |
| $t_{2,j}$ | 0,918 | 1,181 | 1,412 | 0,768 |
| $t_{3,j}$ | 0,819 | 1,469 | 1,165 | 0,834 |
| $t_{4,j}$ | 0,711 | 2,701 | 0,94 | 0,974 |

Данные таблицы 2 нанесены на график (рисунок 3). С помощью сплайн-интерполяции и решения системы уравнений определяем точку пересечения кривых, проходящих через экспериментальные точки. Это и будет оптимальная скорость и время нахождения в наклонном пневмоканале для частиц с заданными параметрами.

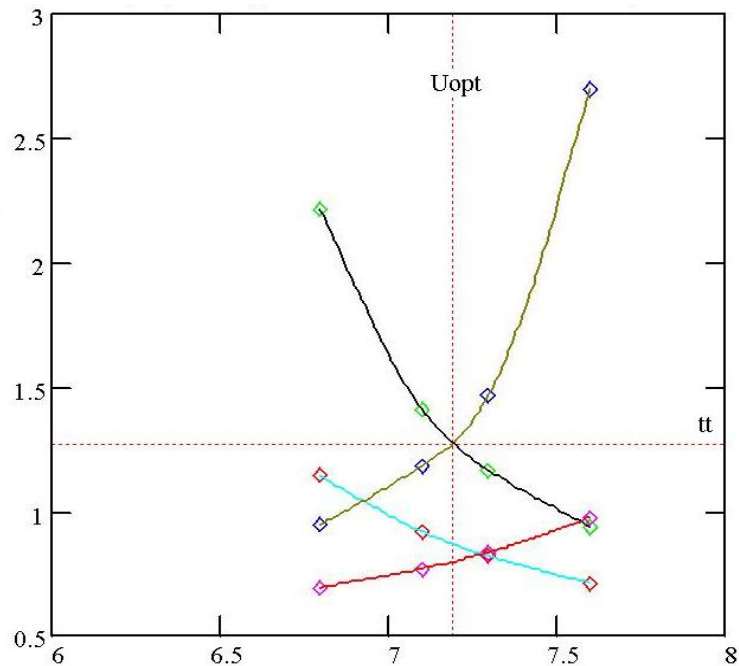


Рисунок 3