

Набор
Б.51
ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
им. М.В.ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

БЕРНАДИН АЛЕКСАНДР ФЕДОРОВИЧ

УДК 621.867.25

СОВМЕЩЕННЫЕ РЕЖИМЫ РАБОТЫ АЭРОЖЕЛОБОВ
ПРИ РАЗГРУЗКЕ И ВЕНТИЛИРОВАНИИ ЗЕРНА
В ЗЕРНОХРАНИЛИЩАХ

Специальность 05.18.12 – процессы и аппараты
пищевых производств

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса – 1988

2

Работа выполнена в Украинском филиале Всесоюзного научно-исследовательского института комбикормовой промышленности Вс союзного научно-производственного объединения "Комбикорм"

Научный руководитель - доктор технических наук,
старший научный сотрудник
Е.А.Дмитрук

Официальные оппоненты:

- доктор технических наук, профессор Платонов П.Н.
- кандидат технических наук Разворотнев А.С.

Ведущая организация - Киевский филиал института
"Харьковский промзернопроект"

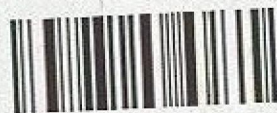
Защита состоится "2" сентября 1988 г. в 13⁰⁰ час.
на заседании специализированного совета К 068.35.02 в Одесском технологическом институте пищевой промышленности им.М.В.Ломоносова, 270039, г.Одесса, ул. Свердлова, 112.

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

Автореферат разослан "12" июня 1988 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
доктор технических наук,
доцент

ОНАХТ 08.04.11
Совмещенные режимы



v016292

Л. И. Карнаушенко

10

Старик
С.В. 16292 V 016292

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Выгрузка зерна из складов осуществляется при помощи стационарных и передвижных средств механизации, а для его вентилирования применяются различные типы вентиляционных установок. Однако применение этих средств связано с большими затратами времени на перемещение и подготовку их к работе, необходимостью раскладки и уборки щитов стационарных вентиляционных установок, трудоемкостью работ по зачистке от зерна воздушноподводящих каналов, значительными затратами на ремонт передвижной механизации и щитов активной вентиляции, применением ручного труда в антисанитарных и взрывоопасных условиях. Поэтому разработка более совершенных способов разгрузки зерноскладов на основе применения аэрожелобов, обеспечивающих совмещение процессов выгрузки и вентилирования зерна, является актуальной задачей.

Целью работы является научное обоснование и выбор режимов функционирования аэрожелобов при выгрузке и вентилировании зерна в складах, обеспечивающих заданные массовый расход зерна и подачу воздуха в его насыпь при минимальных затратах, а также разработка рекомендаций по практическому использованию аэрожелобов в производственных условиях.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- обосновать принципиальные возможности применения аэрожелобов для одновременных выгрузки и вентилирования зерна в складах;

- определить физические и аэродинамические характеристики псевдоожиженного слоя зерна в условиях работы аэрожелобов;

- разработать математическую модель аэрожелоба для определения закономерностей изменения массового расхода зерна по аэрожелобу при изменениях аэродинамических характеристик воздушного потока, физических свойств зерна и конструктивных параметров аэрожелоба;

- определить конструктивные элементы аэрожелоба, обеспечивающие заданные значения массового расхода зерна и подачи воздуха при совмещенных процессах разгрузки и вентилирования зерна;

- установить допустимые сроки хранения зерна повышенной влажности и засоренности, при которых обеспечивается его выгрузка аэрожелобом;

- разработать методику расчета аэрожелобов для выгрузки зерна из складов с горизонтальными полами;

- провести производственную проверку работы аэрожелобов при

разгрузке зерна;

разработать рекомендации промышленности по монтажу и эксплуатации в зерноскладах аэрожелобов, обеспечивающих эффективную их работу при выгрузке и вентилировании зерна.

Научная новизна работы состоит в разработке математической модели для установления закономерностей изменения массового расхода зерна по аэрожелобу в зависимости от аэродинамических характеристик воздушного потока, физических свойств зерна и конструктивных параметров аэрожелоба, а также методики расчета режимов работы аэрожелоба в условиях совмещения процессов выгрузки и вентилировании насыпи зерна.

Практическая значимость работы состоит в разработке рекомендаций по проектированию, изготовлению, эксплуатации аэрожелобов, совмещающих процессы транспортирования и вентилирования насыпи зерна, обеспечивающих высокий уровень механизации разгрузки зерноскладов и пожаровзрывобезопасные условия труда, а также по срокам хранения на аэрожелобах насыпи зерна повышенных влажности и засоренности.

Апробация работы. Основные положения работы доложены на республиканском совещании по развитию комбикормовой промышленности Латвийской ССР (г. Рига, 1975 г.), заседаниях Ученого Совета Украинского филиала ВНИИП, ВНИИЗ, ВНИИП, Координационного совета при ВНИИЗ, секции элеваторной промышленности технического совета Министерства заготовок УССР (1979-1987 гг.).

Реализация результатов исследования. Результаты исследований использованы при разработке конструкторской документации на аэрожелоба, которые в соответствии с приказом Министерства заготовок СССР приняты к внедрению на предприятиях отрасли, проектировании устройств для приема зерна с автотранспорта в работах института "Харьковский Промзернопроект" и техническом перевооружении ряда предприятий ГДР.

Публикации. По материалам диссертационной работы опубликовано восемь статей.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений; изложена на 162 страницах машинописного текста и содержит 36 рисунков и 13 таблиц.

На защиту выносятся:

обоснование режимов работы аэрожелобов с высокими технико-экономическими характеристиками, обеспечивающих заданные массовый расход зерна и подачу воздуха для его вентилирования;

принципы выбора конструктивных параметров аэрожелобов и аэродинамических характеристик воздухоподводящей машины, обеспечивающих снижение затрат на выгрузку и вентилирование зерна.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе приведен анализ способов выгрузки зерна из складов с горизонтальными полами, состояния техники вентилирования насыпи зерна, принципов работы аэротранспортеров, рассмотрены аэродинамические характеристики псевдооживленного слоя. Показано, что при существующей разгрузке зерноскладов только около 50% зерна от общей его массы выгружается самотеком. Оставшуюся часть подают на нижний конвейер механическими лопатами, самоподавателями и передвижными конвейерами, а также вручную. Вентиляционные установки СВУ, ЛЗП, ТВУ и др., применяемые для вентилирования зерна, требуют больших затрат времени и ручного труда на раскладку и уборку щитов, зачистку воздухоподводящих каналов от зерна, ремонт и обслуживание.

В последние годы в ряде отраслей промышленности широкое применение находит принцип псевдооживленного слоя, в т.ч. в аэротранспортерах для транспортирования зерна и продуктов его переработки. Применение аэрожелобов, разработанных на базе аэротранспортеров, позволило бы совместить процессы разгрузки и вентилирования насыпи зерна в складах. Однако осуществить это невозможно без определения конструктивных и аэродинамических параметров устройств, обеспечивающих заданные значения массового расхода зерна и подачи воздуха в насыпь.

Известные методы расчета аэротранспортеров не могут быть использованы для расчета аэрожелобов в связи с нестационарностью их режимов, связанной с тем, что разгрузка насыпи, начинаясь с концевой части аэрожелоба, продолжается до полного освобождения его от зерна. При этом по мере разгрузки насыпи увеличивается расход воздуха через освобождающуюся от зерна часть решетки. Это обуславливает смещение рабочей точки на аэродинамической характеристике вентилятора, что приводит к падению давления и уменьшению массового расхода зерна по аэрожелобу. Кроме того, в от-

личие от аэротранспортеров, насыпь зерна находится на аэрожелобе в неподвижном состоянии и для разгрузки необходимо привести ее в псевдооживленное состояние, обеспечить разгон и транспортирование.

На основе анализа процессов выгрузки и вентилирования зерна в складах выявлено, что применяемые машины и механизмы характеризуются большими затратами времени на ремонт и обслуживание, недостаточно эффективным использованием мощности, наличием эксплуатационных сложностей, применением ручного труда в антисанитарных и взрывоопасных условиях.

Во второй главе представлены теоретические предпосылки и математическая модель для определения режимов работы и конструктивных параметров аэрожелоба при нестационарных условиях работы в процессе разгрузки насыпи зерна. Показано, что при работе аэрожелоба насыпь зерна находится одновременно в неподвижном, псевдооживленном и подвижном (транспортирования) состояниях, которые имеют место соответственно в зонах насыпи А, Б и В, ограниченных сечениями A_1B_1 и A_2B_2 ; A_2B_2 и A_3B_3 ; A_3B_3 и A_4B_4 , схематически показанных на рис. 1. В зоне А насыпь неподвижна. В зоне Б, которую будем называть переходной, создаются условия для последующего транспортирования, а в зоне В — осуществляется транспортирование зерна.

Для формализации сложных явлений в процессах псевдооживления и транспортирования слоя зерна введем следующие допущения:

движение является одномерным и плоскопараллельным;

воздух в зерне распределяется равномерно, и вектор скорости воздуха направлен под некоторым углом β к вектору скорости зернового потока;

учитывая, что боковая площадь направляющих транспортирующего канала значительно меньше объема движущегося слоя, силами взаимодействия материала и стенок можно пренебречь.

В соответствии с законом сохранения количества движения, с учетом принятых допущений, запишем $m(v + \Delta v) - mv = (\sum P_x) \Delta t$. (1)

На основе анализа действующих на элементарный слой сил (рис. 1), получим дифференциальное уравнение движения псевдооживленного слоя по аэрожелобу:

$$v \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial t} = g(\sin \alpha - f \cos \alpha) + (f \sin \beta + \cos \beta) \frac{\Delta R}{\rho_c h}, \quad (2)$$

где v — скорость движения элементарного слоя; g — ускорение

свободного падения; f - коэффициент трения; ΔP_c - перепад давления в зерновом слое; ρ_c - плотность зернового слоя; h - высота зернового слоя; α - угол наклона воздухораспределительной решетки; β - угол направления струй воздуха.

В уравнении (2) раскроем значения ΔP_c и h . Произведем замену аэродинамического сопротивления элементарного слоя ΔP_c суммарным перепадом давления ΔP , включающем сопротивления зернового слоя и решетки, соответственно определяемые по формулам:

$$\Delta P_c = (\lambda h_1 / d_0) (\rho_0 v_\phi^2 / 2 \kappa_{ж}^2), \quad (3) \quad \Delta P_p = \xi \rho_0 v^2 / 2 \quad (4)$$

где λ - коэффициент сопротивления зернового слоя; d_0 - эквивалентный диаметр частиц; v_ϕ - скорость фильтрации воздуха в зерновой насыпи; ρ_0 - плотность воздуха; ξ - коэффициент сопротивления решетки; v - скорость воздуха в решетке; h_1 - высота зернового слоя в направлении действия струй воздуха. Высота h и h_1 связаны соотношением $h = h_1 \sin \beta / \cos \alpha$, тогда выражение (3) преобразуется к виду $\Delta P_c = (\lambda h / d_0) (\cos \alpha / \sin \beta) (\rho_0 v_\phi^2 / 2 \kappa_{ж}^2)$. (5)

В уравнении (4) скорость воздуха в решетке v выразим через скорость фильтрации v_ϕ . Тогда суммарный перепад давления

$$\Delta P = (\lambda h / d_0) (\cos \alpha / \sin \beta) (\rho_0 v_\phi^2 / 2 \kappa_{ж}^2) + \xi \rho_0 v_\phi^2 / 2 \kappa_{ж}^2. \quad (6)$$

После некоторых преобразований выражений (5) и (6) получим уравнение для определения аэродинамического сопротивления слоя с учетом сопротивления решетки

$$\Delta P_c = \frac{(\lambda h / d_0) (\cos \alpha / \sin \beta) \Delta P}{\xi + (\lambda h / d_0) (\cos \alpha / \sin \beta)}. \quad (7)$$

Дифференциальное уравнение (2) с учетом (7) преобразуем к виду

$$v \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial t} = g (\sin \alpha - f \cos \alpha) + (f \sin \beta + \cos \beta) \frac{(\lambda h / d_0) (\cos \alpha / \sin \beta) \Delta P}{\rho_c [\xi + (\lambda h / d_0) (\cos \alpha / \sin \beta)]} \quad (8)$$

Для определения массового расхода зерна по аэрожелобу использовали уравнение неразрывности потока в точке разгрузки насыпи зерна $G = \rho_c \cdot b_0 \cdot h_0 \cdot v_0$, (9) где b_0, h_0, v_0 - соответственно ширина, высота зернового слоя и скорость его движения в точке разгрузки насыпи.

Введя допущения, что участки подъема аэрожелоба отсутствуют, а струи воздуха нигде не направлены против движения зернового слоя, v_0 можно определить из уравнения, подобного уравнению истечения жидкости

$$v_0 = \sqrt{2g \Delta h}, \quad (10)$$

где η - коэффициент расхода; $\Delta h = h_{\max} - h_0$ - избыточная высота псевдооживленного слоя; $h_{\max} = h_{1\max} \cdot \sin \beta / \cos \alpha$ - максимальная высота псевдооживленного слоя в переходной зоне Б (см. рис. I).

Высота слоя в направлении действия струй воздуха определится из уравнения $h_{1\max} = \Delta P_c / (\lambda / d_3) (\rho_0 \sigma_{\phi \min}^2 / 2 \kappa_{\text{ж}}^2)$, (II) где $\sigma_{\phi \min}$ - критическая скорость фильтрации воздуха транспортируемого материала.

С учетом выражений (7) и (II) и принятого допущения, что высоты h_0 и $h_{\max}$ связаны соотношением $h_0 = \omega h_{\max}$; где $\omega = 1/\epsilon$ - коэффициент расширения слоя, высоту зернового слоя h_0 можно определить по формуле

$$h_0 = \omega (\sin \beta / \cos \alpha) (2 \kappa_{\text{ж}}^2 \Delta P d_3 / \lambda \rho_0 \sigma_{\phi \min}^2) - (\sin \beta / \cos \alpha) (d_3 \epsilon / \lambda). \quad (I2)$$

После преобразования уравнения (IO) с учетом (7), (II) и (I2) получим формулу для определения начальной скорости движения зернового материала

$$\sigma_0 = \eta \sqrt{1 - \omega} \sqrt{2g \left(\frac{\sin \beta}{\cos \alpha} \frac{2 \kappa_{\text{ж}}^2 \Delta P d_3}{\lambda \rho_0 \sigma_{\phi \min}^2} - \frac{\sin \beta}{\cos \alpha} \frac{d_3 \epsilon}{\lambda} \right)}. \quad (I3)$$

Подставляя соответствующие значения параметров, входящих в уравнение (9), получим выражение для расчета массового расхода зерна по аэрожелобу

$$G = b_0 \rho_c \omega \eta \sqrt{1 - \omega} \sqrt{2g \left(\frac{\sin \beta}{\cos \alpha} \frac{2 \kappa_{\text{ж}}^2 \Delta P d_3}{\lambda \rho_0 \sigma_{\phi \min}^2} - \frac{\sin \beta}{\cos \alpha} \frac{d_3 \epsilon}{\lambda} \right)}^{3/2}. \quad (I4)$$

Таким образом, массовый расход зерна по аэрожелобу зависит от аэродинамических характеристик воздушного потока, физических свойств транспортируемого материала и конструктивных параметров аэрожелоба.

В третьей главе изложены программа, план и методика экспериментальных исследований. В соответствии с целью и задачами исследования программа работ предусматривает получение экспериментальных данных, необходимых для выбора режимов работы аэрожелобов при выгрузке и вентилировании зерна в складах и их конструктивных параметров, удовлетворяющих требованиям транспортирования и вентилирования.

Исследования выполнены в стендовых условиях на полупромышленной установке, схема которой показана на рис. 2, и опытных образцах аэрожелобов, смонтированных в зерноскладах Балинского, Красноармейского, Веселовского и других хлебоприемных предприятий. Полупромышленная установка содержит аэрожелоб длиной 9 м,

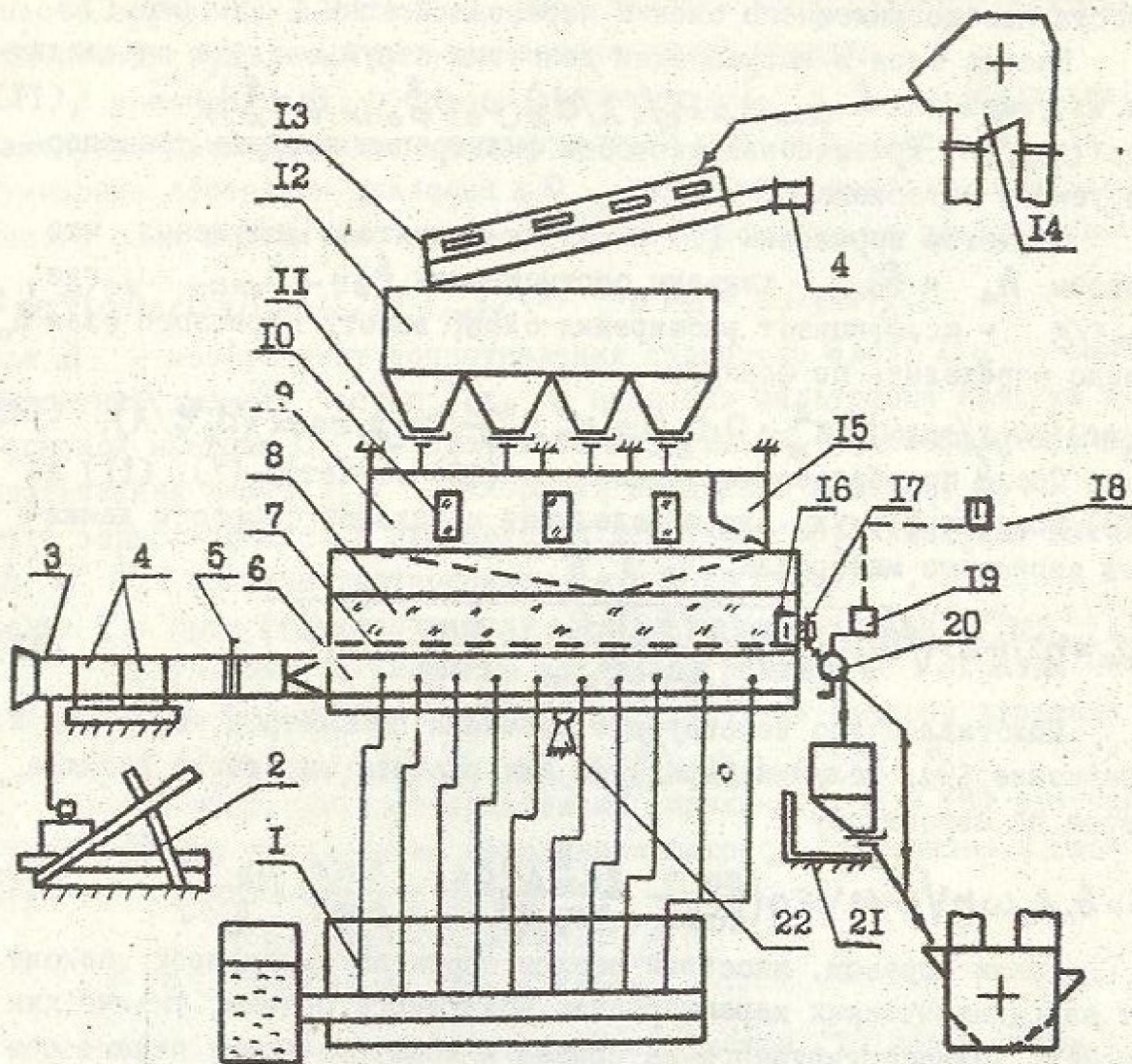


Рис. 2. Схема стендовой установки для исследования аэрожелоба:

1 - батарея жидкостных манометров; 2 - микроманометр ММН, 3 - коллектор; 4 - вентилятор ВМ-5; 5 - дроссельная задвижка; 6 - воздухоподводящий канал; 7 - воздухораспределительная решетка; 8, 9 - разгрузочные бункеры; 10 - смотровое окно; 11 - задвижка; 12 - накопительный бункер; 13 - аэротранспортер; 14 - нория ИИ-50; 15 - бункер; 16 - отсечное устройство; 17 - задвижка; 18 - электросекундометр; 19 - датчик электросекундомера; 20 - перекидной клапан; 21 - весы; 22 - опора.

вспомогательное оборудование, вентиляторы, измерительные приборы. Конструкция установки обеспечивала возможность изменения ширины, угла наклона аэрожелоба, длины транспортирования, установки воздухораспределительных решеток с различными коэффициентами живого сечения. Исследования выполнены в следующем диапазоне изменения параметров процесса разгрузки насыпи зерна: давления воздуха от 0,6 до 2,6 кПа, угла наклона аэрожелоба от 0° до 6° , ширины от 0,1 до 0,3 м, коэффициента живого сечения решетки от 3,6 до 7,3%, скорости фильтрации воздуха до $2,5 \text{ м.с}^{-1}$. Аэродинамические измерения выполняли согласно ГОСТ 12.3.018-79, измерения массового расхода зерна по аэрожелобу – весовым методом, усредненной скорости движения зерна по аэрожелобу – методом отсечек.

Программой работ предусмотрены серии опытов по установлению закономерностей процесса разгрузки насыпи зерна, определению параметров, обеспечивающих процесс разгрузки и вентилирования при наименьших энергозатратах, а также сроков хранения зерна повышенной влажности и засоренности, при которых обеспечивается разгрузка насыпи аэрожелобом.

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных исследований по определению аэродинамического сопротивления зернового слоя и воздухораспределительных решеток, зависимостей процесса разгрузки насыпи зерна, скорости его движения и энергоемкости от конструктивных и аэродинамических параметров аэрожелоба, а также сроков хранения зерна повышенной влажности и засоренности, при которых возможна разгрузка насыпи аэрожелобом.

Используя экспериментальные данные и формулы (3), (4), вычислили значения коэффициентов аэродинамического сопротивления зернового слоя R и воздухораспределительной решетки ζ , входящих в формулу для расчета массового расхода зерна по аэрожелобу (14), равными соответственно 0,27 и 1,2. Определена степень расширения слоя, необходимая для установления высоты направляющих транспортирующего канала. Для определения степени расширения зернового слоя при его псевдооживлении получено выражение

$$\varepsilon = 1,15 \cdot 10^{-3} (Re / v_{фкр}) + 0,7.$$

С целью выявления значимости отдельных параметров, определяющих процессы псевдооживления и транспортирования слоя зерна реализован полный факторный эксперимент типа ПЭЗ 2^n , в результате которого было установлено, что основными параметрами, влия-

ющими на массовый расход зерна по аэрожелобу, являются: давление воздуха под решеткой P , ее ширина B и угол наклона α . С увеличением значений этих параметров массовый расход зерна по аэрожелобу увеличивается. Установлено, что при определенном сочетании конструктивных и аэродинамических параметров аэрожелоб может работать весьма неэффективно. Поэтому определяли значения параметров, при которых обеспечивается снижение энергозатрат на выгрузку зерна из складов с помощью аэрожелобов. Критерием оценки энергоемкости процесса выгрузки зерна принята удельная гидравлическая мощность $N_{yg} = PBV\varphi/g G(1 \pm \sin \alpha)$.

Установлено, что в принятом диапазоне изменения параметров процесса выгрузки зерна из складов оптимальной по энергоемкости является воздухораспределительная решетка, коэффициент живого сечения которой равен 5,46% (рис. 3). Аэродинамическое сопротивление решетки определяется из выражения $\Delta P_p = 280 V_p^2$. Экспериментально подтверждено, что с увеличением угла наклона и ширины аэрожелоба, энергоемкость процесса выгрузки зерна уменьшается.

В связи с тем, что аэрожелоба используются и для вентилирования зерна, они должны удовлетворять одному из требований вентилирования — обеспечению равной удельной подачи воздуха в насыпь зерна в соответствии с ее высотой (у стен склада — 2,5 м, по оси — 5 м). Дифференцированную подачу воздуха во все участки насыпи зерна можно обеспечить путем выравнивания общих сопротивлений (аэрожелоб-насыпь) по вертикальным сечениям. Это достигается за счет изменения сопротивления зернового слоя, расположенного между направляющими транспортирующего канала, которое зависит от его высоты, определяемой высотой направляющих. С увеличением высоты направляющих аэродинамическое сопротивление слоя возрастает. Требуемое значение высоты (h_x) определили сравнением общего максимального сопротивления и общего сопротивления в рассматриваемом сечении:

$$\zeta \rho_0 V_p^2 / 2 K_x^2 + (\alpha_1 V_{p1} + b_1 V_{p1}^2) / (h_1 + h_x) + (\alpha_2 V_{p2} + b_2 V_{p2}^2) / (h_2 - h_x) =$$

$$= \zeta \rho_0 V_p^2 / 2 K_x^2 + (\alpha'_1 V_{p1} + b'_1 V_{p1}^2) / h_1 + (\alpha'_2 V_{p2} + b'_2 V_{p2}^2) / h_2,$$

где h_1, h_2 — высота зернового слоя и насыпи;

$\alpha_1, b_1, \alpha_2, b_2$ — опытные коэффициенты.

Решая это уравнение относительно h_x , получим значения высоты направляющих транспортирующего канала, обеспечивающие заданную удельную подачу воздуха в насыпь. Для типовой насыпи зерна в

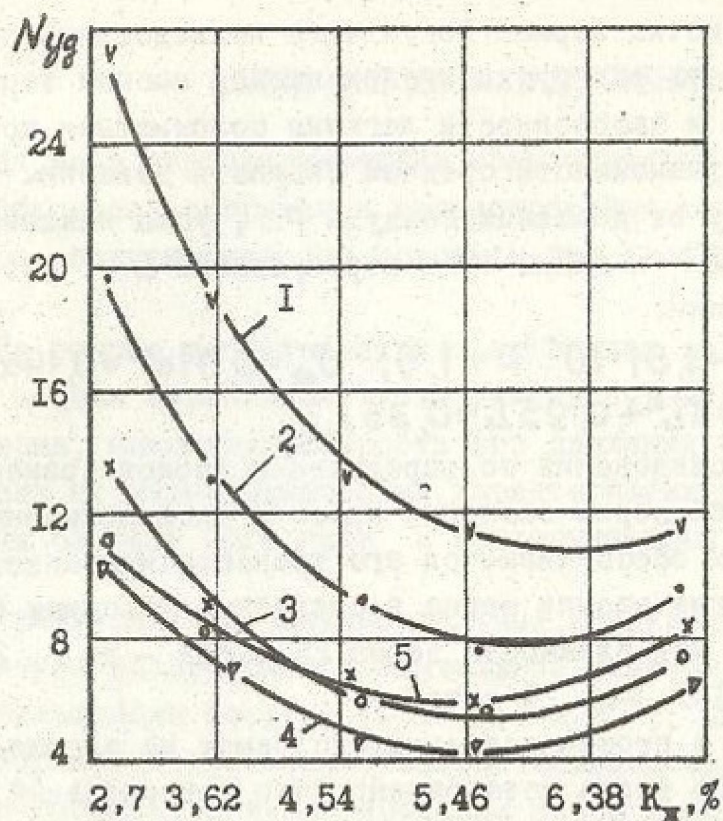


Рис. 3. Зависимость удельной гидравлической мощности от коэффициента живого оечения решеток при различной длине разгруженного участка аэрожелоба:

1 – 1 м, 2 – 2 м, 3 – 4 м, 4 – 6 м, 5 – 8 м.

окладе они составляют: у стен склада – 0,3 м, на расстоянии 1,3 м от стены – 0,12 м, на расстоянии 4 м и до конца аэрожелоба – 0,05 м.

Проведены опыты при произвольно выбранном режиме разгрузки насыпи зерна $B = 0,1$ м, $K_{ж} = 5,46\%$, $\alpha = 2^\circ$ с целью проверки соответствия значений G , рассчитанных по формуле (14) и полученных экспериментально. Коэффициенты φ , λ , ω , η , входящие в формулу (14), определяли экспериментально и вычисляли по соответствующим формулам. Расхождение между экспериментальными и расчетными значениями не превышает 8,5%.

Результаты исследования показали, что при помощи одного типа аэрожелобов возможна разгрузка насыпи зерна различных культур. При этом массовый расход зависит от физических и аэродина-

мических характеристик зерна. Результаты исследований подтвердили также возможность разгрузки несслежавшейся насыпи зерна повышенными влажностью и засоренности легкими солоmistыми примесями.

Установлены зависимости средней скорости движения зернового слоя по аэрожелобу от давления воздуха P , угла наклона аэрожелоба к горизонту α и длины транспортирования L , которые описываются выражениями:

$$\sigma_m = 1,1 \cdot 10^{-6} P^2 - 1,61 \cdot 10^{-3} P + 1,5; \quad \sigma_m = 0,01 \alpha^2 + 0,19 \alpha + 0,83$$

$$\sigma_m = -0,05 L^2 + 0,95 L - 0,35.$$

Проведены исследования по определению сроков хранения на аэрожелобах насыпей зерна пшеницы, проса и риса повышенной влажности, при которых обеспечивается его транспортирование. Продолжительность хранения насыпи зерна в стендовых условиях была ограничена сроками: при влажности зерна 25...26% - до 2, 21...22% - до 10...12, 18...19% - до 25 суток.

При хранении в производственных условиях на аэрожелобах насыпи свежесобранного зерна установлено, что максимальный срок хранения пшеницы начальной влажностью 15,2...17,7% не более 44 суток, риса-зерна влажностью 16...20% - не более 10 суток.

На основе теоретических и экспериментальных исследований разработана методика расчета аэрожелобов для разгрузки насыпи зерна.

С учетом заданного массового расхода зерна, возможного угла наклона аэрожелоба и величины принятого давления воздуха определяют по графикам ширину аэрожелоба. Вычисляют начальный ($Q_{ф.н.}$) и конечный ($Q_{ф.к.}$) расходы воздуха и оценивают участок аэродинамической характеристики вентилятора. В случае значительного (более 20%) уменьшения величины давления вентилятора в пределах режима его работы (от $Q_{ф.н.}$ до $Q_{ф.к.}$) принимают меры для стабилизации массового расхода зерна по аэрожелобу. Стабилизация массового расхода зерна по аэрожелобу обеспечивается за счет поддержания на одном уровне давления воздуха P под решеткой, изменения ширины B или углов наклона α ее участков.

В пятой главе приведены результаты производственных испытаний опытных образцов аэрожелобов на Балинском хлебоприемном предприятии. Конструкция аэрожелобов разработана ЦКТБ ВНИИЗ на основе данных настоящих исследований. Опытную серию аэрожелобов изготовил Лубенский завод "Комсомолец", испытания проведены нормативно-исследовательской станцией В/Т "Совхозмашиностроитель".

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. На базе аэродинамических транспортеров и в результате анализа процессов выгрузки и вентилирования зерна разработаны аэрожелоба, совмещающие эти процессы при эксплуатации зернохранилищ.

2. На основе теоретических предпосылок разработана математическая модель аэрожелоба, позволяющая определить массовый расход зерна, начальную скорость его движения и высоту слоя в зависимости от аэродинамических характеристик воздушного потока, физических свойств материала и конструктивных параметров аэрожелоба.

3. В результате экспериментальных исследований определены: структура воздухораспределительной решетки ($K_{\text{ж}} = 5,46\%$), скорость фильтрации воздуха ($U_{\text{ф}} = 1,4 \text{ м.с}^{-1}$), высота направляющих транспортирующего канала, обеспечивающие снижение энергозатрат при выгрузке и вентилировании зерна в складе;

зависимости усредненной скорости движения зернового слоя от длины транспортирования L , угла наклона аэрожелоба к горизонту α и давления воздуха P , которые могут быть использованы для расчета аэрожелобов, применяемых для очистки зерна, охлаждения, сушки, смешивания, дозирования и других процессов;

значения коэффициентов аэродинамического сопротивления слоя λ и воздухораспределительной решетки ζ , входящих в математическую модель.

4. Установлены предельные сроки хранения насыпи зерна повышенной влажности, при которых обеспечивается ее разгрузка аэрожелобами: пшеницы начальной влажностью 15,2...17,5% - не более 44 суток, риса влажностью 16...20% - не более 10 суток.

5. Разработана и утверждена Минхлебопродуктов УССР методика расчета аэрожелобов применительно к зерновым складам напольного хранения.

6. Разработаны и утверждены Минхлебопродуктов УССР рекомендации промышленности по монтажу и эксплуатации аэрожелобов в зернохранилищах.

7. На основании результатов настоящего исследования ЦКТБ ВНИИЗ разработана конструкция аэрожелобов, которые приняты Министерством хлебопродуктов СССР к внедрению в отрасль.

8. Экономическая эффективность от использования аэрожелобов составляет 0,46 руб. на тонну провентилированного и выгруженного зерна. В системе Министерства хлебопродуктов УССР с 1976 г. по 1981 г. аэрожелобами оборудованы зерновые склады емкостью 1192 тыс. тонн, что дает отрасли хлебопродуктов при двухкратном обороте складской емкости экономию 1096,6 тыс. руб. в год.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Бернадин А.Ф., Дмитрук Е.А. Аэрожелоба для разгрузки зерновых складов // Перспективы развития комбикормовой промышленности в Латвийской ССР - Рига, 1974. - С.47-54.

2. Дмитрук Е.А., Черняев Н.П., Бернадин А.Ф. Использование аэрожелобов с жалюзными решетками для выгрузки зерна из складов // Мукомол.-элеватор. и комбикорм. пром-сть. - 1975. - 1. - С.36-38.

3. Дмитрук Е.А., Бернадин А.Ф., Савельева Ж.А. Метод расчета аэрожелобов для разгрузки зерновой насыпи // ВНИИ комбикорм. пром-сти. - Воронеж, 1978. - Вып. 13. - С.16-17.

4. Бернадин А.Ф., Дмитрук Е.А., Порох М.И. Аэрожелоб - новый вид пневматического транспорта // Механизация сел. хоз-ва - 1978. - № 6. - С.21.

5. Бернадин А.Ф., Дмитрук Е.А., Порох М.И. О параметрах транспортирования зерна различной влажности с помощью аэрожелобов // Мукомол.-элеватор. и комбикорм. пром-сть. - 1980. - № 9. - С. 25-26.

6. Бернадин А.Ф. Стабилизация массового расхода зерна по аэрожелобу при разгрузке зерновой насыпи / ВНИИ комбикорм. пром-сти. - Воронеж, 1986. - 7 с. - Деп. в ВИНТИ 26.03.86, № 656-хб Деп.

7. Бернадин А.Ф. математическая модель нестационарного режима работы аэрожелоба при разгрузке насыпи зерна // ВНИИ комбикорм. пром-сти. - Воронеж, 1987. - Вып. 30. - С. 62-64.

8. Эксплуатация аэрожелобов АВТ-5 /Овсянко В.Г., Фоменко О.Г., Уколов В.С., Бернадин А.Ф., Белецкий М.К.; Кубан. фил. - ВНИИ зерна и продуктов его переработки. - Краснодар, 1987 - 19 с. - Деп. в ВИНТИ 10.02.87, № 736-хб. Деп.

Юшф

С.В. 16292

✓ 016292