

Авторизовано
Д 53

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
имени М.В.Ломоносова

На правах рукописи
Для служебного пользования
Экземпляр № 00091

ДМИТРУК Евгений Адамович

УДК 62-784.4:636.085.55

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АСПИРАЦИОННЫХ
И ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ КОМБИКОРМОВЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА

Специальность: 05.18.02 - технология зерновых, бобовых,
крупяных продуктов и комбикормов

Автореферат диссертации на соискание
ученой степени доктора технических наук

Одесса - 1987

ДСП. Вх. №	5
Оси.	л.
16	03 1987 г.

Работа выполнена в Украинском филиале Всесоюзного научно-исследовательского института комбикормовой промышленности, г.Киев.

Официальные оппоненты: -доктор технических наук,
профессор Мерко И.Т.

-доктор технических наук,
профессор Зуев Ф.Г.

-доктор медицинских наук,
профессор Мартынова А.П.

Ведущая организация - Всесоюзный научно-исследовательский институт зерна
ВНПО "Зернопродукт" (г.Москва)

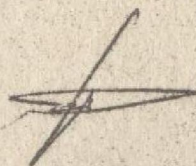
Защита состоится "16" апреля 1987 г. в 10³⁰ час.

на заседании специализированного совета Д 068.35.01 при Одесском технологическом институте пищевой промышленности имени М.В.Ломоносова, 270039, г.Одесса, ул.Свердлова, 112.

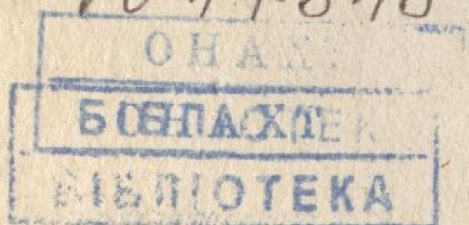
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесского технологического института пищевой промышленности им.М.В.Ломоносова.

Автореферат разослан "16" марта 1987 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
кандидат технических наук,
доцент



Е.Г.Кротов



Актуальность темы. В реализации Продовольственной программы СССР важное место принадлежит комбикормовой промышленности.

Становление и быстрое развитие комбикормовой промышленности в 60...70-ых годах выявило ряд сопутствующих недостатков: несовершенство отдельных технологических процессов и машин, взрывоопасность производства, повышенное пылеобразование, неудовлетворительные условия труда, потери кормовых продуктов и загрязнение ими окружающей среды. За последние 25 лет на комбикормовых заводах произошло свыше 40 пылевоздушных взрывов, вызвавших большие разрушения зданий и травмы обслуживающего персонала. Это обусловлено, прежде всего, отсутствием научных основ пылеобразования при производстве комбикормов. Технология комбикормов включает процессы приема, размещения, подготовки, переработки и отпуска многочисленных и разнородных по своим свойствам продуктов, а их взаимодействие с рабочими органами машин и воздухом приводит к образованию материаловоздушных потоков. Хотя до 1969 г. были выполнены отдельные научно-технические и проектно-конструкторские разработки, однако они не обеспечили заметных успехов в снижении пылевыведений. Отчасти это связано и с тем, что отсутствовала научная систематизация и классификация процессов пылеобразования, пылевыведения и движения пылевоздушных потоков в транспортно-технологических линиях комбикормовых заводов. Поэтому научная систематизация причин пылеобразования, способов и средств снижения пылевыведения позволила определить направления первоочередных и перспективных исследований и разработать типовые принципиальные решения, получившие положительное подтверждение в производственных условиях.

Основное содержание работы составляет часть результатов исследований по шести плановым НИР (1970-1983гг.) Всесоюзного научно-исследовательского института комбикормовой промышленности Министерства хлебопродуктов СССР, в том числе по программам ГКНТ и Госплана СССР: 0,85.04. "Создать и внедрить эффективные методы и средства контроля загрязнения окружающей среды" и 0.74.08 . "Разработать и внедрить методы и средства, обеспечивающие дальнейшее повышение безопасности и оздоровление условий труда в народном хозяйстве".

Цель работы. Повышение эффективности и взрывобезопасности комбикормовых заводов.

На защиту выносятся: научные основы и практика формирования пылевоздушных потоков при производстве комбикормов; результаты исследования оптимальных режимов вертикального пневмотранспорта продуктов комбикормового производства; аэродинамические характеристики оборудования и самотеков; принципы образования и функционирования аспирационных транспортно-технологических систем (АТТС) повышенной взрывобезопасности на комбикормовых предприятиях.

Научная новизна: предложена классификация сырья и комбикормов по пылеобразующей способности и укрытий оборудования по герметичности;

определена взаимосвязь гранулометрического состава сырьевых компонентов, как объектов технологической обработки, с пылеобразованием, энергоемкостью производства, взрывобезопасностью предприятий и питательной ценностью комбикормов;

для производства комбикормов обоснованы и предложены режимы измельчения зернового сырья, обеспечивающие повышение качества и снижение пылевидных фракций;

установлена эжекция (увлечение) воздуха продуктами комбикормового производства при их движении по самотечным трубопроводам;

доказана и в производственных условиях подтверждена целесообразность использования протяженных укрытий оборудования и самотечных трубопроводов как воздухопроводящих каналов при проектировании аспирационных систем;

выявлены и предложены зависимости для расчета минимально допустимых скоростей воздуха и потерь давления при вертикальном пневмотранспорте продуктов комбикормового производства;

предложены открытые аэродинамические транспортеры для взрывопожаробезопасной разгрузки зерновой насыпи;

разработаны новые принципы компоновки воздуховодов и расчета объемов аспирационного воздуха транспортно-технологических линий;

разработана принципиальная аспирационная транспортно-технологическая схема комбикормового завода повышенной взрывобезопасности.

Практическая ценность работы. Впервые разработана и принята к использованию Министерствами хлебопродуктов СССР и УССР следующая нормативно-техническая документация:

методика расчета аэрожелобов для разгрузки зерновой насыпи (1972 г.);

правила расчета и технической эксплуатации аспирационных установок комбикормовых предприятий (1979 г.);

методика определения герметичности укрытий и объема воздуха, поступающего в оборудование через неплотности (1979 г.);

временная инструкция по наладке систем аспирации комбикормовых предприятий (1980 г.);

методика определения параметров газовых потоков и расчета выбросов пыли из стационарных источников разного типа предприятий Министерства заготовок СССР (1983 г.).

Совместно с институтом "Харьковский Промзернопроект" разработан проект аспирационных установок для типового комбикормового завода производительностью 630 т/сут. (1983 г.).

Полезность и эффективность аэрожелобов для зерна отмечена золотой медалью ВДНХ СССР (1973 г.), а разработки способов и средств снижения пылевыведений и загрязнения окружающей среды — дипломом Всесоюзного научно-технического общества (1982 г.).

Материалы исследований использованы при разработке "Указаний по проектированию внутрицехового пневматического транспорта на мельницах" и "Указаний по проектированию аспирационных установок комбикормовых заводов" утвержденных Министерством заготовок СССР, соответственно 20 октября 1973 г. и 13 августа 1984 г.

Апробация работы. Основные результаты работы были доложены и обсуждены :

на заседаниях Ученых и Координационных Советов по проблемам комбикормовой промышленности Минзага СССР при ВНИИП (1971...1982 гг.);

на Всесоюзных и республиканских совещаниях и семинарах Министерств хлебопродуктов СССР и союзных республик (РСФСР, УССР, Латвийской, Литовской, Молдавской, Казахской и Эстонской ССР в 1970...1982 гг.);

в специализированных проектных институтах Главпромзернопроекта Министерства хлебопродуктов СССР (гг. Москва, Киев, Харьков, Ростов, Куйбышев, Алма-Ата).

Реализация результатов исследований. Научные разработки использованы при проектировании усовершенствованных пневмотранспортных установок и аспирационных систем на ряде предприятий, в том числе в гг. Бендеры, Чернигове, Нежине, Киеве, Плунге, Кейле, Ивано-Франковске, Одессе. Они показали высокую эффективность и эксплуатируются на протяжении многих лет.

Аэродинамические транспортеры широко применяются для вентилирования зерна и разгрузки зерновых складов и приемных бункеров.

В соответствии с планом научно-технического сотрудничества результаты разработок внедрены на ряде предприятий Народной Республики Болгарии.

Публикация результатов. По результатам исследований опубликованы: книга (1976 г.) и 28 статей.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов и предложений производству, списка литературы, включающего 265 наименований. Работа изложена на 329 страницах машинописного текста, содержит 22 таблицы, 89 рисунков, 9 приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В введении определена актуальность работы, ее народно-хозяйственная значимость, сформулированы цели и задачи исследований. Показано, что основные научные результаты получены при выполнении Государственного тематического плана НИР Министерства хлебопродуктов СССР в 1970... 1983 гг. по проблемам совершенствования производства и улучшения условий труда в комбикормовой промышленности.

В первой главе приведен анализ литературных данных, из которых следует, что применительно к комбикормовой промышленности отсутствуют исследования, направленные на изыскание и разработку способов и средств предупреждения пылевоздушных взрывов, источников и причин образования пылевоздушных потоков.

В системе рекомендуемых мероприятий для уменьшения пылевыведений предлагается комплексный подход: совершенствование технологии, оборудования и аспирационных систем.

Однако, все существующие рекомендации и практические решения основаны на экспериментальных исследованиях применительно к

конкретным материалам и оборудованию, т.е. имеют частный характер. Это затрудняет применение типовых надежных средств и устройств, обеспечивающих заданные концентрации пыли и условия взрывобезопасности. Так как комбикормовая промышленность имеет определенную специфику (многообразие разнородных продуктов, протяженные укрытия оборудования, многочисленные транспортно-технологические линии), то для разработки практических рекомендаций требовалось выполнить анализ проектных решений и производственного опыта, провести теоретические и экспериментальные исследования причин образования и движения материаловоздушных потоков и обосновать пути снижения взрывоопасности предприятий и обеспечения нормативной запыленности воздуха.

На основании литературных данных и требований промышленности (по техническим заданиям - заказам) было определено содержание предпринятых исследований:

изучение гранулометрического состава сырья, эффективности аспирационных установок и производственных ситуаций при пылевоздушных взрывах на комбикормовых предприятиях;

исследование процессов измельчения сырья, надежных и экономичных режимов пневмотранспортирования, эжекционного действия сыпучих продуктов и герметичности укрытий оборудования;

анализ технологических процессов и компоновки оборудования с позиции образования и движения материаловоздушных потоков;

разработка способов и средств уменьшения пылевоздушных потоков и повышение взрывобезопасности предприятий;

совершенствование технологических процессов.

Во второй главе приведены объекты, объемы и методики исследований.

Экспериментальные стендовые исследования выполнены во ВНИИЗе, ВНИИЖП и Украинском филиале ВНИИЖП.

Режимы работы аспирационных установок и пылевоздушная ситуация в производственных помещениях комбикормовых заводов определены путем аэродинамических и пылевых замеров на трех действующих предприятиях: Болшевском, Никопольском и Николаевском комбинатах хлебопродуктов.

Из показателей физико-механических свойств компонентов и комбикормов были выбраны: гранулометрический состав, скорость витания, распыляемость. Для анализов были выбраны 24 продукта, в том числе отруби; мука, измельченное зерно, шрот, мел, фосфат, дрожжи кормовые, сухое молоко, соли микроэлементов и комбикорм, которые достаточно представили совокупность применяемых компонентов комбикормов.

Анализ технологических схем и компоновки оборудования проведен по типовым проектным решениям (суточная производительность заводов 200, 315, 360, 420, 500, 630, 735 и 1050 т комбикормов) и фактическим - на действующих предприятиях.

В условиях производства визуально и по аэродинамическим и пылевым замерам определяли места пылевыделения, протяженность транспортно-технологических линий, надежность функционирования механического и пневматического транспорта, систем аспирации.

Исследование процесса измельчения зерна проведено с целью повышения качества комбикормов и снижения пылевидной фракции. Была применена двухступенчатая схема измельчения на молотковой дробилке и вальцовом станке с промежуточным просеиванием продукта.

Исследования вертикального пневмотранспорта продуктов выполнено в двух режимах: всасывающем и нагнетательном.

Для определения минимально допустимых скоростей воздуха использовали приборы записи давлений и кино съемку процесса, а при определении скорости материала в трубопроводе - метод отсечных задвижек.

Экспериментальные исследования всасывающего пневмотранспорта выполнено в трубах высотой 18 м и диаметром 0,052... 0,15 м при удельном массовом расходе зернопродуктов 13... 278 кг/см³. Скорость витания продуктов составляла 1... 13 м/с.

При исследовании нагнетательного пневмотранспортера (высота 20 м, диаметр 0,05... 0,105 м) использованы следующие продукты: отруби пшеничные, измельченный ячмень, дрожжи, мука, подсолнечный шрот, мясокостная мука, соль, мел и комбикорм.

Аэродинамическая характеристика оборудования изучена на

стендовой установке и в производственных условиях Киевского, Калитянского и Никопольского комбикормовых заводов.

Эжекционное действие продуктов, перемещаемых по самотечным трубопроводам, исследовано на трех стендовых и двух полупромышленных установках. Самотечные трубопроводы стендовых установок имели длину 1,2; 4; 4,7; 5 м, а промышленных - 15 и 18 м и диаметр 0,14, 0,15 и 0,3 м.

В качестве подопытных продуктов использовали пшеницу, отруби, шрот подсолнечный и рассыпной комбикорм.

Унос пыли в аспирационную сеть изучен в производственных условиях Киевского комбикормового завода на трех видах наиболее распространенного оборудования: весах ДН-500, нории I-50 и конвейера ТСЦ-50 при перемещении зерна кукурузы, измельченного зерна, смеси пшеничных отрубей и травяной муки.

Экспериментальные исследования аэродинамического транспорта (аэрожелоба) для взрывобезопасной разгрузки зерновой насыпи проведены на стендовой установке Киевского комбикормового завода. Габариты аэрожелоба имитировали реальные условия зерновых складов, т.е. длина аэрожелоба составляла около 9 м. Основные опыты проведены при углах наклона аэрожелоба 0,2, 4 и 6° и ширине - 0,1, 0,15, 0,20 и 0,25 м. В качестве воздухо-распределительной решетки использовали чешуйчатые решета с дробилок с высотой отверстий 0,6, 0,8, 1,0, 1,3, 1,5, мм, что соответствует коэффициенту живого сечения 2,64, 5,51, 4,31, 5,72, 6,60 %. Исследования транспортных возможностей аэрожелобов проведены на пшенице, ячмене, овсе, горохе, кукурузе.

Запыленность воздуха в зерноскладе при использовании аэрожелобов для разгрузки зерна определена Кустанайской машино-испытательной станцией на Девладовском хлебоприемном предприятии Днепропетровской области по общепринятой методике.

Обработка отдельных серий опытов и сравнение расчетных с измеренными данными выполнено на ЭВМ. Для удобства анализа и практического использования экспериментальные и расчетные данные и зависимости изложены в виде формул, графиков и таблиц.

В третьей главе изложены результаты выполненных исследований и разработок.

Исследование условий возникновения и распространения пылевоздушных взрывов показало, что источником взрывов в 15 слу-

чаях из 46 на комбикормовых предприятиях были норрии и дробилки (см. табл. I и 2). Так как в норриях и дробилках всегда существует пылевоздушная смесь, то исключить или уменьшить вероятность пылевых взрывов можно ужесточением требований к технологической дисциплине, созданием внутри машин контролируемых пылевоздушных потоков или заменой норрий на пневмотранспортер.

Особая опасность существует от пыли, осевшей в воздуховодах на полу помещений, конструкциях машин и самотеках.

Анализ протекания пылевоздушных взрывов и их последствий показывают, что основные разрушения обусловлены повторными взрывами осевшей пыли, поднятой ударной волной от первичных взрывов. Поэтому необходимо разработать надежные аспирационные транспортно-технологические системы (АТС), исключающие выход пылевоздушных потоков из укрытий оборудования и обеспечивающих их безосадочное движение по воздуховодам и материалопроводам. В комплексе мер снижения взрывоопасности комбикормовых предприятий следует предусматривать уменьшение количества пылевидных фракций в сырье и точек отсоса воздуха, снижение запыленности аспирационного воздуха, сокращение протяженности горизонтальных участков воздуховодов и максимальное использование емких и протяженных укрытий оборудования (норий, цепных конвейеров) в качестве воздухопроводящих каналов.

Необходимо исключить применение норрий для транспортирования тонкодисперсных продуктов. Норрийные трубы часто являются причиной распространения горючих материалов по производственному помещению.

Повышенную взрывоопасность представляют собой норрии в совокупности с дробилками или вальцовыми станками. Поэтому необходимо стремиться к расширению использования пневматического транспорта, который позволяет регулировать концентрации материаловоздушных потоков и существенно снижает выход пыли в окружающую среду.

Опасность пыли комбикормового производства для человека обусловлена совокупностью факторов: разнородностью продуктов, как источника пыли и их бактериальной загрязненностью. Количество микроорганизмов в пробах пыли производственных помещений комбикормовых заводов может составлять от 4 до 155 тысяч микробных тел на 1 кубометр воздуха.

Таблица I

Пожары и взрывы на предприятиях Министерства хлебопродуктов СССР за период с 1971 г. по январь 1983 г.

Причины аварий	Всего		В том числе на комбикормовых предприятиях		Процентное отношение количества аварий на комбикормовых заводах к количеству всех аварий
	количество	% состав	количество	% состав	
Сварочные работы	27	27	11	24	41
Нории					
- общее количество	17	17	9	20	53
В т.ч.:					
- искры от ударов ковшей о кожух при падении ленты в шахту	4	4	3	7	75
- искры от ударов ковшей о кожух	4	4	3	7	75
- загорание от пробуксовки	4	4	1	2	25
Самовозгорание	15	15	12	26	80
Дробилки	6	6	6	13	100
Сушиллки	7	7	2	4	29
Вальцовые станки	3	3	-	-	-
Воздуходувки	3	3	-	-	-

Таблица 2

Распределение пылевоздушных взрывов по типам производств

Тип производств	Количество взрывов	
	% от общего числа	на 100 предприятий
Комбикормовые заводы	36	5
Мукомольные заводы	20	3
Элеваторы	27	2
Склады силосного типа	17	2,5

Фактическая запыленность воздуха производственных помещений новых комбикормовых предприятий превышает санитарные нормы и зависит от герметичности оборудования, гранулометрического состава продуктов и эффективности аспирационных установок.

Количество пыли, попадающей в окружающую среду при производстве комбикормов, зависит от неконтролируемого распыла на участках приема-отпуска и запыленности аспирационного воздуха. При исследовании распыла рассыпного комбикорма под действием воздушного потока установлено, что при изменениях скорости воздуха с 1 до 5 м/с и высоте падения 0,55 м количество распыляемого комбикорма возросло с 0,3 до 1,0 % по отношению к массе транспортируемого продукта, а при изменении высоты падения рассыпного комбикорма с 0,7 до 0,1 м количество уменьшилось с 0,6 до 0,03 % от исходной массы.

Фактическая запыленность воздуха, выбрасываемого в окружающую среду аспирационными установками действующих предприятий находится в больших пределах (от 9 до 388 мг/м³) и зависит от эффективности очистки и пылесодержания воздуха, отсасываемого от машин. На базе выполненных исследований и анализа работы действующих аспирационных установок совместно с ВНИИЗ разработана и принята Министерством хлебопродуктов СССР "Методика определения параметров газовых потоков и расчета выброса пыли из стационарных источников разного типа предприятиями Министерства хлебопродуктов СССР" (1983 г.).

При изучении режимов работы 30 аспирационных установок на трех комбикормовых заводах установлено, что фактические значения объемов аспирируемого воздуха существенно отличаются от нормативов и колеблются в больших пределах. Анализ этих данных и визуальные наблюдения в период обследования предприятий показывают, что значения объемов аспирируемого воздуха не могут служить показателем эффективности аспирационных установок.

Экспериментальные исследования влияния скорости воздуха в аспирационном отсасывающем патрубке на унос пыли из оборудования показали, что эта скорость не должна превышать 2 м/с при перемещении зерна, 0,8 м/с при перемещении мелкодисперсных продуктов. Эти значения скоростей воздуха включены в соответствующую нормативно-техническую документацию.

Надежность и стабильность работы аспирационных установок существенно зависит от скорости воздуха в горизонтальных участ-

ках воздуховода. Фактические скорости воздуха в воздуховодах составляли 4,7...36,3 м/с. Экспериментальными исследованиями движения воздуха в горизонтальном и наклонном воздуховодах установлено, что скорости воздуха, при которых происходит полный унос предварительно осевшей пыли зависит от свойств исходного продукта и размера частиц пыли. Эти данные подтвердили необходимость дифференцированного выбора скоростей воздуха для вертикальных, наклонных и горизонтальных участков воздуховодов. Для аспирационных установок, обслуживающих линии минерального сырья и готовой продукции, скорости воздуха должны быть не менее 18 м/с, в наклонных и горизонтальных участках воздуховодов. Результаты исследования сырья и комбикормов показали, что подопытные продукты являются полидисперсными, многие из них обладают повышенной распыляемостью и имеют сравнительно низкую скорость витания. На основе полученных данных предложена классификация сырья и комбикормов по распылению. Данные по распыляемости и гранулометрическому составу компонентов и комбикормов подтверждают обоснованность расширения использования пневмо- и аэрозольтранспорта для перемещения продуктов комбикормового производства, в т.ч. обезфторенного фосфата, известняковой муки, дрожжей и др.

В целях повышения качества готовой продукции, снижения распыляемости сырья и комбикормов и уменьшения запыленности воздуха, выбрасываемого в окружающую среду, были разработаны и защищены авторскими свидетельствами: "Способ получения распыленных комбикормов и устройство для его осуществления" (авт. св-во № 829086), "Дисковая дробилка" (авт. св-во № 637998), "Устройство для управления процессом гранулирования" (авт. св-во № 791368).

Анализ проектных и фактических технологических процессов и компоновки оборудования показал, что многие принятые решения требуют научного обоснования, изменения или направленного использования. Это касается самотечных трубопроводов, протяженных укрытий оборудования, сочетание потенциально взрывоопасных машин (нории-дробилки), выбора мест подсоединения машин к аспирационным сетям, трассировки воздуховодов, взаиморасположения оборудования - самотеков, бункеров.

При исследовании процесса измельчения зерна установлена возможность снижения мелкодисперсной фракции (частицы размером до 0,2 мм) за счет ступенчатой схемы измельчения и примене-

нии вальцовых станков. Использование вальцовых станков вместо дробилок позволило снизить содержание мелкодисперсной фракции на 51 % при измельчении ячменя; на 44 % при измельчении кукурузы.

Технологическая схема производства комбикормов для молодняка животных должна включать двухступенчатое измельчение зерна на вальцовых станках со следующими параметрами и режимами работы: уклон рифлей 4...6 %, расположение рифлей - "острие по острию", профиль - 35/65 °, скорость быстровращающегося вала 4...6 м/с, извлечение на I ступени - 65...75 %, на II ступени - 90...95 %.

Повысить эффективность процесса измельчения зерна можно путем использования принципа сдвига и среза. Этот принцип заложен в разработанной ножевой дробилке (авт. св-во № 837998).

Экономическая эффективность от применения рекомендуемой схемы измельчения составляет 0,155 руб. на тонну зерна, а использование комбикормов для молодняка свиней с пониженным содержанием мелкой фракции обеспечивает по свиноводческому комплексу (на 108 тысяч голов откорма в год) годовой экономический эффект 97,0 тыс. руб.

В результате теоретических и экспериментальных исследований вертикального пневмотранспортера определена возможность и пределы снижения его энергоемкости. Установлено, что минимальная энергоемкость пневмотранспортирования находится при минимально допустимых скоростях воздуха:

$$U_{\text{мин}} = k'(10,5 + 0,57 U_{\text{внт}}), \quad (I)$$

где k' - коэффициент запаса (1,25...1,80).

Для транспортирования продуктов в нагнетательных вертикальных материалопроводах минимальные средние по сечению скорости воздуха, без учета концентрации продукта, можно рекомендовать для:

травяной муки	- 6 м/с,
отрубей пшеничных	- 7 м/с,
измельченного зерна	- 8 м/с,
соли и мела	- 15 м/с.

Полученные значения минимальных скоростей воздуха для вертикального пневмотранспортирования были использованы при оптимизации процесса и выбора оптимальных диаметров материалопроводов при заданных условиях транспортирования. Оптимизация процесса пневмотранспортирования позволяет снизить его энергоемкость на 30...45 %.

Так как при проектировании пневмотранспортных установок задаются концентрацией аэросмеси, то в материалопроводах можно всегда прогнозировать взрывобезопасную ситуацию и тем самым повышать устойчивость функционирования комбикормовых предприятий.

Аэродинамическую характеристику оборудования обычно выражают зависимостью аэродинамического сопротивления от расхода воздуха

$$H = k Q^2 \quad (2)$$

Если предположить, что отсасываемый от машины воздух поступает в нее только через неплотности (т.е. при закрытых входных и выходных отверстиях для самотеков), а величина сопротивления равна статическому давлению внутри укрытия машины, тогда

$$Q = Q_H = v_H \cdot F_H \quad (3)$$

$$H = H_{ст} = \chi \cdot \frac{\rho v_H^2}{2} = k (v_H \cdot F_H)^2 \quad (4)$$

Принимая по литературным данным значения $\chi = 2,6$ и $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$, получим

$$k = \frac{1,44}{F_H^2} \quad \text{или} \quad F_H = \frac{1,2}{\sqrt{k}} \quad (5)$$

Таким образом, полученный коэффициент аэродинамического сопротивления обратно пропорционален площади неплотностей и может служить показателем герметичности укрытий.

Полученная зависимость (5) для площади неплотностей позволила предложить классификацию укрытий оборудования по условию герметизации: при $k > 1000$ - хорошая герметизация, при $k < 400$ - неудовлетворительная герметизация.

Используя средства аэродинамических замеров, можно определить H и Q , а затем рассчитать коэффициент k , по которому определить площадь неплотностей любого укрытия.

На основании теоретических и экспериментальных исследований разработана и принята Министерством хлебопродуктов СССР "Методика определения герметичности укрытий и объема воздуха, поступающего в оборудование через неплотности" (1979г.), а на вновь изготавливаемое оборудование принят и включен в технический паспорт показатель герметичности.

Рассматривая упрощенно прямоочное движение двухфазного потока по вертикальному самотечному трубопроводу по аналогии с пневмотранспортом, можно принять, что высвобождающаяся потенциальная энергия сыпучего продукта, падающего по самотеку, расходуется на приращение кинетической энергии продукта,

путевые потери на трение продукта и воздуха о стенки самотека и поддержание разности давлений воздуха между концами самотека (ΔH).

Упрощение состоит в пренебрежении энергозатратами на тепловыделение, вращение и истирание частиц. Тогда получим:

$$H_0 = H_p + H_{\text{тр.м.}} + H_v + \Delta H \quad (6)$$

$$\text{или } g \cdot \frac{G}{F_c} \cdot \frac{h}{w_c} = \frac{G}{F_c} (w_k - w_0) + \lambda_m \cdot \frac{h}{D} \cdot \frac{G}{F_c} w_c + \lambda \cdot \frac{h}{D} \cdot \frac{\rho v_3^2}{2} + \Delta H \quad (7),$$

где v_3 — скорость воздуха, м/с;

w_0, w_k, w_c — начальная, конечная и средняя скорости продукта, м/с;

λ_m, λ — коэффициенты сопротивления стенок самотека движению продукта и воздуха;

G — массовый расход продукта, кг/с.

При отсутствии движения воздуха ($v_3 = 0$) разность давлений между концами самотека будет максимальной и ее можно назвать полным эжекционным давлением

$$\Delta H_{\text{макс}} = H_3 = \frac{G}{F_c} \left[g \frac{h}{w_c} - (w_k - w_0) - \lambda_m \frac{h}{D} w_c \right] \quad (8)$$

При наличии движения воздуха вместе с падающим продуктом часть эжекционного давления расходуется на перемещение воздуха, т.е.

$$H_3 = H_v + \Delta H \quad (9)$$

Объем эжектируемого воздуха можно рассчитать по известной формуле:

$$Q_3 = v_3 \cdot F_c$$

$$v_3 = \sqrt{\frac{2(H_3 - \Delta H)}{\rho(\lambda \frac{h}{D} + \Sigma \lambda)}} \quad (10)$$

где

Полученные теоретические зависимости позволили количественно и качественно оценить эжекционное действие сыпучих продуктов в вертикальных самотеках и обоснованно спланировать экспериментальные исследования.

Для наклонного самотека уравнение эжекционного действия сыпучего продукта получено по аналогии с гидравлическим сопротивлением плоской пластины при обтекании жидкостью.

Пренебрегая явлением взаимопроникновения твердых частиц продукта и воздуха и осредняя скорость движения частиц ($w_{от}$) и площадь (S) поверхности контакта, получена зависимость для эжекционного давления:

$$H_{э.н.} = \lambda_n \cdot S \frac{\rho w_{от}^2}{2} \cdot \frac{1}{F_c} \quad (11)$$

На базе проведенных исследований была разработана методика экспериментальных исследований эжекционного действия сыпучих продуктов и определены способы изменения давления и расхода воздуха в самотечных трубопроводах.

Экспериментальные данные подтвердили малое влияние угла наклона самотека на величину эжекционного давления, что объясняется незначительным изменением площади поверхности контакта продукта и воздуха для углов наклона самотека $45...75^\circ$.

Резкое увеличение эжекционного давления на участке перехода с 75° до 90° объясняется переходом связанного, плоскопараллельного движения продукта к несвязанному, аэродисперсному, когда поверхность контакта воздуха с частицами продукта существенно возрастает. Обработка экспериментальных данных позволила получить значение опытного коэффициента λ_m , равное 0,112 для условий проведения исследований.

Сравнение значений эжекционного давления для вертикальных и наклонных самотеков показывает, что в вертикальных самотеках эти давления в несколько раз выше, чем в наклонных.

Экспериментальные исследования зависимости объемов аспирируемого воздуха от ряда факторов процесса подтвердили полученные теоретические зависимости и определили пути регулирования этих объемов.

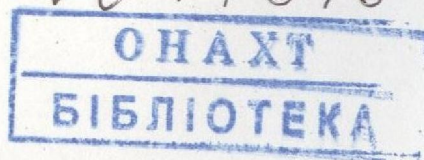
Для инженерных расчетов разработаны таблицы объемов эжектируемого воздуха в зависимости от продукта и его массового расхода, высоты и диаметра самотека.

Применение герметизирующих устройств в виде тормозящих пластинок в количестве 3 шт. может изменить характер распределения статического давления в самотеке и уменьшить объемы эжектируемого воздуха.

Так, в самотеке высотой 5,5 м при отсутствии тормозного устройства падающий поток отрубей ($G = 3$ кг/с) эжектировал $48 \cdot 10^{-3}$ м³/с воздуха, а при наличии тормозного устройства $6,4 \cdot 10^{-3}$ м³/с, т.е. в 7 раз меньше.

Выполненные исследования герметичности укрытий оборудования и эжекционного действия сыпучих продуктов в самотечных трубопроводах позволили разработать "Правила расчета и технической эксплуатации аспирационных установок комбикормовых предприятий" (1979 г.), "Устройство для транспортирования сыпучих материалов самотеком" (авт. св-во № 644679) и "Исходные требования на герметизирующее устройство" (1983 г.).

✓ 017848



Экспериментальные исследования аэродинамического транспортера в стендовых и производственных условиях позволили установить, что:

- массовый расход зерна по аэрожелобу зависит от запаса давления под воздухораспределительной решеткой и ее структуры, ширины и угла наклона желоба;

- объемный расход воздуха возрастает по мере освобождения желоба от зерновой насыпи;

В исследованном диапазоне факторов процесса и структур чешуйчатого решета ($h_z = 0,6 \dots 1,5$ мм) наименьшая гидравлическая мощность получена при высоте отверстий 1,0 мм ($\kappa_{\text{ж}} = 4,35\%$).

При проектировании аэрожелобов необходимо учитывать аэродинамическую характеристику вентилятора. В частности, при применении осевых вентиляторов типа ВМ-5 обеспечить стабильную и устойчивую разгрузку зерновой насыпи по всей длине желоба возможно только путем дифференцированного изменения угла наклона либо ширины желоба.

Опытами установлена возможность использования аэрожелобов для разгрузки зерновой насыпи таких культур как ячмень, овес, горох и кукуруза.

Сравнение запыленности воздуха в зерновом складе при применении аэрожелобов и передвижной механизации (КПШ-3) показывает, что в первом случае она была на уровне 65,4, а во втором 88,8 мг/м³.

За период с 1972 по 1982 гг. в СССР аэрожелобами оборудовано свыше 5,5 млн. тонн складской емкости. Экономическая эффективность аэрожелобов при двух оборотах склада в год составляет 0,25 ... 1,29 руб. на тонну емкости в зависимости от конструкции аэрожелоба.

На базе выполненных исследований разработана временная методика расчета аэрожелобов и предложен аэродинамический транспортер для сыпучих материалов (авт. св-во № 943153).

Анализ конструкций протяженных и емких укрытий (норий, цепных конвейеров) и самотеков показал, что их целесообразно использовать как воздухопроводящие каналы и тем самым можно применить новый принцип компоновки воздухопроводов, выбора точек отсоса воздуха и расчета объемов аспирационного воздуха:

818410
ИХАНО

$$\sum Q_a = \sum Q_n$$

(12)

т.е. объем аспирируемого воздуха зависит от площади неплотностей и величины разрежения в оборудовании.

На примерах транспортно-технологических линий измельчения и гранулирования показана возможность повысить эффективность и экономичность аспирационных установок комбикормовых заводов путем совокупного использования воздуха для целей технологии, транспорта и аспирации.

Комплексное изучение сырья, технологического процесса, аэродинамики движения сыпучих продуктов и условий возникновения взрывоопасных ситуаций позволили предложить основные положения принципиальной аспирационной транспортно-технологической схемы комбикормового завода повышенной взрывобезопасности.

В четвертой главе приведены данные производственной проверки различных схем и способов подключения оборудования к аспирационным сетям, которая проводилась на многих предприятиях Министерства хлебопродуктов СССР в период с 1970 по 1983 г. В 1976 ... 1983 гг. были разработаны с нашим участием аспирационные транспортно-технологические системы, охватывающие большинство технологических линий комбикормового завода. Они прошли производственную проверку на предприятиях в гг.Киеве, Ивано-Франковске, Микулинцах Тернопольской области, Кулиндорово Одесской области.

Совместно со специалистами института "Харьковский Промзернопроект" разработана проектная документация на устройство аспирационных сетей типового комбикормового завода производительностью 630 т/сут., а ЦНИИПромзернопроект разработал "Указания по проектированию аспирационных установок комбикормовых заводов" (1985 г.).

Годовая экономическая эффективность разработанных систем, рассчитанная только по снижению капитальных и эксплуатационных затрат, составила: по комбикормовому заводу Кулиндоровского комбината хлебопродуктов - 28,52 тыс.руб., по элеватору Черниговского комбината хлебопродуктов № 2 - 29,5 тыс. руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выводы по исследованиям

1. Технологический процесс производства комбикормов включает операции, обуславливающие интенсивное взаимодействие сыпучих продуктов и воздуха, движение которых создает взрывоопасные пылевоздушные смеси, ухудшает условия труда и загрязняет окружающую среду.

2. Источники образования пылевоздушных взрывов и пути распространения огня и ударной волны на комбикормовых заводах связаны с конструкциями машин, системой аэродинамических связей и герметичностью укрытий. Исключить или снизить вероятность пылевоздушных взрывов можно мерами комплексного воздействия: уменьшения пылевоздушных фракций в продуктах, применения взрывобезопасного оборудования, организацией направленного движения пылевоздушных потоков, исключения или уменьшения контакта сыпучих продуктов с воздухом.

3. Исключить распыляемость продуктов и снизить пылевые выделения в окружающую среду можно путем ликвидации или уменьшения взаимодействия воздуха с сыпучими продуктами, тщательного укрытия мест пылеобразования и создания в них вакуума.

4. Многоплановые исследования сырья, технологических процессов, транспортных средств и условий взаимодействия продуктовых и воздушных потоков при производстве комбикормов позволили получить результаты, использование которых повышает эффективность производства, что подтверждено широкой производственной проверкой.

Результаты исследований

1. Установлена взаимосвязь и взаимообусловленность между технологией производства, качеством комбикормов, пылеобразованием, взрывобезопасностью и эффективностью аспирационных и транспортных систем.

2. Разработана классификация сырья и комбикормов по их распыляемости. Сырье и комбикорма условно разделены на три группы: сильно пылящие (альбумин, травяная мука, фосфаты), пылящие (шрот подсолнечный, дрожжи гидролизные и др.), слабо пылящие (мука рыбная, измельченная пшеница и др.).

3. Установлены оптимальные режимы работы вальцовых станков при ступенчатом измельчении зернового и гранулированного сырья с минимальным выходом мелкодисперсной (размер частиц до 0,2 мм) фракции при производстве комбикормов для молодняка животных.

При содержании в комбикормах для молодняка животных мелкодисперсной фракции до 15 % повышается их питательная ценность и снижаются энергозатраты на измельчение (на 25 . . . 30 %).

4. Предложена классификация укрытий технологического и транспортного оборудования по уровню герметичности. Количественным показателем герметичности принят коэффициент аэродинамического сопротивления K при закрытых отверстиях для самотечных трубопроводов. Величина коэффициента K обратно пропорциональна площади неплотности укрытий. Укрытия условно следует считать герметичными при $K > 1000$ и не герметичными - при $K < 400$.

5. Разработаны методики расчета потерь давления и выбора оптимальных режимов вертикального пневмотранспортирования продуктов комбикормового производства. Максимальная эффективность пневмотранспортеров определяется минимально допустимыми скоростями воздуха и оптимальными диаметрами материалопроводов. При режимах работы с минимально допустимыми скоростями воздуха энергоемкость процесса можно снизить на 30...45 % в сравнении с применяемыми режимами.

6. Обоснована целесообразность построения технологического процесса и компоновка оборудования на основе применения более эффективных приемов измельчения, транспортирования и аспирации. Так, применение всасывающих пневмотранспортных установок позволяет снизить взрывоопасность предприятий, повысить технологическую эффективность дробилок и улучшить пылевоздушную обстановку в производственных помещениях, а также уменьшить количество транспортных средств на комбикормовых заводах.

7. Определено и подтверждено в производственных условиях ежектирующее действие сыпучих продуктов комбикормового производства при их гравитационном перемещении по самотечным трубопроводам. Разработаны табличные данные, которые использованы при подготовке нормативно-технической документации по вопросам проектирования и эксплуатации аспирационных установок на комбикормовых предприятиях. Обоснована целесообразность учета распределения давления воздуха в самотечных трубопроводах при построении технологического процесса и компоновке оборудования.

8. Предложен, разработан и исследован аэродинамический транспортер (аэрожелоб) для взрывобезопасной разгрузки зерновой насыпи в напольных складах. С помощью аэрожелоба производится разгрузка зерновых складов при отсутствии людей в рабочей зоне. Аэродинамический транспортер можно использовать для совмещения

технологических (очистка в потоке, охлаждение, сушка) и транспортных операций. Для инженерных расчетов предложена временная методика проектирования аэродинамических транспортеров.

9. Обоснованы, сформулированы и апробированы новые принципы компоновки воздухопроводов и расчета объемов воздуха аспирационных транспортно-технологических систем комбикормовых предприятий (АТТС) :

- укрытия оборудования, самотечные трубопроводы, емкости и воздухопроводы являются воздухопроводящими каналами, давление воздуха в которых определяется законами неразрывности и аэродинамических связей ;

- гравитационное перемещение сыпучих продуктов по самотечным трубопроводам обуславливает эжекционное давление воздуха, которое необходимо учитывать и использовать для направленного движения пылевоздушных потоков ;

- выбор мест и количества точек аспирационного отсоса воздуха и конструкция отсасывающих патрубков определяются анализом технологических процессов, характером взаимодействия рабочих органов машин, продукта и воздуха, протяженностью транспортно-технологических линий, наличием мест для расположения аспирационного оборудования, требованиями взрывобезопасности и охраны окружающей среды ;

- объемы аспирируемого воздуха определяют с учетом эжекции воздуха по самотекам, герметичности оборудования и величины разрежения в нем.

10. Сформулированы научные основы построения принципиальной аспирационной транспортно-технологической схемы комбикормового завода повышенной взрывобезопасности:

- транспортно-технологические линии имеют единую неразрывную аэродинамическую связь, которая обуславливает давление и движение воздуха за счет перемещения продукта, взаимодействия рабочих органов машин и аспирационных отсосов ;

- продукты повышенной распыляемости транспортируются пневмосистемами, которые обеспечивают заданное разрежение воздуха в укрытиях отдельных машин и емкостях ;

- оборудование повышенной взрывоопасности заменяется менее взрывоопасным и высокоэффективным: молотковые дробилки - на вальцовые станки, норы - на пневмотранспортеры ;

- так как продуктовые потоки в самотечных трубах работают как вентиляторы, перемещая эжектируемые потоки воздуха, то ими

необходимо управлять и целенаправленно использовать путем изменения диаметра, высоты и угла наклона самотеков ;

при компоновке оборудования необходимо учитывать эжектирующее действие сыпучих продуктов: оборудование требующее систематического контроля и проверки должно размещаться ближе к верхней части самотеков ;

для управления пылеобразованием необходимо контролировать воздушные потоки путем установки датчиков давления и расхода воздуха в оборудовании.

II. Новизна разработок подтверждена 5-ю авторскими свидетельствами.

I2. Научно-практическая полезность работы определяется тем, что впервые разработаны и приняты к использованию Министерством хлебопродуктов СССР и УССР :

методика расчета аэрожелобов для разгрузки зерновой насыпи (1972 г.);

правила расчета и технической эксплуатации аспирационных установок комбикормовых предприятий (1979 г.) ;

методика определения герметичности укрытий и объема воздуха, поступающего в оборудование через неплотности (1979 г.);

временная инструкция по наладке систем аспирации комбикормовых предприятий (1980, 1983 гг.);

методика определения параметров газовых потоков и расчета выбросов пыли из стационарных источников разного типа предприятий Министерства заготовок СССР (1983 г.).

I3. Народнохозяйственное значение разработок отмечено золотой медалью ВДНХ СССР (1972 г.), дипломами ВСНТО (1982 и 1984 гг.), и подтверждается широким производственным внедрением на многих предприятиях СССР и НРБ.

I4. Выполняемые исследования направлены на решение социальных и экологических задач, однако они позволяют получить и существенный экономический эффект. Так экономическая эффективность от внедрения аэрожелобов по стране составляет более 1 млн.руб. в год, а от внедрения аспирационных транспортно-технологических систем свыше 25 тыс.руб. в год для комбикормового завода производительностью 630 т/сут.

Рекомендации промышленности

I) Уменьшить или исключить пылевыведение при производстве комбикормов можно только совокупными мероприятиями :

уменьшением пылевидной фракции в сырье и комбикормах, повышением герметичности оборудования, снижением высоты гравитационного перемещения продукта, упрощением и совершенствованием аспирационных установок.

2) Расчет и техническую эксплуатацию аспирационных установок вести в соответствии с разработанными "Правилами расчета и технической эксплуатации аспирационных установок предприятий" (1979 г.).

3) Для перемещения пылящих и мелкодисперсных продуктов шире применять пневматический транспорт, обеспечивающий надежное транспортирование продуктов, исключение пылевыведений в производственные помещения и снижение эксплуатационных расходов.

4) Ограничить содержание пылевидной фракции (менее 0,2 мм) в поставляемом сырье и измельчать зерно и гранулы по современным схемам (двухступенчатое измельчение на дисковой дробилке).

5) Установить аэродинамический показатель герметичности укрытий оборудования, как величину обратную площади неплотностей.

6) Для снижения объемов эжектируемого воздуха в проектных решениях стремиться к уменьшению высоты, диаметра и угла наклона самотека.

При проектировании учитывать характер распределения статического давления в самотеках: разрежение - в верхней его части и избыточное - в нижней.

7) Протяженные укрытия оборудования (цепных конвейеров, норий) и самотеки использовать как воздухопроводящие каналы и содержать тщательно укрытыми и герметичными.

8) Смежное оборудование циклического действия (весы, смеситель) соединять трубами для перетока воздуха.

9) Повысить надежность и взрывобезопасность аспирационных установок можно путем уменьшения скорости воздуха в отсасывающих патрубках (0,5...2 м/с) и поддержания в горизонтальных участках воздухопроводов надежно транспортирующих скоростей воздуха (14...18 м/с)

10) Применять "саморегулирующие" вертикальные или наклонные участки воздухопроводов, в которых относительно малые скорости воздуха (до 5 ... 6 м/с).

II) Наладку аспирационных систем выполнять в два этапа (см. "Временную инструкцию по наладке систем аспирации комбикормовых предприятий", 1983 г.):

на холостом ходу определяется герметичность оборудования и аэродинамическая характеристика всех элементов сети ;

при нагрузке - устанавливаются и определяются требуемый вакуум в оборудовании, надёжно транспортирующие скорости в воздуховодах и запыленность воздуха в производственных помещениях и выбрасываемого в атмосферу.

12) Для механизации работ в зерновых складах, снижения взрывоопасности и вредного воздействия пыли на организм человека применять открытые аэрожелоба. Использовать аэрожелоба для очистки зерна от пыли.

13) Контроль за пылевыми выбросами выполнять в соответствии с разработанной "Методикой определения параметров газовых потоков и расчета выбросов пыли из стационарных источников различного типа предприятий Министерства хлебопродуктов СССР" (1983 г.)

14. Проектирование аспирационных систем выполнять по "Указаниям по проектированию аспирационных установок комбикормовых заводов" (1984 г.), разработанных ЦНИИПромзернопресектом с учетом приведенных научных исследований.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Дмитрук Е.А., Володин Н.П. Аспирация комбикормовых заводов. - М: Колос, 1976. - 174 с.

2. Пальцев В.С., Дмитрук Е.А. Минимально допустимая скорость воздуха при вертикальном пневмотранспорте зернопродуктов // Мукомольно-элеваторная пром-сть. - 1965. - №8. - С. 17-20.

3. Автоматическое регулирование расхода воздуха в пневмотранспортных сетях на мельницах / А.Т.Птушкин, В.С.Пальцев, Б.М.Максимчук, Е.А.Дмитрук, С.Н.Колосов // Мукомольно-элеваторная промышленность. - 1968. - №6. - С. 13-15.

4. Дмитрук Е.А., Горбенко З.И. Скорость витания комбикормов и основных ингредиентов // Тр. / ВНИИкомбикор. пром-сти. - 1972. - Вып.5. - С. 13-17.

5. Дмитрук Е.А., Восис А.И. К вопросу аспирации норий // Мукомольно-элеваторная пром-сть. - 1973. - №5. - С. 41-42.

6. Дмитрук Е.А. Аспирация оборудования комбикормовых заводов // Перспективы развития комбикормовой пром-сти в Латвийской ССР / материалы совещания/. - Рига, 1974. - С. 55-56.

7. Бернадин А.Ф., Дмитрук Е.А. Аэрожелоба для разгрузки зерновых складов // Перспективы развития комбикормовой пром-сти

в Латвийской ССР/материалы совещания/.-Рига. 1974.- С.47-54.

8. Дмитрук Е.А., Черняев Н.П., Бернадин А.Ф. Использование аэрожелобов с жалюзийными решетками для выгрузки зерна из складов // Мукомольно-элеваторная и комбикормовая пром-сть.- 1975.- №1.- С. 36-38.

9. Дмитрук Е.А., Босис А.И. Оценка герметичности оборудования на комбикормовых предприятиях // Мукомольно-элеваторная и комбикормовая пром-сть.- 1975.- №12.- С. 18-20.

10. Дмитрук Е.А., Горбенко З.И. К расчету аспирационных сетей // Мукомольно-элеваторная и комбикормовая пром-сть. - 1977.- № 6.- С. 18-19.

11. Дмитрук Е.А. Пути повышения качества комбикормов // Вестн. с.-х. науки.- 1977.- №12.- С. 43-47.- (на укр.яз.).

12. Дмитрук Е.А., Бернадин А.Ф., Савельева Ж.А. Метод расчета аэрожелобов для разгрузки зерновой насыпи // Тр./ВНИИ комбикорм. пром-сти. - 1978.- Вып. 13.- С. 16-19.

13. Бернадин А.Ф., Дмитрук Е.А., Порох М.И. Аэрожелобковый вид пневматического транспорта // Механизация сел.хоз-ва.-1978.- №6.- С. 21.- (на укр.яз.)

14. Правила расчета и технической эксплуатации аспирационных установок комбикормовых предприятий. - М : ЦНИИТЭИ Минзага СССР.- 1979.- 78с.

15. Дмитрук Е.А. Исследование движения воздуха по самотекам / Научн.-техн.реф.сб./ ЦНИИТЭИ Минзага СССР.- 1980.- Вып.1. С.25.

16. Дмитрук Е.А., Босис А.И. О правилах расчета и технической эксплуатации аспирационных установок на комбикормовых предприятиях // Мукомольно-элеваторная и комбикормовая пром-сть.- 1980.- №4.- С.46.

17. Бернадин А.Ф., Дмитрук Е.А., Порох М.И. О параметрах транспортирования зерна различной влажности с помощью аэрожелобов // Мукомольно-элеваторная и комбикормовая пром-сть.-1980.- №8.- С.26.

18. Дмитрук Е.А., Босис А.И., Рой А.И. Эффективность работы циклонов // Мукомольно-элеваторная пром-сть:- 1980.- № 9.- С.28.

19. Дмитрук Е.А. Показатель регулирования при наладке аспирационных установок // Мукомольно-элеваторная и комбикормовая пром-сть.- 1980.- №12.- С. 40.

20. Дмитрук Е.А., Сергеева Е.В. Скорость витания микродобавок // Тр./ ВНИИ комбикорм. пром-сти.- 1980.- Вып.16.-С.3-6.

21. Дмитрук Е.А., Босис А.И., Бондарчук В.Г. Герметизирующие устройства самотечных труб // Мукомольно-элеваторная и комбикормовая пром-сть.- 1981.- №5.- С.42.

22. Дмитрук Е.А. Аспирационные установки // Производство и использование гранулированных комбикормов.- Киев.-1982.-С.50.

23. Улучшена работа фильтра / Е.А.Дмитрук, А.И.Босис, Е.В.Сергеева, М.П.Гончарук // Мукомольно-элеваторная и комбикормовая пром-сть.- 1982.-№10.- С.19.

24. Дмитрук Е.А., Дяченко Л.Я., Бондарчук В.Г. Исследование процесса пылеотложений в горизонтальных участках аспирационных сетей // Тр./ ВНИИкомбикорм. пром-сти.- 1983.- Вып.22.- С. 29-32.

25. Временная инструкция по наладке систем аспирации комбикормовых предприятий.- Киев: ЦБТИ Минзага УССР.- 1983.- 20с.

26. Методика определения параметров газовых потоков и расчета выбросов пыли из стационарных источников разного типа предприятий Министерства заготовок СССР.- М.:ЦНИИТЭИ Минзага СССР.- 1983.- 20с.

27. Совершенствование аспирации / Е.А.Дмитрук, А.Ф.Бернадин, А.И.Босис, Т.Даукантас // Мукомольно-элеваторная и комбикормовая пром-сть.- 1984.- №10.- С. 18-19.

28. Изследване на основите параметри за проектиране на аспирацията на елеваторы и редлери / М.Ломев, С.Янков, А.Дарджиков, Е.Дмитрук, Т.Керев // Науч.тр./Висший институт ХВ пром-сти. (Пловдив.)- 1977.- Т.24, св. 2.- С.10-15.- (на болгар.яз.).

29. А.С. 644679 СССР, МКИ³ В65С 11/02. Устройство для транспортирования сыпучих материалов самотеком /Е.А.Дмитрук, В.П.Сухенко, В.П.Чоботов (СССР) - № 2473005129-11. Заявл.13.04.77; Оpubл. 30.01.79, Бюл. №4.

30. А.с. 637998, МКИ³ I302С 7/08. Дисковая дробилка/ К.М. Кочеев, Н.П.Черняев, А.Н.Пилипенко, В.И.Левченко, Е.А.Дмитрук (СССР)- № 2088205/33. Заявл. 27.12.74; Оpubл. 21,08.78,Бюл.№5.

31. А.с. 791368, МКИ³ А23 I7/00. Устройство для управления процессом гранулирования комбикормов/ А.В.Алексахин, Д.С.Аненко, Е.А.Дмитрук, И.Е. Маноха, В.П.Чоботов, А.Я.Юрченко (СССР) - №2679621/30-15. Заявл. 03.11.79; Оpubл.30.12.80, Бюл. № 48.

32. А.с. 829086, МКИ³ А23 К I/00. Способ получения рассыпных комикормов и устройство для его осуществления / Е.А.Дмитрук, А.И.Рой (СССР) - №2747531/30-15. Заявл.04.04.79; Оpubл.16.05.81, Бюл.№18.

33. А.с. 777464, МКИ³ С01С11/08. Весовой дозатор непрерывного действия / Д.С.Аненко, Н.К.Анисимов, Е.А.Дмитрук, В.В.Дудник, Ю.А.Маляревский, И.Е.Маноха, В.П.Чоботов, С.Г.Воеводский (СССР) - №2672008/18-10. Заявл.09.10.78; Оpubл. 07.11.80, Бюл. №41.

34. А.с. 943153, МКИ³ В65 С 53/20. Аэродинамический транспортер для сыпучих материалов / А.С.Разворотнев, Н.П.Володин, Е.А.Дмитрук, Н.П.Черняев, И.Д.Ходурская (СССР) - №3228360/27-11. Заявл. 31.12.80; Оpubл. 15.07.82, Бюл.№26.

