

**МОДЕРНИЗАЦИЯ КОМБИКОРМОВОГО ЦЕХА
НА ООО «МИХАЙЛОВСКИЙ ЗЕРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИЙ КОМБИНАТ»**
Лукьянова Е.И, Чайка К.С. – студенты, Глебов А.А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Комбикормовая промышленность России - отрасль, входящая в агропромышленный комплекс страны. Без комбикормовой отрасли невозможно инновационное развитие животноводства, птицеводства, рыболовства и других важнейших отраслей сельского хозяйства, так как комбикорма являются основой основ в продовольственной цепочке. Особенно важно производство комбикормов в Алтайском крае. При сравнении с другими регионами России животноводство Алтая занимает 3-е место по производству молока, 4-е место – по поголовью коров и свиней и 6-е место по производству скота и птицы на убой. По поголовью КРС среди регионов страны Алтайский край занимает 3 место (900 тыс. голов в хозяйствах всех категорий), в том числе по поголовью коров – 4 место (386 тыс. голов). На начало 2013 года в хозяйствах всех категорий содержится более 75 тысяч лошадей. При этом прогнозируется дальнейшее увеличение поголовья всех видов сельскохозяйственных животных и птиц.

На предприятии ООО «Михайловский зерноперерабатывающий комбинат», расположенном в Михайловском районе Алтайского края, имеется комбикормовый цех. Производительность цеха составляет около 100 т/сут, при этом цех выпускает только универсальный комбикорм для КРС. Анализ рынка показывает, что необходимо расширять ассортимент выпускаемой продукции. Например, в Михайловском и близлежащих районах активно развивается коневодство, но производство комбикормов для лошадей в данной местности не налажено. Комбикорма для дойных коров также будут пользоваться спросом, так как на вокруг расположено много коллективных и фермерских хозяйств, а комбикорм снижает потребность в свежей траве, увеличивает надои и массу животных. Линия приготовления комбикормов для свиней удовлетворит потребность в кормах комплексов свинарников находящихся в Михайловском и близлежащих районах. Также есть необходимость в производстве комбикормов для баранов-производителей. Формирование линии производства комбикормов для молодняка позволит сократить падёж животных в раннем периоде.

Таким образом, целью работы является повышение эффективности производства комбикормов на ООО «Михайловский зерноперерабатывающий комбинат» за счет расширения ассортимента выпускаемой продукции.

Как показал анализ и расчет мощностей существующего производства, оборудование кормоцеха используется не на полную мощность, что позволяет, при относительно небольших капиталовложениях, увеличить производительность всего цеха с 4 до 7 т/час. Например, у пресс-гранулятора Б6-ДГВ и охладителя ОПА-10 паспортная производительность 11 т/час, но работали они с производительностью 4 т/ч, так как в технологической цепочке существовало лимитирующее по данной производительности оборудование. Предложены новые технологические линии для увеличения ассортимента комбикормов. Введены новые рецепты: для поросят, ягнят, дойных коров, баранов-производителей, коней и свиней. Оборудование с недостаточной производительностью было заменено на оборудование с большей производительностью, например у безрешетной молотковой дробилки ДБ-5-1 производительность 5 т/час, что недостаточно для новой технологической линии. Она была заменена на дробилку А1-ДМ2Р-55 с производительностью 6 т/час. После того, как был разработан усовершенствованный технологический процесс, появилась необходимость внедрения новых аспирационных сетей (было добавлено 4 новых сети), автоматизации технологического оборудования, составление нового бизнес-плана. Существующая технологическая схема комбикормового цеха предусматривала две линии производства комбикормов: гранулированный и рассыпной. Для внедрения 6 новых рецептов было необходимо установить новые технологические линии:

линия для шелушения овса и ячменя и линия для молодняка поросят. Также была предусмотрена установка 10 различных оперативных бункеров: для пшеницы, ячменя, овса, шрота подсолнечного, соевого, дрожжей, мела, рыбной муки и два бункера для готовой продукции.

Расскажем тезисно о работе двух новых технологических линий. Первая линия предназначена для шелушения ячменя и овса, которые используются в дальнейшем для приготовления различных кормов. Чтобы получить шелушенный ячмень или овес, из бункеров зерно, посредством питателей, попадает в двойную норию и поднимается в наддробильный бункер. Далее сырье проходит магнитную очистку и измельчается. Для выделения лузги измельченный ячмень или овес просеивается на бичевой машине, где окончательно отделяется оболочка от ядра и смесь фракционируется. Прошедшее зерно через сито направляется на весы, а не прошедшее в аспиратор, где воздухом отвеивается лузга, а тяжелая фракция выводится из аспиратора на весы. Далее, с помощью винтового конвейера, шелушенный ячмень или овес подается в винтовой конвейер, которым направляется в смеситель. Вторая линия - для молодняка поросят. Зерновое сырье из бункеров посредством питателей поступает в норию и, пройдя очистку от металломагнитных примесей на магнитном сепараторе, поступает на воздушно-ситовой сепаратор. В сепараторе происходит очистка зернового сырья от крупных, мелких и легких примесей. Очищенное зерно посредством самотечного транспорта перемещается в камнеотборочную машину, где происходит очистка зерна от минеральных примесей. Затем, по самотекам, очищенное зерно подается в обочную машину, после которой шелушенное зерно поступает в аспиратор для удаления оболочек. Далее сырье, посредством норрии, поступает в машину интенсивного увлажнения, после чего перемещается в установку для термообработки. Обжаренное зерно поступает в горизонтальный охладитель, после чего перемещается с помощью норрии на скребковый конвейер, и, далее, в бункер готовой продукции без соли и дополнительных добавок. Чтобы получить комбикорм с добавками, после охладителя обжаренное зерно поступает в конвейер, и, далее, в смеситель. Смесь поступает в норию, далее на скребковый конвейер, который перемещает ее в бункера готовой продукции.

Таким образом, в работе предложены решения по модернизации комбикормового производства на ООО «Михайловский зерноперерабатывающий комбинат», которые позволят увеличить ассортимент производства комбикормов и повысить производительность предприятия с 4 до 7 т/час. Разработаны дополнительные линии по производству универсальных комбикормов для свиней, дойных коров, баранов-производителей, лошадей, ягнят и поросят.

Как показал экономический расчет, стоимость внедрения всех перечисленных новаций составляет 3,231 млн. руб., при этом дополнительная прибыль от их внедрения составляет 11,5 млн. руб. в год, рентабельность составляет 24%. Срок окупаемости всех затрат составляет 21 месяц.

ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ ПРЯМОТОЧНОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ЦИКЛОНА

Гаркуша Н.Н. доцент каф.МАПП Керенский А.А., Савченко М.А. гр.МАПП-91
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Проблема ненадлежащей очистки дымовых газов от вредных примесей остается актуальной даже в то время, когда происходит массовая газификация и отход от привычного твердого топлива. Газовые котельные имеют ряд существенных преимуществ, таких как: малые эксплуатационные расходы, высокая экологичность и стоимость самого газа, но зачастую предприятия сталкиваются с невозможностью газификации в виду непосильной стоимости перевода котельного оборудования на данный вид топлива. В Барнауле в настоящее время функционирует свыше 300 котельных, работающих на твердом топливе.

Как правило, малые угольные котлы не комплектуются газоочистным оборудованием, в виду его дороговизны и недоступности, или используют оборудование кустарного производства. По этой причине эффективность очистки выбросов в подавляющем большинстве случаев недостаточна или о ней даже не приходится говорить, в результате чего суммарные выбросы в атмосферу даже от малых котельных создают концентрированный приземный фон твёрдых и газовых выбросов в жилых районах, особенно в вечерние и утренние часы.

Поэтому принимая во внимания все перечисленные факторы, в АлтГТУ им. Ползунова был разработан многоступенчатый пылеуловитель (патент на изобретение № 2394629 по Кл. МПК В01D 45/12) предназначенный для улавливания полидисперсных пылей различного происхождения, соответствующий нормативам по эффективности очистки и эксплуатационным требованиям по экономичности рабочего процесса.

В базовом варианте исполнения комбинированный горизонтальный циклон (рис.1) состоит из двух базовых модулей: многоступенчатого горизонтального циклона и прямоточного циклона, являющегося, по сути, камерой доочистки, объединенных в единый агрегат.

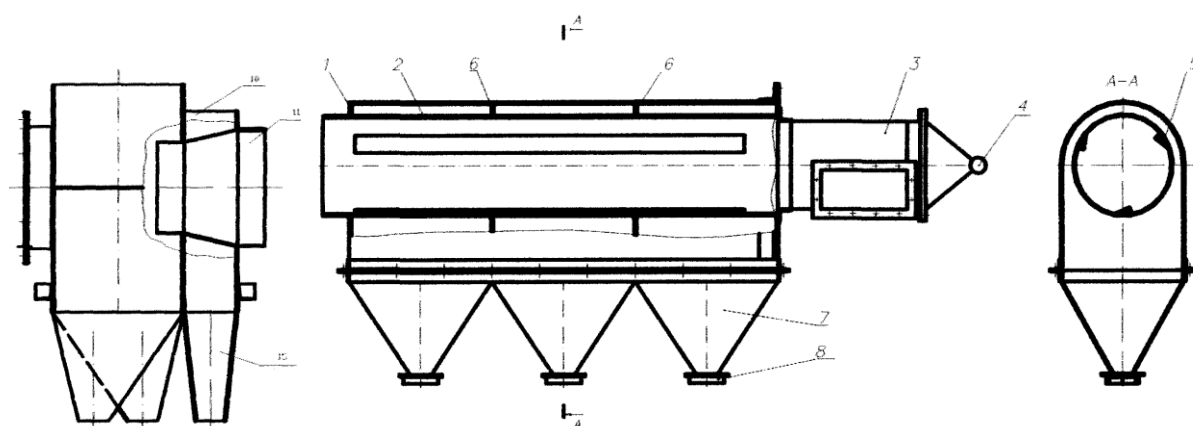


Рисунок 1. Комбинированный горизонтальный циклон КГЦ. (общий вид).

Горизонтальный циклон посредством конструктивных особенностей позволяет сформировать и сконцентрировать воздушно-пылевой поток у внешней стенки циклона и вывести пылевой слой в индивидуальные для каждой ступени бункера. Очищенный таким образом пылегазовый поток, сохраняя вращательное движение, поступает в прямоточный циклон, где подвергается дополнительной очистке в зависимости от конкретных условий и вида пыли.

Результаты стендовых исследований свидетельствуют, что основной причиной уноса тонкодисперсных частиц из циклонных камер является радиальный сток, который выдавливает твердые частицы к оси вращения потока – в зону минимального влияния центробежных сил, что способствует уносу их из пылеуловителя и, как следствие, снижению эффективности очистки газов.

Проведенные исследования выявили, что в цилиндрической части прямоточного циклона, вследствие вращательного движения потока, возникает область отрыва – ядро потока, существенно влияющая на процесс сепарации твердых частиц. Результаты стендовых исследований комбинированного горизонтального циклона показали, что до 95% поступающей пыли улавливается в первой ступени, оставшиеся 5% представляют собой высокодисперсную фракцию ≤ 10 мкм, что является довольно малой частью от общего количества пылегазовых частиц в процентном отношении.

Как показали стендовые исследования, размеры отрывного течения и его локализация не являются стационарными и изменяются в зависимости от тангенциальной скорости потока, что, в свою очередь, изменяет траектории пылевых частиц и, как следствие, режим сепарации. В целом, анализ результатов однозначно подтвердил целесообразность разрушения осевого течения, причем по всей длине прямоточной камеры, что в конечном итоге дает прирост эффективности улавливания. Установка в прямоточной камере, по оси

вращения дисковых рассекателей позволила в определенной мере сгладить влияние отрывного течения в ядре потока и поднять суммарную эффективность улавливания пыли от 82% до 96%, но в относительно узком интервале скоростей – 12...14 м/с.

Локальное использование эффекта ударной ионизации во второй ступени пылеуловителя позволит не только осадить высокодисперсную золу, но и частицы сажи образующейся при неполном сгорании топлива, что требует дополнительных исследований и конструктивной доработки аппарата.

Дальнейшее увеличение скорости потока привело к падению эффективности, что связано с расширением области отрывного течения. Анализ кривой, характеризующей эффективность улавливания пыли, позволяет сделать однозначный вывод о стабилизации течения в сепарационном канале исследуемого пылеуловителя, причем даже при больших скоростях в сепарационном канале. Это справедливо как для чисто центробежного улавливания, так и в совокупности с режимом ударной ионизации (рис. 2).

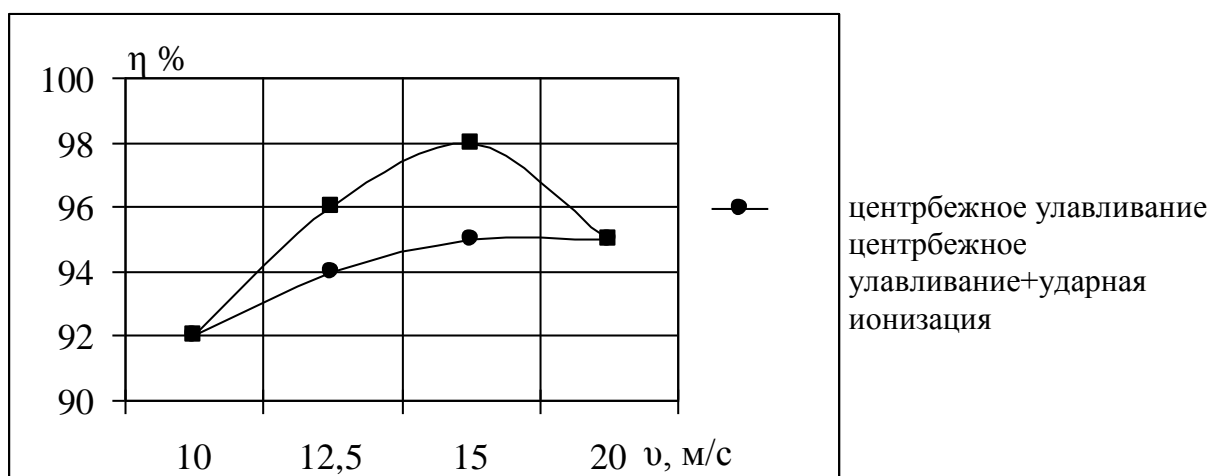


Рис. 2 – Эффективность улавливания тонкодисперсной пыли

Введение ионизации позволило несколько увеличить суммарную эффективность улавливания. Слияние кривых после 20 м/с вызвано снижением влияния сил электрического взаимодействия и доминированием центробежной составляющей в процессе сепарирования.

Сравнительный анализ наиболее эффективных современных пылеуловителей, применяемых для очистки дымовых газов, показал, что представленный аппарат имеет существенно меньшую стоимость при равной производительности и сопоставимой эффективности очистки газов, что является наиболее значимым показателем для конечного потребителя.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕХАНИЗМА РЕГУЛИРОВКИ УГЛА НАПРАВЛЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ КАМНЕОТБОРНИКА РЗ-БКТ

Лукьянова Е.И, Чайка К.С. – студенты, Тарасов В.П. – к.т.н., профессор,
Глебов А.А. – к.т.н., доцент

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

В зерноперерабатывающей отрасли широко используются камнеотделительные устройства, на которых из зерновой массы выделяются и удаляются минеральные примеси. Например, в комбикормовой отрасли на линии для молодняка поросят, ягнят, жеребят и других технологических линиях для очистки зерна от минеральных примесей используют камнеотделительные машины. Как показал анализ, одной из наиболее технологически эффективных камнеотделительных машин является камнеотборник РЗ-БКТ (см. рис. 1).

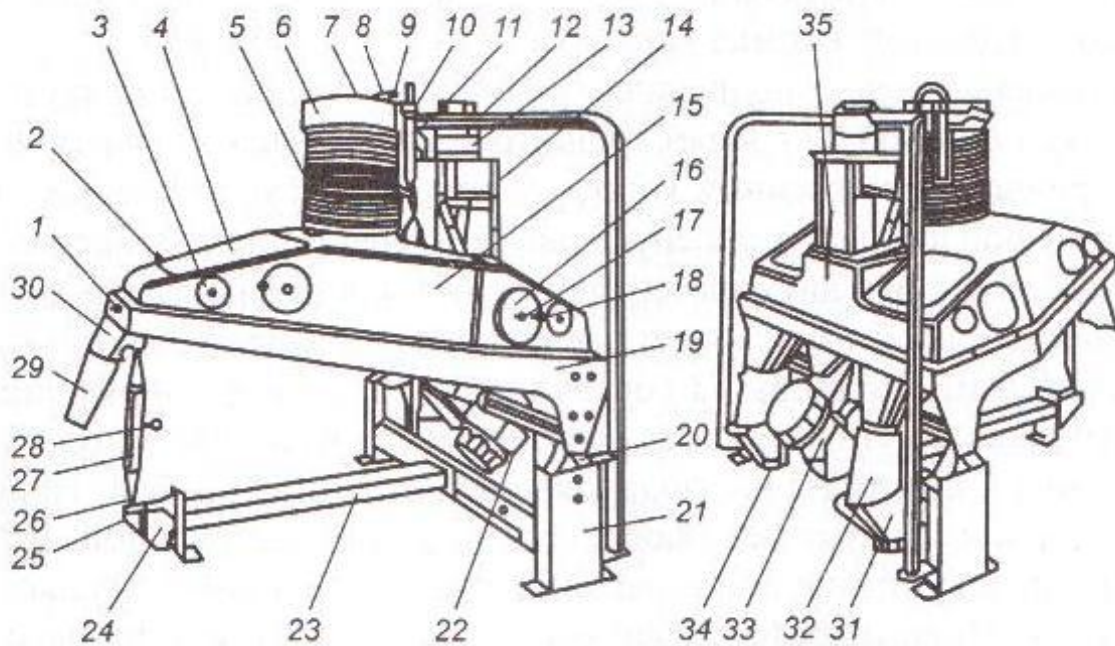


Рисунок 1 - Камнеотделительная машина РЗ-БКТ-100.

1 - натяжной винт; 2 - регулировочный винт; 3 - регулировочный диск; 4 — окно; 5 - аспирационный рукав; 6 - аспирационный патрубок; 7, 24, 34 — кронштейны; 8 — заслонка; 9 - ось регулятора воздуха; 10 - рукоятка; 11 - манометр; 12 - стойка; 13 - питатель; 14 - приемный патрубок; 15 - корпус; 16 — крышка; 17-ручка; 18 — фиксатор; 19 - рама вибростол; 20 — пружина-амортизатор; 21 - стойка станины; 22 - виброрегулятор; 23 - станина; 25 — сайлент-блок; 26 - рым-болт; 27 - труба; 28 - ручка; 29, 32 - рукава; 30 — патрубок для минеральных примесей; 31 - воронка; 33 — мотор-вибратор; 35 - пружина питателя.

Камнеотделительная машина РЗ-БКТ-100 состоит из следующих основных укрупненных узлов: вибростол, привод, станина, приемное, выпускные и аспирационное устройства. Вибростол — это подвижная часть машины, установленная под углом $5...10^\circ$ к горизонтали и совершающая возвратно-поступательные колебания под углом $30...40^\circ$ к плоскости деки. Вибростол состоит из несущей сварной рамы 19, на которой смонтирована дека корпуса 15 и крышки из оргстекла для визуального контроля рабочего процесса. В корпусе имеются отверстия для присоединения аспирационного рукава 5 и приемного устройства.

Состав минеральных примесей, отбираемых в зерновом сырье комбикормовой промышленности весьма разнообразен. Это мелкая галька, кусочки угля, руды, земли, крупный песок и т. п. При этом вследствие существования множества рецептов, применяется зерновое сырье различное не только по номенклатуре (пшеница, овес, ячмень, чечевица, кукуруза и т.д.), но и по качеству в рамках даже одного вида зерна. Одним из важнейших условий эффективной работы камнеотборника РЗ-БКТ-100 является правильный подбор угла направления колебаний рабочей деки для каждого вида сырья и преобладающего состава минеральных примесей. Угол направления колебаний задается с помощью соответствующего положения мотор-вибратора 33. Поменять положение мотор-вибратора относительно оси камнеотборника и тем самым отрегулировать направление колебаний кузова, достаточно сложно. Для этого аппаратчику нужно произвести многочисленные операции: ослабить поддерживающие хомуты, повернуть мотор-вибратор вокруг оси, далее закрепить хомуты и проверить на работающем камнеотборнике угол направления колебаний и эффективность работы машины с точки зрения очистки от минеральных примесей и

отсутствия зерна в отобранных примесях. При этом все операции зачастую повторяются многократно вплоть до достижения приемлемого результата.

Устранить данный недостаток предлагается созданием более удобного механизма поворота мотор-вибратора. Предлагаемый механизм поворота (см. рис. 2) состоит из источника колебаний - мотор-вибратора 1 с грузами-дебалансами жестко закрепленного с осью 6 с помощью хомутов 3 кронштейна 5. Ось, в свою очередь, закреплена на подшипниковых опорах 10. Предотвращение (снижение) динамических нагрузок к неподвижным элементам станины и сопрягаемым конструкциям осуществляется с помощью пружин 11. Ось жестко закреплена с регулировочным диском 9. Изменение плоскости колебаний осуществляется путем вращения оси 6, с последующей фиксацией положения к подвесу с помощью болтового соединения 7-8-9. Подвес в свою очередь жестко закреплен к кузову камнеотборочной машины.

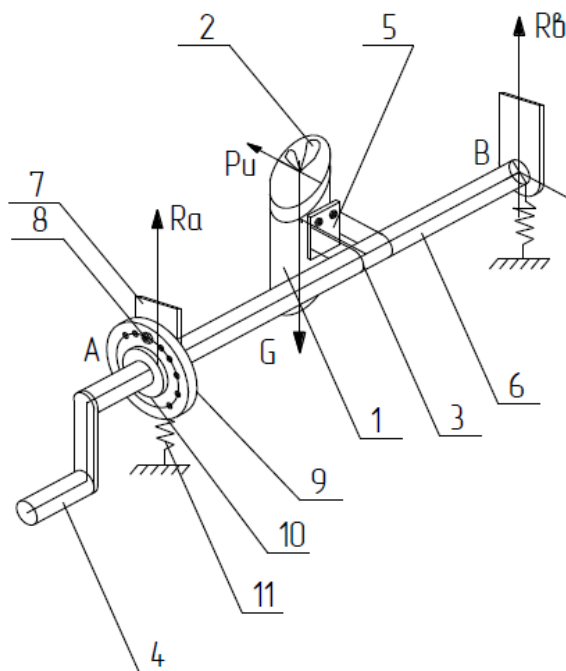


Рисунок 2 – Механизм поворота.

1 – мотор-вибратор; 2 – грузы-дебалансы; 3 – хомут; 4 – ручка поворотная; 5 – кронштейн; 6 – ось поворотная; 7 – подвес; 8 – болт-гайка; 9 – диск; 10 – подшипниковый узел; 11 – пружина.

Предлагаемая конструкция позволит существенно улучшить операцию регулировки угла поворота мотор-вибратора за счет снижения времени выполнения регулировки и упрощения операции регулировки. При это повысится технологическая эффективность машины, улучшится удобство обслуживания камнеотборника и снизится время простоев на наладку.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПОДОБИЯ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ШНЕКОНАПОРНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Танова У.С. – магистрант гр.8ТМиО-21, Лямкин Е.С. – к.т.н., доцент кафедры МАПП,
Мухопад К. А. – доцент кафедры ТМиММ

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

Шнеконапорные механизмы широко применяются во многих областях промышленности. В пищевой промышленности такие механизмы являются неотъемлемой составной частью технологических процессов и применяются для таких операций, как смешивание, транспортирование, прессование и отжим.

Оценка эффективной работы шнеконапорных механизмов осуществляется по трём основным группам параметров: геометрическим, режимным и физико-механическим свойствам продукта. Из этого множества параметров выделяют производительность и мощность, которые, в конечном итоге, и определяют эффективность работы устройств. Существует большое количество методов расчета основных параметров шнеконапорных механизмов. Целью любой методики расчета является определение рациональных размеров при соответствующих режимных параметрах для достижения максимальной производительности, минимальных затрат энергии, надежности, необходимой эргономичности. Однако, наиболее часто встречающиеся в литературе рекомендации по расчету параметров шнеконапорных механизмов основаны на использовании эмпирических коэффициентов. При этом отсутствие информации об условиях проведения экспериментов и недостаток сведений о физических процессах, происходящих в элементах шнеконапорных механизмов, ставит определенные вопросы о целесообразности применения таких методик при различных режимах работы механизмов.

Очень широко в науке и технике в качестве теоретической основы моделирования различных физических процессов и технических устройств применяется теория подобия. Теория подобия нашла широкое применение, как средство, значительно уменьшающее трудовые и материальные затраты, сокращающее сроки проектирования и внедрения объектов в производство, позволяющее выбирать оптимальные (рациональные) значения геометрических, силовых и других параметров технических систем [1]. В частности, методы теории подобия могут применяться при исследовании процесса перемешивания или транспортирования пищевых продуктов для определения затрачиваемой мощности [2].

Рассмотрим применение теории подобия для определения критериев подобия при моделировании работы шнеконапорных механизмов на примере винтового питателя нагнетающих пневмотранспортных установок (рис. 1).

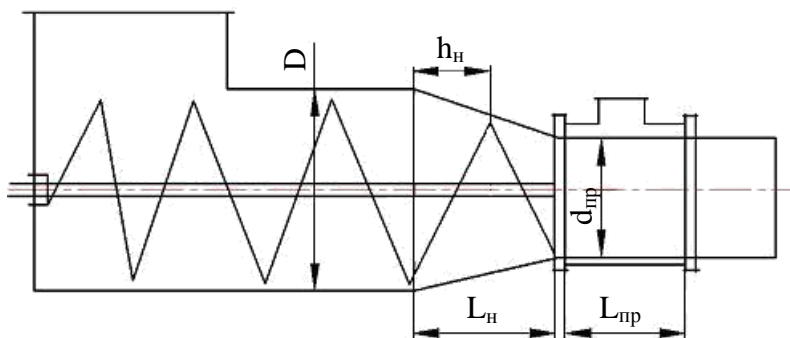


Рисунок 1 – Схема винтового питателя

Для этого установим критерии подобия методом анализа размерностей. Основными параметрами, влияющими на эффективность работы винтового питателя, являются: диаметр кожуха - D , диаметр "пробки" - $d_{пр}$, шаг напорных витков шнека - h_n , длина напорной камеры - L_n , длина грузовой "пробки" - $L_{пр}$, частота вращения шнека питателя - ω , величина избыточного давления воздуха в смесительной камере - ΔP , плотность частиц - $\rho_{ч}$, крупность (размеры) частиц - $d_{экр}$.

Число безразмерных комплексов (критериев подобия), получаемое на основе анализа размерностей, определяется на основании π -теоремы. Размерности параметров, влияющих на работу винтового питателя, в системе СИ для основных единиц измерения массы (М), линейных размеров (L) и времени (Т) представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Размерности параметров

№	Параметры	Единицы измерения в системе СИ	Показатели степени		
			М (кг)	L (м)	T (с)
1	D	м	0	1	0
2	L_n	м	0	1	0

3	L_{np}	м	0	1	0
4	h_H	м	0	1	0
5	ω	c^{-1}	0	0	-1
6	$\rho_{\text{ч}}$	$кг/м^3$	1	-3	0
7	$d_{\text{эКВ}}$	м	0	1	0
8	ΔP	$кг/(с^2 \cdot м)$	1	-1	-2
9	$\mu_{\text{ср}}$	$кг/(м \cdot с)$	1	-1	-1
10	g	$м/с^2$	0	1	-2
11	d_{np}	м	0	1	0

Обозначая критерии подобия через π , можем записать

$$\pi = [D]^{z_1} \cdot [L_H]^{z_2} \cdot [L_{np}]^{z_3} \cdot [h_H]^{z_4} \cdot [\omega]^{z_5} \cdot [\rho_{\text{ч}}]^{z_6} \cdot [d_{\text{эКВ}}]^{z_7} \cdot [\Delta P]^{z_8} \cdot [\mu_{\text{ср}}]^{z_9} \cdot [g]^{z_{10}} \cdot [d_{np}]^{z_{11}}. \quad (1)$$

Используя первичные единицы измерений параметров критерии подобия запишутся в следующем виде:

$$\pi = L^{z_1} \cdot L^{z_2} \cdot L^{z_3} \cdot L^{z_4} \cdot (T^{-1})^{z_5} \cdot (M^1 \cdot L^{-3})^{z_6} \cdot L^{z_7} \cdot (M^1 \cdot L^{-1} \cdot T^{-2})^{z_8} \cdot (M^1 \cdot L^{-1} \cdot T^{-1})^{z_9} \cdot (L^1 \cdot T^{-2})^{z_{10}} \cdot L^{z_{11}}. \quad (2)$$

Составим систему уравнений

$$\begin{cases} Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 - 3 \cdot Z_6 + Z_7 - Z_8 - Z_9 + Z_{10} + Z_{11} = 0, \\ -Z_5 - 2 \cdot Z_8 - Z_9 - 2 \cdot Z_{10} = 0, \\ Z_6 + Z_8 + Z_9 = 0. \end{cases} \quad (3)$$

Система имеет $n - r$ ($11 - 3 = 8$) независимых решений, где n - число участвующих в процессе параметров, r - основные параметры. Каждое решение должно дать один критерий подобия. При этом восемь величин z_i могут принять произвольные значения, остальные три определяются из уравнений системы, при условии, чтобы π стало безразмерной величиной. Поэтому для них выбирают наиболее простые значения, но так, чтобы уравнения системы не противоречили друг другу.

Таким образом, решая систему уравнений (3), принимаем: $Z_2 = 1$; $Z_3=Z_4= Z_7= Z_8= Z_9= Z_{10}= Z_{11}=0$, тогда: $Z_6 = 0$; $Z_5=0$; $Z_1 + 1 = 0$, получаем: $Z_6 = 0$; $Z_5=0$; $Z_1 = -1$.

Итак: 1. $Z_2 = 1$; $Z_6 = 0$; $Z_5=0$; $Z_1 = -1$.

2. $Z_3 = 1$; $Z_2=Z_4= Z_7= Z_8= Z_9= Z_{10}= Z_{11}=0$; Отсюда решение: $Z_3 = 1$; $Z_6 = 0$; $Z_5=0$; $Z_1 = -1$.

3. $Z_4 = 1$; $Z_2=Z_3= Z_7= Z_8= Z_9= Z_{10}= Z_{11}=0$; Получаем: $Z_4 = 1$; $Z_6 = 0$; $Z_5=0$; $Z_1 = -1$.

4. $Z_7 = 1$; $Z_2=Z_3= Z_4= Z_8= Z_9= Z_{10}= Z_{11}=0$; Отсюда: $Z_7 = 1$; $Z_6 = 0$; $Z_5=0$; $Z_1 = -1$.

5. $Z_8 = 1$; $Z_2=Z_3= Z_4= Z_7= Z_9= Z_{10}= Z_{11}=0$; Тогда получаем: $Z_8 = 1$; $Z_6 = -1$; $Z_5 = -2$; $Z_1 = -2$.

6. $Z_9 = 1$; $Z_2=Z_3= Z_4= Z_7= Z_8= Z_{10}=Z_{11}=0$; Отсюда получается: $Z_9 = 1$; $Z_6 = -1$; $Z_5 = -1$; $Z_1 = -2$.

7. $Z_{10} = 1$; $Z_2=Z_3= Z_4= Z_7= Z_8= Z_9= Z_{11}=0$; Получаем: $Z_{10} = 1$; $Z_6 = 0$; $Z_5 = -2$; $Z_1 = -1$.

8. $Z_{11} = 1$; $Z_2=Z_3= Z_4= Z_7= Z_8= Z_9= Z_{10}=0$; Тогда: $Z_{11} = 1$; $Z_6 = 0$; $Z_5=0$; $Z_1 = -1$.

Таким образом, получены все восемь решений, которым соответствуют восемь критериев подобия:

$$\pi_1 = l_H^{-1} \cdot D^{-1} = \frac{L_H}{D}; \pi_2 = l_{np}^{-1} \cdot D^{-1} = \frac{L_{np}}{D}; \pi_3 = h_H^{-1} \cdot D^{-1} = \frac{h_H}{D} = \Gamma_1; \pi_4 = d_{\text{эКВ}}^{-1} \cdot D^{-1} = \frac{d_{\text{эКВ}}}{D};$$

$$\pi_5 = \Delta p^{-1} \cdot \rho_{\text{ч}}^{-1} \cdot \omega^{-2} \cdot D^{-2} = \frac{\Delta P}{\rho_{\text{ч}} \cdot \omega^2 \cdot D^2} = Eu_M - \text{модифицированный критерий Эйлера};$$

$$\pi_6 = \mu_{\text{ср}}^{-1} \cdot \rho_{\text{ч}}^{-1} \cdot \omega^{-1} \cdot D^{-2} = \frac{\mu_{\text{ср}}}{\rho_{\text{ч}} \cdot \omega \cdot D^2} = Re_M - \text{модифицированный критерий Рейнольдса};$$

$$\pi_7 = g^{-1} \cdot \omega^{-2} \cdot D^{-1} = \frac{g}{\omega^2 \cdot D} = Fr_M - \text{модифицированный критерий Фруда};$$

$$\pi_8 = d_{np}^{-1} \cdot D^{-1} = \frac{d_{np}}{D}.$$

Полученные при решении симплексы объединим в геометрические критерии:

$$\frac{\pi_1}{\pi_2} = \frac{L_n \cdot D}{D \cdot L_{np}} = \frac{L_n}{L_{np}} = \Gamma_2; \quad \frac{\pi_4}{\pi_8} = \frac{d_{\text{экр}} \cdot D}{D \cdot d_{np}} = \frac{d_{\text{экр}}}{d_{np}} = \Gamma_3.$$

Общее критериальное уравнение имеет вид

$$F = F \left(\frac{L_n}{L_{np}}, \frac{h_n}{D}, \frac{d_{\text{экр}}}{d_{np}}, \frac{\Delta P}{\rho_{\text{ч}} \cdot \omega^2 \cdot D^2}, \frac{\mu_{\text{ср}}}{\rho_{\text{ч}} \cdot \omega \cdot D^2}, \frac{g}{\omega^2 \cdot D} \right). \quad (4)$$

Входящее в критерий Эйлера избыточное давление ΔP выражают через полезную мощность N , сообщаемую продукту. Величина N пропорциональна произведению усилия F на валу и скорости v движения материала, т. е.

$$N = F \cdot v, \quad (5)$$

где $v = \omega \cdot \frac{D}{2} \cdot \sin \alpha$ - скорость движения материала вдоль оси шнека;

α - угол наклона винтовой поверхности к оси шнека.

Тогда избыточное давления можно заменить пропорциональной величиной

$$\Delta P = \frac{F}{S} \sim \frac{N}{v \cdot S} \sim \frac{N}{v \cdot D^2}. \quad (6)$$

где $S \sim D^2$ - площадь, на которой распределено усилие F .

Подставив ΔP в выражение для Eu_m , получим

$$Eu_m = \frac{N}{\rho_{\text{ч}} \cdot \omega^3 \cdot D^5}. \quad (7)$$

Критерий Eu_m , выраженный в таком виде, называют критерием мощности и обозначают через K_N . Соответственно, обобщенное уравнение гидродинамики для такого процесса принимает вид

$$K_N = K_N(Re_m, Fr_m, \Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3)$$

или

$$K_N = A \cdot Re_m^{a_1} \cdot Fr_m^{a_2} \cdot \Gamma_1^{a_3} \cdot \Gamma_2^{a_4} \cdot \Gamma_3^{a_5}. \quad (8)$$

Данные уравнения применяют для расчета мощности N , потребляемой винтовым питателем. Значения коэффициента A и показатели степеней a_1, a_2, a_3, a_4 и a_5 определяют при обработки экспериментальных данных, они зависят от типа винтового питателя, конструкции аппарата и режима работы.

Список литературы

1. Седов, Л. И. Методы подобия и размерности в механике / Л. И. Седов – М.: Наука, 1977. – 440 с.
2. Основы расчета и конструирования машин и автоматов пищевых производств. Под ред. Соколова А.Я. – М.: Машиностроение, 1969. – 639 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАСШИРЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ООО «ЛЕБЯЖЬЕ» ПАВЛОВСКОГО РАЙОНА

Студент группы: МАПП-81 Зверева Т.А. Руководитель: Протопопов Д.Н.
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Объем переработки сырья маслозавода «Лебяжье» Павловского района Алтайского края составляет 5673 тонны в год. На протяжении своей деятельности завод полностью освоил весь технологический цикл изготовления масла, и использует для его приготовления только натуральное высококачественное сырье. Чистая прибыль производства составляет 26 млн. 136 тысяч рублей при рентабельности 7 %.

Если маслозавод включить в комплекс полной переработки сельскохозяйственной продукции, которая состоит из производства комбикормов и откормочного комплекса, то чистая прибыль будет составлять 102 млн. рублей при рентабельности производства 25%. Объем выпуска масла составит 1811 тонн в год, шрота – 3622 тонны в год, комбикорма – 33960 тонны в год и молока – 48 тысяч литров в год, мяса 12 тысяч кг в год.

Для этого необходимо на территории ООО «Лебяжье» построить комбикормовый завод с высокими технико-экономическими показателями, а за территорией завода - откормочный комплекс на 300 голов крупного рогатого скота.

Но даже, не принимая во внимание строительство откормочного комплекса, при создании комбикормового производства в рамках ООО «Лебяжье» увеличится объем производства выпускаемой продукции, а рентабельность производства увеличится в два раза и составит 14%.

Руководством завода перед творческим коллективом факультета пищевых и химических производств АлтГТУ была поставлена задача разработать проектно-сметную документацию на комбикормовый комплекс в составе ООО «Лебяжье». Для решения этой задачи нами был выполнен комплекс работ, включающий в себя:

- составление бизнес-план проекта;
- подбор рецепта комбикорма;
- разработка технологической схемы;
- проект здания;
- подбор и привязка оборудования.

Подобранная рецептура включает в состав комбикорма следующие компоненты: фуражная пшеница, ячмень, овес, отруби пшеничные, меласса, шрот подсолнечный, фосфат кальция кормовой, соль поваренная и премикс. Выпускаемый комбикорм будет полностью сбалансированным продуктом, который будет содержать все необходимые витамины, микроэлементы, и другие биологически активные вещества, обеспечивающие здоровое развитие животных. Предлагаемая технологическая схема с набором подобранного оборудования позволяет создать высокоэффективное производство. Реализация проекта предусматривает затраты в пределах 160 млн. рублей, что в условиях с. Лебяжье Павловского района позволит создать 14 новых рабочих мест на высокоэффективном производстве. Период окупаемости проекта составит 8 кварталов, чистая прибыль составит 78 млн. рублей, рентабельность производства увеличится с 7% до 14%.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЫЛЕСОСОВ ОТ ПЫЛИ

Кирина Т.С., группа МАПП-81, Седешев М.А., доцент кафедры МАПП

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

На предприятиях хранения и переработки зерна преобладают технологические операции, где все исходные и конечные продукты производства - сыпучие вещества. Процессы любого перемещения и измельчения сыпучих масс всегда связаны со значительным выделением пыли. Хотя борьба с пылью ведется различными способами, в том числе и путем аспирации, все же пыль присутствует в воздухе предприятий и оседает на поверхности оборудования и полу. Кроме того, возможна просыпь технологического продукта на пол. Все это необходимо убирать.

Использование промышленных пылесосов позволяет облегчить условия труда уборщиков производственных помещений, повысить производительность и качество уборки.

В настоящее время на предприятиях различных отраслей промышленности используется большое количество промышленных пылесосов отличающихся друг от друга: стоимостью, степенью очистки, производительностью и другими параметрами. Но во всех пылесосах присутствует ручное удаление из них пыли.

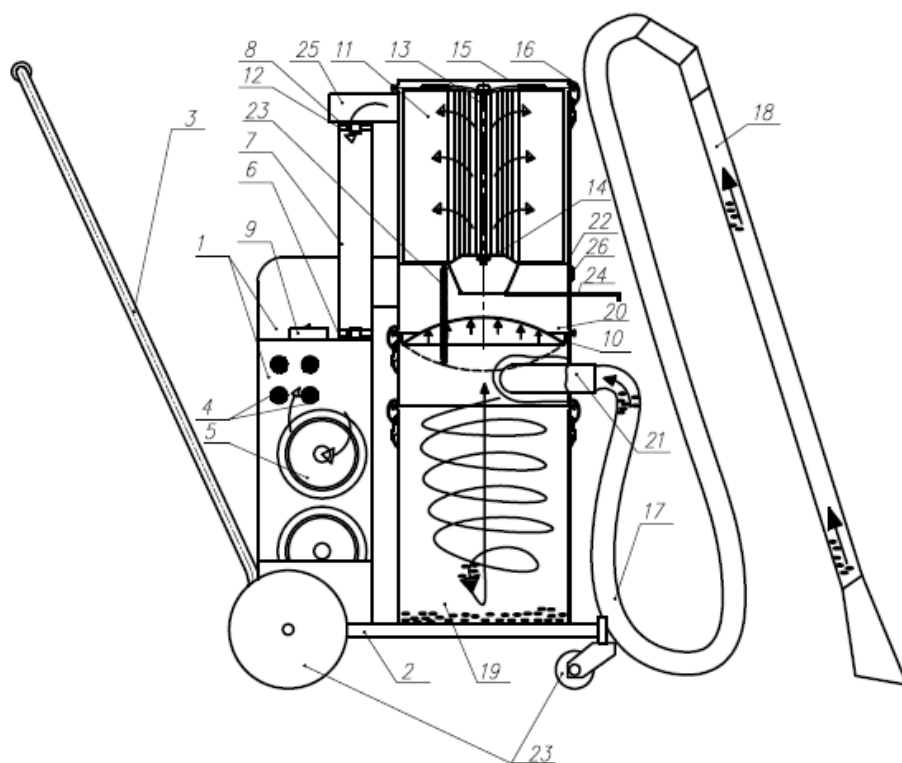
Для сбора пыли используется сменные фильтры-мешки, которые выбрасываются после сбора пыли, или многоразовые фильтры, в виде фильтрующего полотна или бумажных фильтров, требующие ручной очистки.

После анализа конструкций существующих промышленных пылесосов, особенностей эксплуатации в условиях элеватора, в качестве аналога был выбран промышленный пылесос «Вортекс». В данном пылесосе две степени очистки: первая ступень - циклонная, вторая – с помощью воздушного фильтра тонкой очистки от автомобиля «Камаз», однако очистка от пыли производится вручную. Целью модернизации является облегчение очистки пыли из пылесоса с помощью введения матерчатого фильтра, установленного перед фильтром тонкой очистки, который очищается обратным пропуском сжатого воздуха без вынимания фильтра из пылесоса.

В измененном пылесосе (рис. 1), пыль, мусор захватываются потоком воздуха за счет разрежения, создаваемого воздуховсасывающими агрегатами 5 и по пылевоздушному тракту поступают во входной патрубок бака 21. Здесь крупные плотные частицы пыли и мусора отделяются из потока центробежными силами и оседают в бункере 19. Далее запыленный воздух проходит через матерчатый фильтр 10. Затем воздух с особо мелкой пылью поступает во внутреннюю полость фильтра тонкой очистки 11, фильтруется его активной боковой поверхностью и через отвод 25, выходной патрубок 8, трубу - воздуховод 7 и патрубок 6 поступает в вентблок и выбрасывается агрегатами 5 из пылесоса через выхлопные окна 4. Данный вариант конструкции предназначен для сбора просыпи и грубой примеси в бункер. Возможен и второй вариант конструкции только для сбора пыли, где вместо бункера 19 крепится только крышка 15.

В конструкции по второму варианту установка для очистки пыли из пылесоса (рисунок 2) выглядит следующим образом: бункер 20 с грубой примесью и пылью отсоединяется при помощи защелок 16. Вместо него на дно пылесоса крепится крышка 15, которая отсоединяется сверху с помощью защелок 16. Затем заслонка 24 переходит в закрытое положение, тем самым перекрывает движение воздуха в фильтр тонкой очистки 11. Присоединяется ниппель 27 через пневмораспределитель 28 со шлангом, который крепится к баллону со сжатым воздухом. Отсоединяется шланг – воздуховод 17 и крепится шланг, который соединен с пылеотделителем, в котором собирается пыль.

Сжатый воздух подается внутрь пылесоса через пневмораспределитель 28 импульсами, и матерчатый фильтр 10 под его давлением изгибается вниз и с помощью возвратной пружины



23 производит колебательные движения. С помощью такой операции встряхивания фильтр освобождается от оставшейся пыли. Далее пыль с воздухом направляется через шланг в пылеотделитель, где пыль осаждается, что позволяет избежать ручной очистки.

Рисунок 1 – Принцип работы пылесоса

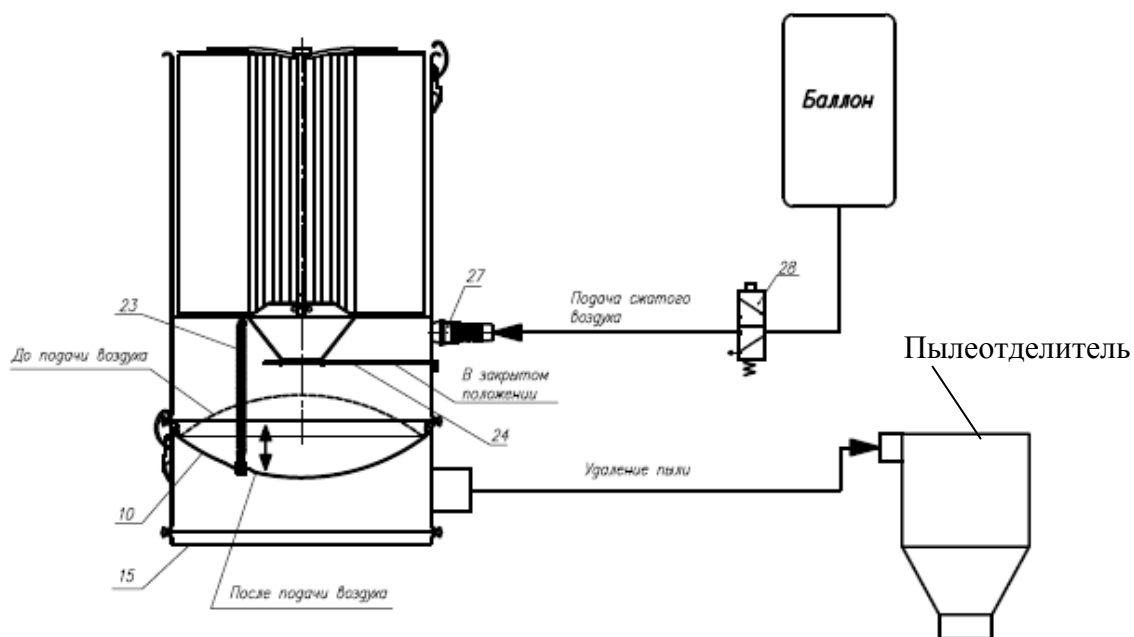


Рисунок 2- Установка для очистки пылесоса от пыли

- ▷ — очищенный воздух
- ▷ — запыленный воздух с грубой примесью
- ▷ — запыленный воздух с особо мелкой пылью
- ▷ — запыленный воздух
- ▷ — грубая примесь

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЕЙ ДВУХФАЗНЫХ ПОТОКОВ

Сотниченко А.Д. – аспирант каф. МАПП, Тарасов В.П. – зав. каф., к.т.н., проф.,
научный руководитель

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

Пневмотранспорт является одним из прогрессивных способов механизации и автоматизации перемещения насыпных грузов. Этот вид транспорта нашел применение практически во всех отраслях народного хозяйства. С его помощью транспортируют цемент и муку, сахар и соду, зерно и технический углерод, стиральные порошки и крупы, песок и золу, взрывчатые вещества и многие другие сыпучие материалы.

Такое широкое распространение этот вид транспортирования получил благодаря целому ряду достоинств. Транспортирование осуществляется в закрытых материалопроводах по сложным трассам на значительные расстояния. Пневмотранспортные установки имеют минимальное количество движущихся частей, процесс удается легко автоматизировать, исключаются потери материала. Материал можно забирать из нескольких мест и направлять в различные пункты назначения.

Для реализации последней функции используется так называемый переключатель потока - устройство изменяющее траекторию движения аэросмеси. Необходимость распределения материала по нескольким местам назначения возникает во многих отраслях производства. Так на предприятии строительных материалов, в пищевой и химической промышленности сыпучие материалы направляют иногда в десятки бункеров. При этом многие предприятия имеют непрерывный режим работы. В этой связи возникает необходимость изменения направления движения потока во время работы пневмотранспортной установки. Однако существующие конструкции переключателей потока не позволяют это сделать, т. к. нарушается устойчивость работы пневмотранспортной системы. Поэтому, как правило, транспортирование прекращают, трубопровод продувают, а затем осуществляют переключение. Что бы не останавливать весь цикл производства устанавливают накопительные емкости. Это, в свою очередь, вынуждает проектировать пневмотранспортную сеть с расчетом на большую производительность.

В пневмотранспортных установках нашли свое применение и используются двух- и многопозиционные переключатели самых различных конструкций: переключатели пробкового типа, с плоской перекидной заслонкой, пережимного типа, с жесткой перекидной трубой, с гибким перекидным шлангом, многопозиционные револьверные, с шарообразным клапаном, с плоским качающимся клапаном, с поворотным клапаном, с аэролотком и др.

Пробковые переключатели потока хорошо зарекомендовали себя и широко используются в хлебопекарной, зерноперерабатывающей, химической, цементной отраслях производства. Основным недостаток - необходимость точного изготовления сопрягаемых деталей подвижных элементов компенсируется простотой конструкции. Переключатели этого вида плохо приспособлены для абразивных материалов; при попадании частиц в зазор происходит заклинивание рабочего органа.

Из-за наличия передаточных механизмов и рабочих частей внутри трубопровода, по которому движется двухкомпонентный поток, переключатели с плоской перекидной заслонкой, с шарообразным клапаном, с плоским качающимся и поворотным клапаном имеют высокое гидравлическое сопротивление. Использование уплотнительных устройств в виде эластичных элементов позволяет не предъявлять высоких требований к точности изготовления сопрягаемых деталей и применять их в установках, работающих при высоком избыточном давлении.

Основным элементом переключателя пережимного типа является эластичный элемент, который под воздействием внешнего усилия может перекрывать проходное сечение трубопровода. Переключатель этого вида, возможно, использовать только для

мелкодисперсных, не абразивных материалов. В противном случае в месте зажима частицы разрушают эластичный элемент и не достигается требуемая герметичность.

Многопозиционные переключатели с жесткой перекидной трубой, гибким перекидным шлангом и револьверного типа применяются для подачи материала по нескольким направлениям (иногда до 16). Основным недостатком переключателей этого типа заключается в необходимости достижения высокой точности сопрягаемых подвижных и неподвижных частей клапана. При этом некоторые из вышеназванных переключателей имеют по два таких соединения, что накладывает еще более высокие требования к их изготовлению и ограничения по использованию (из-за высокой стоимости и ограниченности транспортируемых материалов).

Переключатели с аэролотком являются многопозиционными. Отличительной характеристикой этого переключателя является наличие аэролотка - устройства создающего разрежение внутри одного из двух выходных материалопроводов. Разрежение вызывает увеличение прижимной силы клапана, тем самым обеспечивает большую герметичность. Однако введение аэролотка в конструкцию ведет к усложнению и соответственно удорожанию переключателя.

В настоящее время на рынках России из отечественных производителей переключателей потока одним из наиболее известных и крупных производителей является завод цементного оборудования в г. Красногорске. Однако выпускаемые им переключатели потока отличаются высокой материалоемкостью, большими размерами и предназначены только для изменения движения потока в двух направлениях. Это во многих случаях (при необходимости подачи материала более чем в два места) вынуждает отказываться от их использования или устанавливать несколько переключателей. Последнее приводит к удорожанию установки и загромождению производственных помещений.

Имеющиеся на рынке России зарубежные переключатели потока (немецкие, итальянские, швейцарские, турецкие, китайские и др.) в своем большинстве отличаются дороговизной. Большинство из них предназначены для изменения движения в двух направлениях, а их применение ограничено, как правило, давлением в 100-200 кПа.

Все известные переключатели потока как отечественные, так и зарубежные не предполагают переключение направления движения двух компонентного потока во время работы установки.

Проведенные патентные исследования позволили выявить только в России около 200 выданных патентов. Это свидетельствует о наличии существенных недостатков современных переключателей потока и необходимости работы по их совершенствованию.

Т. о. проведенный анализ выпускаемых промышленностью (как в России, так и за рубежом) переключателей потока, а также перспективных конструкций позволяет утверждать, что как существующие на рынке, так и предлагаемые конструкции не в полной мере удовлетворяют нуждам и запросам производства. В качестве гермитизационных устройств во многих переключателях применяется подвижные элементы (шары, пробки, поршни и т. д.), которые сопрягаются с неподвижными частями с небольшими допусками. Это приводит к удорожанию конструкции, а попадающие в зазоры между подвижными и неподвижными элементами частиц транспортируемого материала способствует заклиниванию механизма и его износу. Большинство известных переключателей потока имеют возможность осуществлять движение аэросмесь только по двум направлениям, тогда как во многих случаях требуется направлять аэросмесь в гораздо большее число мест назначения.

На сегодняшний момент не имеется аналогов способных производить переключение потока на ходу. Одной из основных причин этого является недостаточность сведений о влиянии переключателей на устойчивость процесса пневмотранспортирования, т. к. именно из-за нарушения устойчивости процесса такая сложная процедура – изменение направления движения аэросмеси осуществляется с остановкой транспортирования.

АПРОБАЦИЯ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПНЕВМОТРАНСПОРТНЫХ УСТАНОВОК С УЧЕТОМ ПЕРЕХОДНЫХ И НЕУСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ

Феско М.А. – студент, Тарасов В.П. – зав. каф. МАПП, к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Пневматический способ транспортирования, благодаря целому ряду достоинств, с успехом применяется для перемещения широкого круга самых различных материалов (в пищевой промышленности это сырье, полуфабрикаты, готовая продукция, отходы). Однако вследствие сложности происходящих при этом явлений разработанные его модели отличаются многочисленными упрощениями и, как следствие, при расчете и проектировании систем пневмотранспорта закладываются необоснованные коэффициенты запаса. Это приводит к завышению энергетических показателей, а также к нарушению устойчивости работы пневмотранспортной установки.

На кафедре Машин и аппаратов пищевых производств в результате теоретических и экспериментальных исследований предложена математическая модель пневмотранспортирования [1], учитывающая переходные и неустановившиеся режимы работы пневмотранспортной установки и взаимное влияние характеристик используемого оборудования. На основании этой модели разработаны методика и программа для расчета нагнетающих пневмотранспортных установок [2]. Однако практическое использование методики и программы широко не апробировано и ограничено опытом самих авторов. Кроме того апробирование выполнено лишь на узком круге из всего многообразия исходных данных.

Ниже с целью разработки предложений по совершенствованию методики анализируются результаты расчета и проектирования пневмотранспортной установки для транспортирования муки.

Рассчитываемая система пневмотранспорта представляет собой однотрубную пневмотранспортную установку с приведенной длиной транспортирования 150 м. Перемещаемый материал – мука, производительность 1,39 кг/с. В качестве источника гидравлической энергии используется двух-роторный компрессор типа ЗАФ, питающим устройством служит винтовой питатель типа ПШС.

Результаты автоматизированного расчета – изменение основных параметров пневмотранспортирования по длине и во времени – представлены на рисунках 1 и 2. Полученные графические зависимости соответствуют физической сущности процессов, а в установившийся период работы согласуются с результатами гидравлических расчетов. Колебания параметров пневмотранспортирования в переходных периодах работы достаточно существенны, что говорит о необходимости учета этих периодов при расчете и проектировании систем пневмотранспорта.

Падение скорости воздуха в момент загрузки происходит по четырем причинам: 1) вследствие уменьшения производительности воздуходувной машины в соответствии с ее характеристикой; 2) из-за увеличения плотности воздуха при повышении давления; 3) вследствие накопления дополнительного количества воздуха в воздухоподводящем оборудовании; 4) из-за увеличения утечек воздуха из питателя.

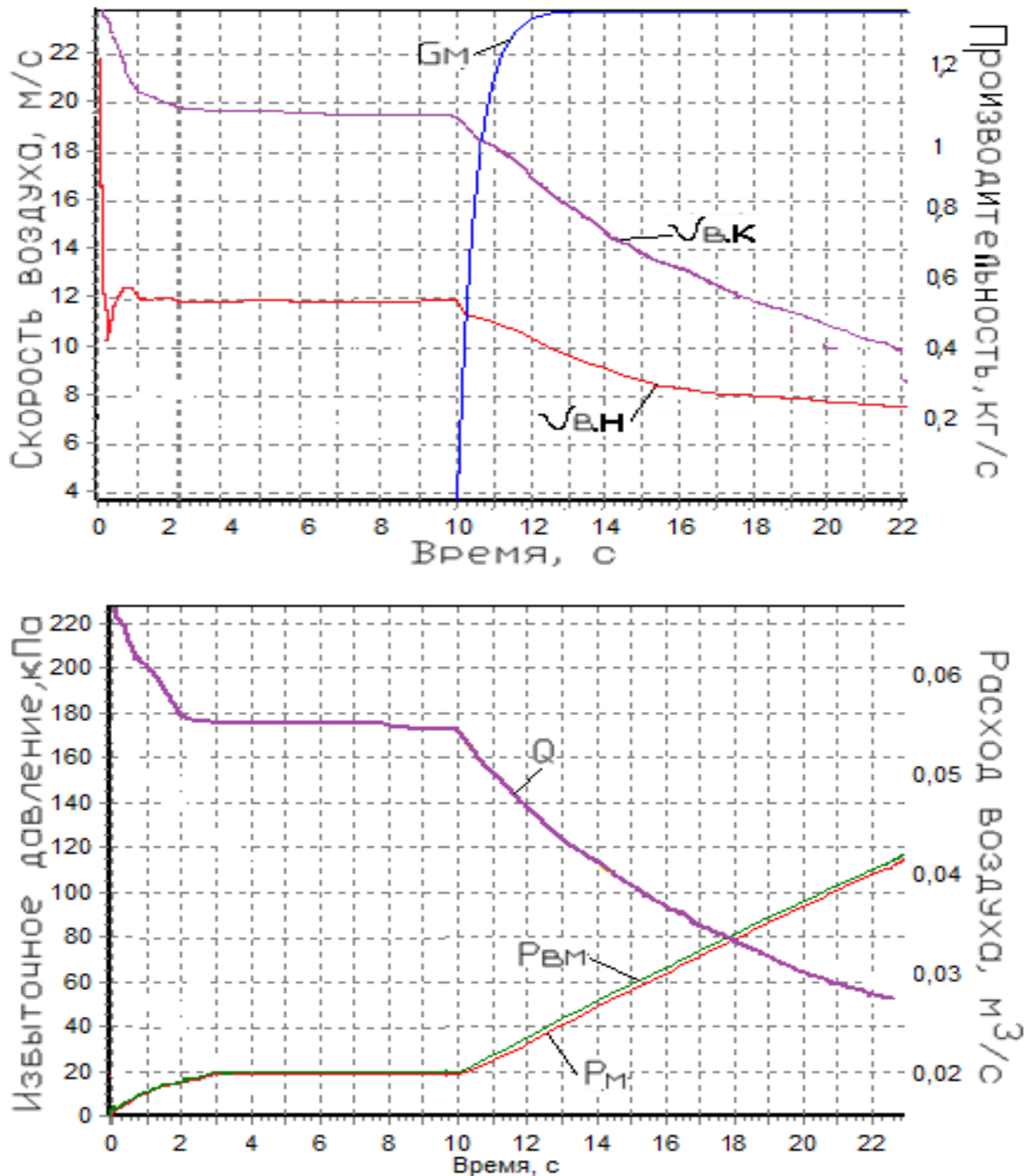
Объемная концентрация на криволинейных участках (в отводах) увеличивается из-за уменьшения скорости материала в соответствии с условием неразрывности потока:

$$G_m = \sigma \cdot \rho_m \cdot v_m \cdot F,$$

где G_m – производительность, кг/с; σ – объемная концентрация материала; ρ_m – плотность материала, кг/м³; v_m – скорость материала, м/с; F – площадь поперечного сечения материалопровода, м².

Поскольку в этом уравнении применительно к принятым исходным данным $\rho_m = \text{const}$, $D = \text{const}$, следовательно, $F = \text{const}$. Скорость же материала в отводах уменьшается по причине появления дополнительных сил сопротивления из-за центробежной силы.

В целом предлагаемая автоматизированная методика расчета и проектирования отражает существо происходящих физических явлений и может использоваться для оценки параметров однотрубных пневмотранспортных установок в неустановившиеся периоды работы. Полученная в результате такого расчета информация может быть полезна для оценки устойчивости работы пневмотранспортной установки.



$v_{в.н}$ – скорость воздуха в начале материалопровода, $v_{в.к}$ – скорость воздуха в конце материалопровода, $P_{в.м}$ – избыточное давление воздуходувной машины, $P_{м}$ – избыточное давление в начале материалопровода, Q – расход воздуха.

Рисунок 1 – Диаграммы изменения скорости воздуха и избыточного давления во времени

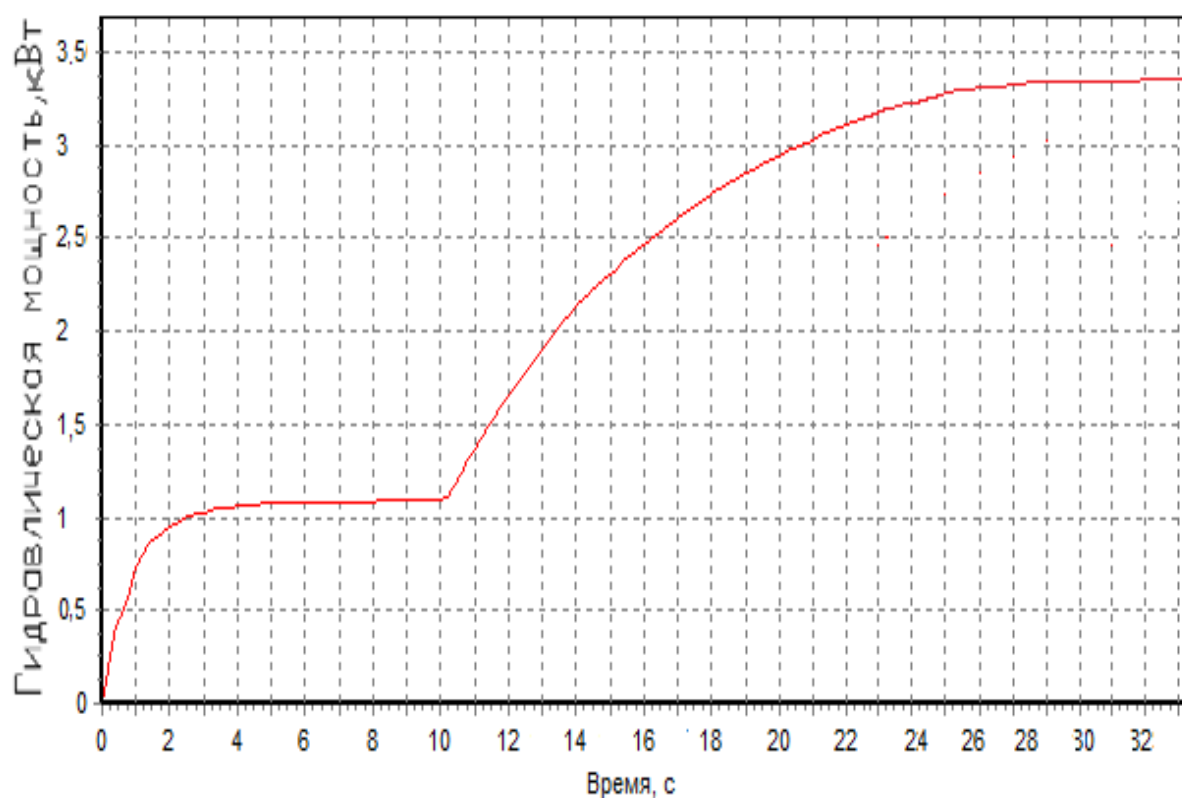
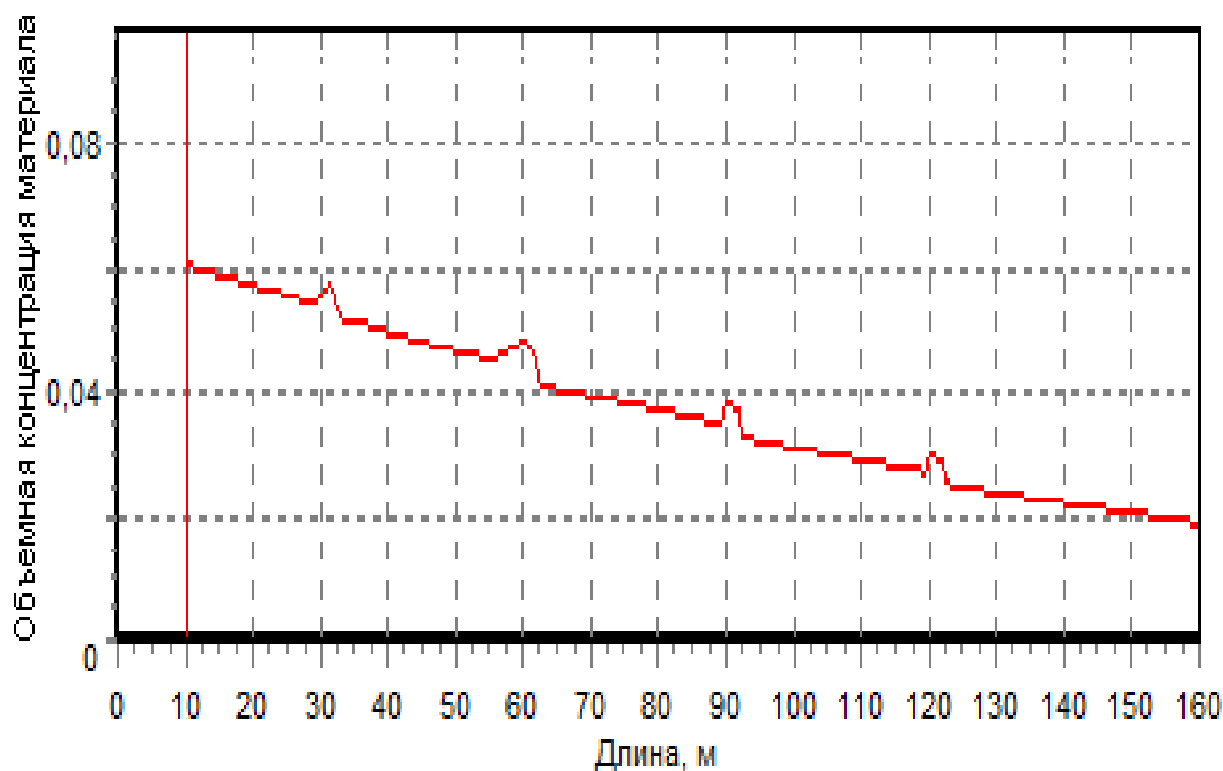


Рисунок 2 – Диаграммы изменения объемной концентрации материала по длине и гидравлической мощности во времени

Список литературы

1. Тарасов В. П. Элементы теории работы однотрубной пневмотранспортной установки / В. П. Тарасов // Изв. ВУЗов. Пищевая технология. — 2005. — № 5-6. — С. 81-85.
2. Тарасов В.П., Мухопад К.А., Яковлев А.В., Кошелев К.Б. Расчет пневмотранспортной установки. Свидетельство о государственной регистрации №2012616372 от 12.07.12

СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ОТВОДОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИ ПНЕВМОТРАНСПОРТИРОВАНИИ

Морозова Ю. В. – студент гр. МАПП-81, Хайрулин Д. М. – магистрант гр. 8ТМИО-21
Тарасов А. В. – к.т.н., доцент кафедры МАПП

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

Основным недостатком пневмотранспорта является высокое удельное энергопотребление. Один из способов решения этого недостатка: проектирование пневмотранспортных установок, работающих на границе устойчивости. В данном случае под устойчивостью понимается такая скорость аэросмеси в материалопроводе, при которой происходит непрерывное транспортирование материала.

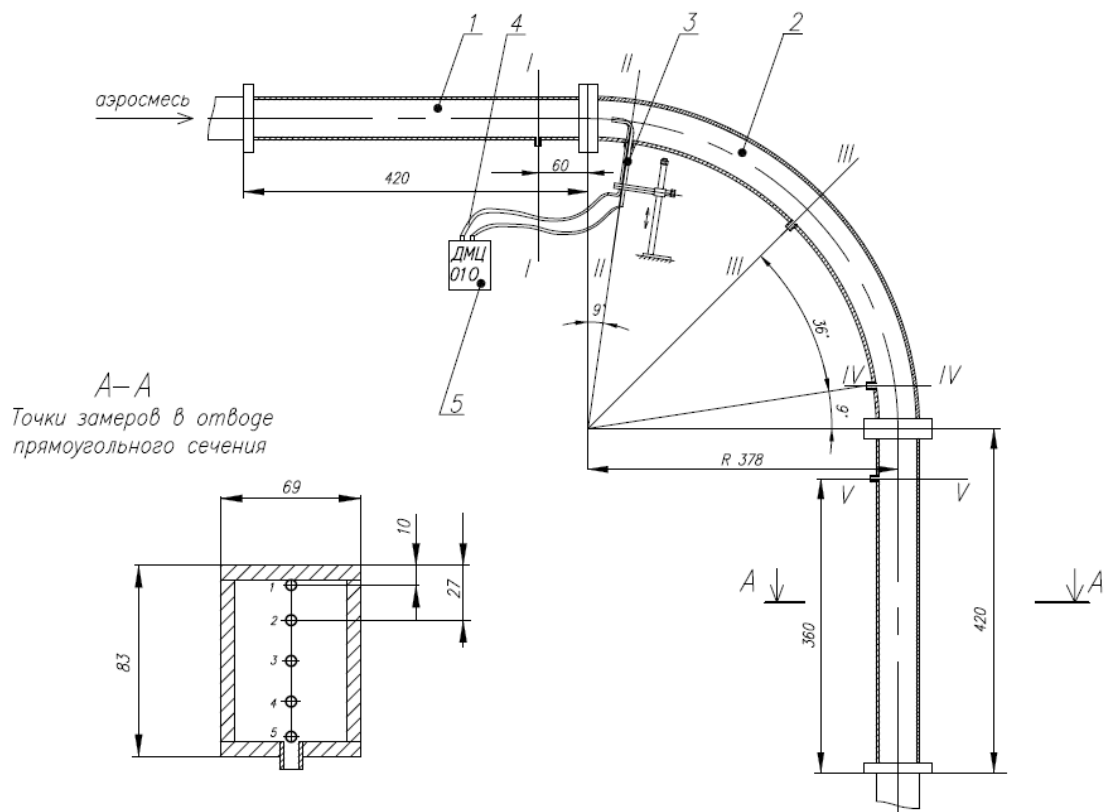
При смене направления двухфазного потока в отводах материалопровода происходит снижение скорости частиц. Таким образом, отводы способствуют образованию завалов, т. е. прекращению движения материала, и при проектировании приходится увеличивать расчетную скорость воздуха и закладывать более производительное (а, следовательно, и более затратное) оборудование, что ведет к увеличению энергоемкости пневмотранспортирования. В связи с этим отводы являются одним из наиболее энергоемких элементов материалопровода и опасным узлом с точки зрения обеспечения надежности работы пневмотранспортирования.

Исследованием движения двухфазных потоков занимались Володин Н. П. [1], Зуев Ф. Г. [2], Малис А. Я. [3], Дзядзио А. М., Кеммер А. С. [4] и другие, в результате чего были получены эмпирические зависимости и разработаны методики расчета пневмотранспортных установок. Тем не менее, для расчета потерь давления в материалопроводах и местных сопротивлениях (отводах) используются эмпирические коэффициенты, которые усреднены и завышены.

Известно, что при изменении направления потока в общем случае на частицу действуют силы инерции, зависящие от массы частицы и ее ускорения, и аэродинамические силы, зависящие от ламинарных и турбулентных потоков. По длине и по сечениям отвода распределение частиц с разной массой под действием этих сил будет различным. Для снижения энергоемкости на предприятиях все чаще используются пневмотранспортные установки высокой концентрации твердой фазы. При этом взаимодействие воздуха, твердых частиц и частиц между собой при таком процессе сложно и мало изучено. Таким образом, объектом исследования является пневмотранспортная установка высокой концентрации для перемещения мелкодисперсного материала (муки). Предполагается определить закон распределения этих частиц по сечению и длине отвода и предложить средства и меры для уменьшения сопротивления, а, следовательно, и энергоемкости.

Для исследования влияния отводов на устойчивость пневмотранспортирования спроектирован, изготовлен и смонтирован экспериментальный стенд. На первом этапе работы предполагается исследовать динамические силы, которые воздействуют на частицу двухфазного потока в отводе. Эти силы определяются динамическим давлением или скоростью воздуха.

Распределение динамических давлений и пересчитанных скоростей по сечению отвода было экспериментально исследовано на стенде с помощью комбинированного приемника давления и дифференциального цифрового манометра ДМЦ-010. На рисунке 1 представлена конструкция отвода экспериментального стенда и схема измерения динамического давления.



1 – прямик; 2 – отвод; 3 – комбинированный приемник давления; 4 – соединительные шланги; 5 – манометр дифференциальный цифровой ДМЦ-010.

Рисунок 1 – Схема измерения динамического давления на участке стенда (отвода)

Обобщенные результаты исследований представлены на графике (рисунок 2) распределения скоростей при разных расходах воздуха.

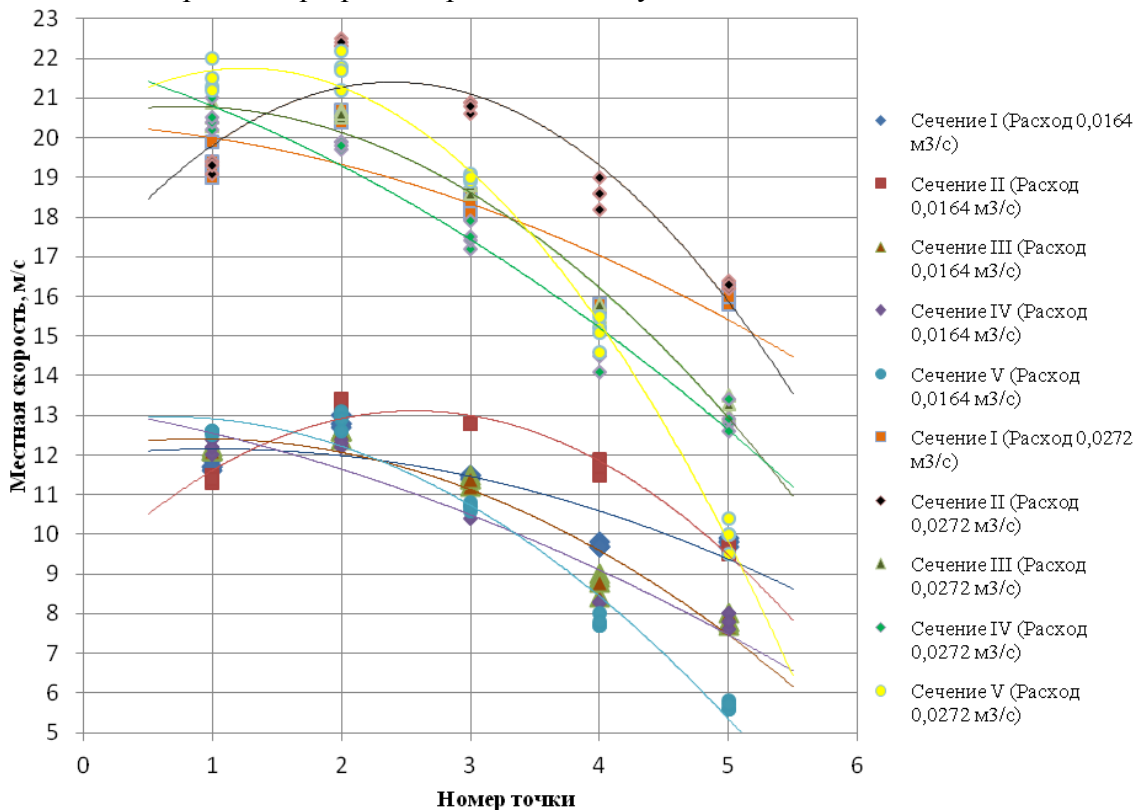


Рисунок 2 – График распределения скоростей по сечениям отвода при расходе воздуха $0,0164 \text{ м}^3/\text{с}$ и $0,0272 \text{ м}^3/\text{с}$

Анализ полученных результатов показывает, что характер распределения скорости воздуха по сечению отвода (точки 1-5) совпадают с известными результатами [5] и характер распределения не зависит от расхода воздухоудвнной машины. Характер распределения скоростей по сечению по длине отвода (сечения I-V) меняется незначительно.

В ходе проведенных работ был спроектирован, изготовлен и смонтирован экспериментальный стенд, определены динамические силы воздуха, которые оказались неравномерны по сечению, получен предельный случай пневмотранспортирования, когда концентрация равна нулю. По существу, по природе и характеру данное распределение скоростей не отличается от описанного [5]. Таким образом, можно говорить о том, что стенд и методы измерения пригодны для последующих исследований.

Список литературы

1. Володин Н. П. Справочник по аспирационным и пневмотранспортным установкам / Н. П. Володин, М. Г. Касторных, А. И. Кривошеин. – М.: Колос, 1984. – 288 с., ил.
2. Зуев Ф. Г. Исследование сопротивлений отводов при пневматическом транспортировании зерна и продуктов его переработки: автореферат диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата технических наук / Ф. Г. Зуев, - Одесса - 1961. – 20 с.
3. Малис А. Я. Пневматический транспорт для сыпучих материалов / А.Я. Малис, М.Г. Касторных, - М.: Агропромиздат, 1985. -344с., ил.
4. Дзядзио А. М. Пневматический транспорт на зерноперерабатывающих предприятиях / А.М. Дзядзио, А.С., Кеммер, - М., 1967. - 288с., ил.
5. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / Под ред. М. О. Штейнберга. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.: ил.

ВЛИЯНИЕ СТЕСНЕННОСТИ НА КОЭФФИЦИЕНТ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА

Абрамова О.П., Струков Р.В., Черников А.Ю.– студенты гр. МАПП-91,
Ковалева А.Н. –магистрант гр. 8ТМиО-21, Тарасов В.П. – зав. кафедрой, к.т.н.,
профессор, научный руководитель

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

Пневмотранспорт, на сегодняшний день, является прогрессивным способом механизации и автоматизации перемещения насыпных грузов. Одним из основных недостатков системы пневмотранспортирования является возможность появления неустойчивости в работе и прекращение транспортирования. В производственных условиях такие явления крайне нежелательны, поскольку зачастую связаны с остановкой технологической линии или всего производства. Чтобы избежать этого завышают скорость энергоносителя (воздуха), что в свою очередь ведет к целой цепочке негативных последствий:

- увеличению энергозатрат на процесс;
- увеличению скорости материала, а как следствие повышенному износу частей материалопровода и разрушению частичек транспортируемого материала;
- увеличению выбросов, загрязняющих окружающую среду;
- увеличению затрат на очистку воздуха.

Процесс транспортирования отличается сложностью и пока не удается разработать удовлетворительную математическую модель, позволяющую спрогнозировать границы устойчивости работы системы. Чтобы избежать появления неустойчивости, проектировщики вынуждены закладывать значительные запасы по параметрам процесса и существенно завышать энергетические показатели пневмотранспортных установок.

На кафедре Машины и аппараты пищевых производств предложена физическая модель, и, на ее основе, разработана математическая модель процесса пневмотранспортирования.

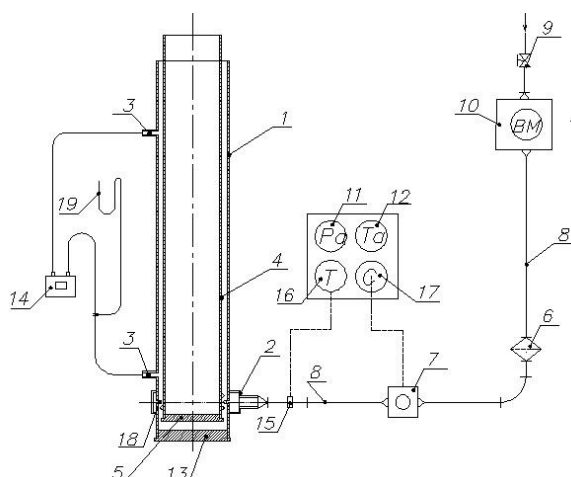
Основными ее особенностями является возможность учета влияния переходных и неустановившихся периодов на работу пневмотранспорта. При этом сама пневмотранспортная установка рассматривается как система взаимовлияющего оборудования. Основным элементом этой системы является материалопровод, по которому движется аэросмесь. К числу основных сил, влияющих на движение аэросмеси, относятся силы аэродинамического взаимодействия движущегося потока с частицами транспортируемого материала, F_a и сила взаимодействия потока со стенками ограждающего канала, R_c .

Во многих случаях сила R_c существенно меньше F_a и при определении потерь давления в материалопроводе её часто не учитывают. Однако, исследования показали, что при оценке устойчивости влиянием силы сопротивления со стенками канала не всегда следует пренебрегать. Это объясняется тем, что нарушение устойчивости связано с уменьшением скорости воздуха и определяется не только величиной участвующих в процессе движения сил, а соотношением их градиентов (изменением их во времени).

Существенное влияние на величину силы R_c оказывает, так называемый, коэффициент гидравлического сопротивления λ . Его величина, в свою очередь, зависит от размеров канала, шероховатости стенок и стесненности потока. При движении чистого воздуха такая зависимость экспериментально определена. На основе экспериментальных данных предложено большое количество эмпирических зависимостей для нахождения этого коэффициента. В условиях пневмотранспорта в подавляющем большинстве случаев величину коэффициента λ принимают такой же, как и при движении чистого воздуха, а за определяющий размер канала, как при нахождении силы R_c , так и при нахождении коэффициента λ принимают размер трубопровода. Это нельзя считать обоснованным, так как наличие материала вызывает искажение эпюры скоростей. Она (эпюра) становится более выровненной, следовательно, изменится и силовое взаимодействие со стенкой. Принято стесненность учитывать эквивалентным диаметром. Однако, даже среди узких специалистов есть немало противоречий по этому вопросу, и, как следствие, предложено большое количество выражений для расчета сил и коэффициентов, результаты расчетов по которым могут существенно отличаться.

С целью уточнения влияния стесненности и выбора приемлемого при расчете систем пневмотранспорта выражения, для определения коэффициента λ предлагается провести две серии опытов. На первом этапе (первая серия) экспериментально устанавливается влияние эквивалентного размера канала на величину силы R_c и коэффициент λ . При этом, стесненность моделируется изменением живого (проходного) сечения канала, по которому движется поток чистого воздуха. На втором этапе будет моделироваться двухфазный поток, находиться силы R_c и F_a и коэффициенты C и λ . При этом аэродинамическая сила F_a и коэффициент C определятся в результате прямых измерений, а сила R_c и коэффициент λ будут найдены с учетом стесненности потока.

В настоящей работе представлены некоторые результаты исследований первого этапа. Исследования проводили на стенде, схема которого представлена на рисунке 1.



1 – трубопровод; 2 – впускной кольцевой патрубков; 3 – штуцер; 4 – труба меньшего диаметра; 5 – заглушка; 6 – фильтр; 7 – газовый счетчик; 8 – воздуховод; 9 – вентиль; 10 – воздуходувная машина; 11 – барометр; 12 – термометр; 13 – крышка; 14 – микроманометр; 15 – датчик температуры; 16 – вторичный прибор температуры; 17 – секундомер; 18 – система отверстий; 19 – манометр.

Рисунок 1 – Схема экспериментального стенда

Одним из основных элементов стенда является трубопровод 1, внутренним диаметром 50 мм, стесненность на первом этапе моделировалась с помощью сменных вставок 4, в качестве которых служили трубы меньшего диаметра. Источником гидравлической энергии является воздуходувная машина 11, производительность которой можно изменять вентилем 9. Воздух в измерительный участок (канал) подается через систему трубопроводов 8, и устройств для очистки 6. С целью уменьшения длины стабилизирующего участка подача воздуха в канал осуществляется через систему отверстий 19 и кольцевой патрубков 2. Параметры воздушного потока давление температура контролируется приборами 16, 17, 20. Для определения расхода воздуха используется комплект ротационных счетчиков 7 и секундомер 18, а потери давления на измерительном участке, ΔP -микроманометром 15. Для измерения перепада давления, по длине исследуемого участка трубопровода установлены штуцеры 3. Эксперименты проведены для четырех эквивалентных диаметров канала.

Результаты опытов представлены на рисунке 2. Здесь же, на рисунке, приведены расчетные значения коэффициентов, вычисленные по известным выражениям.

Полученные результаты свидетельствуют:

1) при больших числах Re (более 2000) значения коэффициента λ неплохо соответствует литературным данным;

2) учет стесненности эквивалентным диаметром можно считать вполне приемлемым и допустимым при расчете коэффициента λ для систем пневмотранспортирования;

3) сравнение полученных экспериментальных значений с имеющимися эмпирическими выражениями для определения коэффициента λ дает основание рекомендовать пересчитать его величину по выражению Альтшуля (при $Re > 2000$):

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{k_{\text{э}}}{d_{\text{ЭКВ}}} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}, \quad (1)$$

где $k_{\text{э}}$ – эквивалентная шероховатость, мм

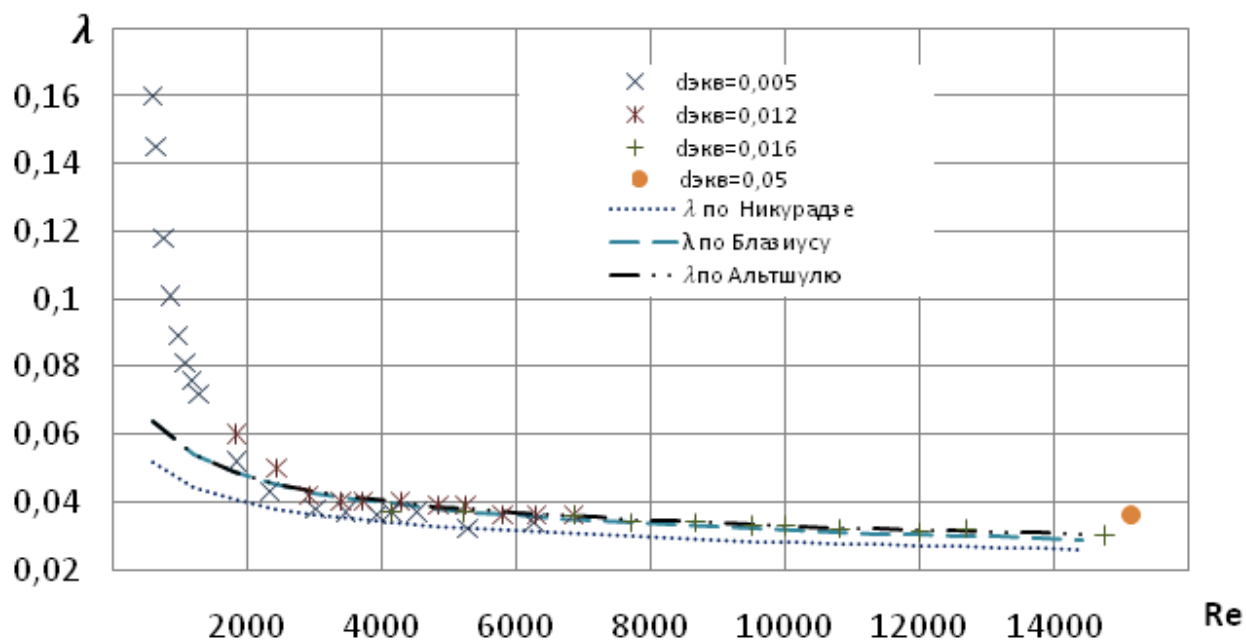


Рисунок 2 График зависимости коэффициента гидравлического сопротивления от числа Рейнольдса

Сделанные выводы нельзя считать окончательными, поскольку на втором этапе предполагается продолжить исследования и получить дополнительную информацию о влиянии стесненности на силы R_c , F_a и коэффициенты λ и C , а так же определиться с расчетным выражением для λ при $Re \leq 2000$.