

Автореф.  
П. 54

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
имени М.В. Ломоносова

На правах рукописи

ПОЛЯКОВ Вадим Яковлевич

УДК 664.733.05-05

ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБОВ И СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ  
И УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЗЕРНА  
В ВАЛЬЦОВОМ СТАНКЕ

Специальность 05.18.12 - процессы и аппараты  
пищевых производств

Переучет 1984

А в т о р е ф е р а т  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Одесса - 1985



## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981...1985 годы и на период до 1990 года, принятых на XXVI съезде КПСС, предусмотрено "... в машиностроении для легкой и пищевой промышленности осуществить разработку и приступить к производству высокоэффективных систем машин и оборудования, обеспечивающих механизацию и автоматизацию технологических процессов, комплексное использование сельскохозяйственного сырья, сокращение потерь при его переработке, хранении и доведении до потребителя ...". Предусмотрено увеличить производство муки высшего сорта примерно на 24...27 %. В этой связи необходимо внедрение новых автоматизированных видов оборудования и технологии, обеспечивающих дальнейшее повышение эффективности мукомольного производства.

Наиболее важной и энергоемкой операцией при переработке зерна в муку является его измельчение. Однако, изменение физико-технологических свойств зерна, нагрузочных, кинематических, геометрических и других факторов приводит к необходимости часто контролировать и регулировать вальцовый станок с целью поддержания заданных показателей интенсивности и эффективности процесса измельчения. Осуществляемые в настоящее время субъективный контроль и ручное управление станком приводит к снижению выхода и качества готовой продукции.

Предлагавшиеся ранее способы автоматизации вальцового станка обладали недостаточной эффективностью и не нашли промышленного применения из-за отсутствия должного обоснования при выборе способов и средств контроля и регулирования. Для решения этих задач необходимо комплексное исследование технологических параметров процесса измельчения в вальцовом станке, направленное на создание более совершенной системы управления станком, обеспечивающее повышение эффективности, выхода и качества продукции.

институт пищевой промышленности им. В. Ламонсова  
БИБЛИОТЕКА

015117

Цель и задачи исследования. Целью работы является повышение эффективности процесса измельчения зерна и промежуточных продуктов его переработки в муку путем применения автоматизированного управления вальцовым станком.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи: разработать схему автоматизированного управления вальцовым станком; обосновать выбор устройств для контроля технологических параметров станка, позволяющих оперативно оценивать величину общего извлечения; обосновать принцип действия и параметры устройства для измерения крупности продукта; обосновать способы и устройства автоматического контроля осредненной по длине вальцов величины общего извлечения и ее локальных значений и исследовать их сравнительную эффективность; разработать и исследовать питающее устройство вальцового станка, обеспечивающее требуемые параметры регулируемой пропускной способности и равномерности распределения материала по длине вальцов; испытать в производственных условиях систему автоматической стабилизации осредненной по длине вальцов величины общего извлечения.

Научная новизна работы заключается в том, что:

предложена параметрическая схема процесса измельчения зерна в вальцовом станке, на основе анализа которой выбраны параметры регулирования и разработана схема автоматизированного управления станком;

аналитически обоснована и экспериментально подтверждена возможность оценки локальных значений величины общего извлечения по значению ударной силы потока продуктов измельчения;

экспериментально доказана возможность использования значения нагрева продуктов измельчения для контроля равномерности измельчения по длине вальцов и износа рифлей;

на основе проведенных исследований разработаны методические основы проектирования автоматического вальцового питателя, обес-

печивающего равномерное распределение материала по длине вальцов; предложен способ автоматической стабилизации осредненной по длине вальцов величины общего извлечения.

Практическая ценность работы. Получены исходные данные для проектирования автоматизированного вальцового станка, обеспечивающего повышение эффективности процесса измельчения и продовольственного использования зерна. Разработана система автоматической стабилизации величины общего извлечения, которая может быть использована для настройки и выбора оптимального баланса помола.

Апробация работы. Основные результаты работы доложены и одобрены на I Всесоюзной конференции по дисперсным порошкам (Одесса, 1967); Всесоюзной конференции "Современные проблемы механики сыпучих материалов" (Одесса, 1969); Республиканской конференции по вопросам автоматизации производственных процессов (Алма-Ата, 1970); II Всесоюзной конференции "Проблемы сепарирования зерна и других сыпучих материалов" (Москва, 1972); Всесоюзной конференции "Научно-технический прогресс в зерноперерабатывающей промышленности" (Одесса, 1977); IV Всесоюзной конференции "Механика сыпучих материалов" (Одесса, 1980); научных и научно-технических конференциях ОТИП им. М. В. Ломоносова 28 (1966); 29 (1967), 30 (1968), 32 (1971), 38 (1978), 39 (1979), 40 (1980); научно-техническом совещании НТО мукомольной и крупяной промышленности и элеваторного хозяйства "Пути повышения развития конструкций измельчающих машин в целях интенсификации процесса измельчения в пищевой промышленности" (Москва, 1968); заседаниях Технических советов Минзага УССР (1972) и Могилев-Подольского машиностроительного завода им. С. М. Кирова (1976).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 15 работ и получено 4 авторских свидетельства.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, пяти глав, выводов и рекомендаций, списка литературы, приложений и из-

ложена на 299 страницах, из них основного текста с 21 таблицей 142 страницы. В работе 64 таблицы и 74 рисунка, из которых 10 рисунков в приложениях.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе рассмотрены технологическая эффективность процесса измельчения зерна в вальцовом станке, методы и средства её регулирования.

На основе обзора научно-исследовательских работ систематизированы входные факторы и выходные параметры, составлена параметрическая схема процесса измельчения в вальцовом станке. Проведенный при этом анализ предлагавшихся методов контроля и регулирования станка подтвердил целесообразность применения контролирующим параметром величины общего извлечения, а регулирующим воздействием изменение межвальцового зазора.

Влияние многих внешних и внутренних возмущений обуславливает необходимость частого контроля и регулирования вальцового станка. Однако создать систему автоматического регулирования станка на основе алгоритма затруднительно из-за сложности получения математической модели процесса измельчения зерна в виде функциональной зависимости от определенных параметров.

Работа вальцовой пары характеризуется неравномерной её загрузкой и износом рифлей, что вызывает необходимость иметь как обобщенную по длине, так и локальные оценки интенсивности измельчения по краям и в середине вальцов, контроль постоянства межвальцового зазора, равномерности изнашивания и оценку предельного состояния высоты рифлей с целью достижения равномерности измельчения по длине ее рабочей зоны.

Для обеспечения оперативного технологического контроля процесса измельчения с целью управления вальцовым станком показана

необходимость обоснования и разработки способов и средств оценки технологической эффективности процесса измельчения зерна в вальцовом станке.

Во второй главе предложена схема автоматизированного управления вальцовым станком (рис. I) и обоснованы способы и средства оценки его технологической эффективности. Схема предусматривает регулирование производительности питателя  $Q$  по контуру 3-II-I2-4; стабилизацию осредненной по длине валцов величины общего извлечения  $\bar{U}_{\text{ср}}$  по контуру 8-I5-I4-I3; контроль локальных значений величины извлечения по краям валцов  $(U_{\text{ср}})_л$  и  $(U_{\text{ср}})_п$  по контуру 5-6-I0-9 для последующего регулирования равномерности измельчения по длине валцов; контроль состояния рифлей устройством 7.

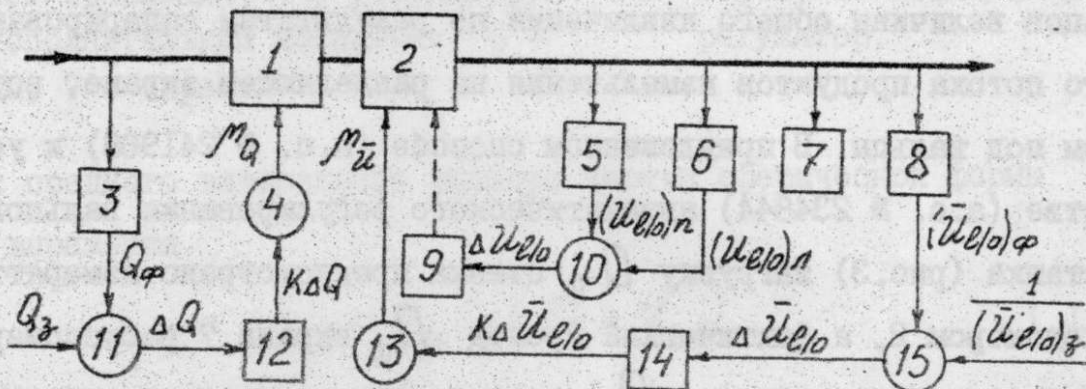


Рис. I.

Схема автоматизированного управления вальцовым станком:

I - питатель; 2 - валцы; 3, 5, 6, 7, 8 - датчики сигналов фактической загрузки станка, общего извлечения по краям валцов, состояния рифлей и величины извлечения осредненной по длине валцов; 4 и I3 - исполнительные механизмы; 9 - устройство, регистрирующее равномерность измельчения; I0, I1, I5 - элементы сравнения; I2, I4 - регуляторы.

Для подачи материала в рабочую зону на основе анализа НИР и конструкций питателей выбран вальцовый питатель (рис. 2), который непрерывно и равномерно распределяет материал по длине валцов, обеспечивает высокую степень заполнения их рабочей зоны, вводя в нее частицы послойно и практически перпендикулярно плоскости

валцов со скоростью, приближающейся к окружной скорости быстро-  
вращающегося вальца. Производительность

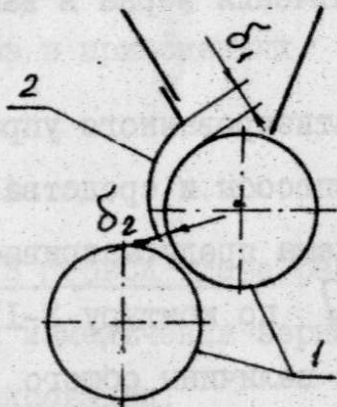


Рис. 2.  
Вальцовый питатель:  
1 - валцы; 2 - на-  
правляющая пластина.

ность питателя регулируется изменением  
входного зазора  $\delta_1$ , а выходной за-  
зор  $\delta_2$  устанавливается несколько  
большим максимального размера частиц  
материала. Однако отсутствие данных о  
влиянии износа рифлей на производи-  
тельность питателя и равномерность  
распределения материала определило не-  
обходимость проведения дополнительных  
исследований.

Обоснована целесообразность оценки осредненной по длине  
валцов величины общего извлечения по результатам сепарирования  
всего потока продуктов измельчения на разделяющем экране, встро-  
енном под валцы. В предложенном способе (а.с. № 241968) и уст-  
ройстве (а.с. № 234844) автоматического регулирования вальцово-  
го станка (рис. 3) загрузку  $Q_{\Phi}$  станка предусмотрено измерять  
расходомером 2, а фактический проход  $\Pi_{\Phi}$  экрана 7 расходомером  
8. После деления сигнала  $Q_{\Phi}$  посредством делителя-задатчика I  
на величину, обратную заданной величине извлечения, образуется  
сигнал о потребном количестве прохода  $\Pi_{\Pi}$ . На элементе сравне-  
ния 3 образуется сигнал, соответствующий по знаку и величине  
рассогласованию величины общего извлечения, по которому регуля-  
тор 4 посредством исполнительного механизма 5 изменяет межваль-  
цовый зазор до тех пор, пока сигнал рассогласования не станет  
равным нулю.

При использовании расходомеров конструкции ВНИИЗа упроща-  
ется схема получения входного сигнала (рис. 4).

Аналитически найдена зависимость ударной силы нестесненно-  
го потока падающих частиц продуктов измельчения  $F_{n\Sigma}$  на пласти-

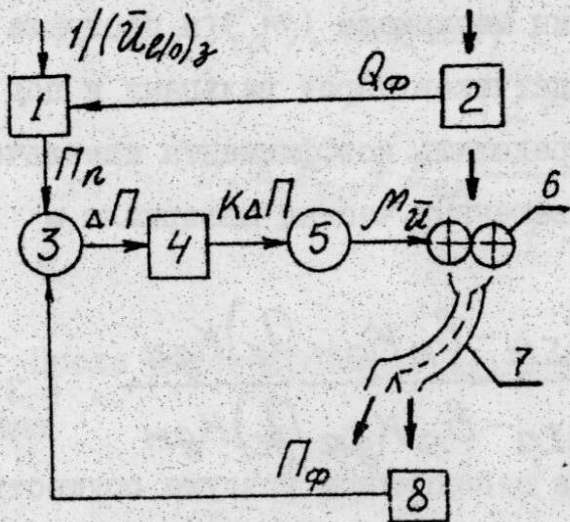


Рис. 3.

Схема автоматической стабилизации величины общего извлечения: 1 - датчик; 2 и 8 - расходомеры; 3 - элемент сравнения; 4 - регулятор; 5 - исполнительный механизм; 6 - вальцы; 7 - экран.

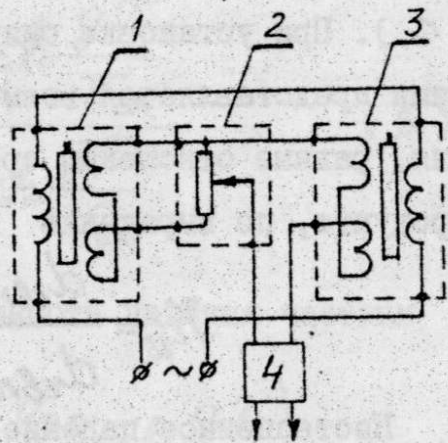


Рис. 4.

Схема получения входного сигнала: 1 и 3 - индукционные катушки расходомеров; 2 - датчик; 4 - регулятор.

ну от среднего взвешенного размера частиц сферической формы в виде выражения

$$F_{n\Sigma} = K_g Q_c (v_n + d_{св}), \quad (1)$$

где  $K_g$  - коэффициент датчика;

$$K_g = \frac{2}{3} (1 + K_v) \frac{\sqrt{v_z}}{S_{пот}} z_n L_n, \quad (2)$$

$Q_c$  - секундный расход продукта;  
 $v_n$  и  $L_n$  - соответственно ширина и длина пластины;

$d_{св}$  - средний взвешенный размер частиц;

$K_v$  - коэффициент восстановления при ударе;

$\sqrt{v_z}$  - вертикальная составляющая скорости падения частиц в момент удара их с пластины;

$S_{пот}$  - площадь поперечного сечения продукта, поступающего на датчик;

$z_n$  - число пластин в датчике.

Следовательно, по значению  $F_{nz}$  можно оценивать значения средних взвешенных размеров частиц материала ( $m$ ) и продукта ( $n$ ). При установке одинаковых датчиков перед вальцами и под ними представляется возможным определять коэффициенты измельчения, равные отношению средних взвешенных частиц материала и продукта, по выражению

$$K_{и} = \frac{d_{свм}}{d_{свп}} = \frac{(F_{nzM} - v_n K_{gm} Q_c) K_{gn}}{(F_{nzп} - v_n K_{gn} Q_c) K_{gm}} \quad (3)$$

Нестесненное падение частиц в неподвижном воздухе осуществляется под действием силы

$$F_n = G_z - R_{gz} = m_z g - \xi S_z \frac{\rho_v v_z^2}{2},$$

где  $G_z$  - сила тяжести частицы массой  $m_z$ ;

$R_{gz}$  - динамическое сопротивление свободного воздушного потока;

$g$  - ускорение свободного падения;

$\xi$  - коэффициент аэродинамического сопротивления воздушной среды движению частицы;

$S_z$  - площадь миделева сечения частицы;

$\rho_v$  - плотность воздуха;

$v_z$  - скорость падения частицы.

При ускоренном падении частицы ее скорость асимптотически приближается к критической, которая при  $G_z = R_{gz}$  будет равной

$$v_{zk} = \sqrt{\frac{2m_z g}{\xi S_z \rho_v}} \quad (4)$$

Отсюда

$$\frac{\xi S_z \rho_v}{2} = \frac{m_z g}{v_{zk}^2}$$

Тогда дифференциальное уравнение падения частицы будет иметь вид

$$m_z \frac{dv_z}{d\tau} = m_z g \left( 1 - \frac{v_z^2}{v_{zk}^2} \right).$$

После преобразования и интегрирования при начальных условиях

( $\tau = 0; v_z = v_{z0}$ ), получим

$$v_z = v_{z0} + v_{zk} \frac{\left(1 - \frac{v_{z0}^2}{v_{zk}^2}\right) \operatorname{th} \frac{g\tau}{v_{zk}}}{1 - \frac{v_{z0}}{v_{zk}} \operatorname{th} \frac{g\tau}{v_{zk}}}. \quad (5)$$

После интегрирования выражения (5) высота падения частицы равна

$$H_z = \frac{v_{zk}^2}{g} \ln \left( \operatorname{ch} \frac{g\tau}{v_{zk}} + \frac{v_{z0}}{v_{zk}} \operatorname{sh} \frac{g\tau}{v_{zk}} \right). \quad (6)$$

При падении частицы сферической формы в "стандартном" воздухе из выражения (4) получили

$$v_{zk} = 3,3 \sqrt{\frac{d_z \rho_z}{\xi}}.$$

Следовательно, зная  $v_{zk}$  и высоту падения продукта, можно из выражений (6), (5), (2), (1) и (3) определять время его падения, скорость частиц продукта при соударении их с датчиком, коэффициент датчика и затем по значению ударной силы средний взвешенный размер частиц продукта и коэффициент измельчения.

Полученные зависимости указывают на возможность использования ударной силы потока продукта для локальной оценки равномерности измельчения вдоль валцов.

В качестве датчика нагрева продуктов измельчения обоснован выбор термопары, так как она с достаточно высокой точностью измеряет непосредственно разность температур продукта и материала.

В третьей главе изложены программа, методики исследования и обработки полученных данных, экспериментальные установки.

Программой предусматривалось на первых четырех крупнообразующих системах, как основных, определение геометрических и кинематических параметров разделяющего экрана (РЭ); исследование влияния технологических параметров на эффективность действия РЭ;

обоснование автоматического контроля в потоке осредненной по длине валцов величины общего извлечения  $\bar{U}_{e/10}$ ; установление зависимости прохода РЭ от  $\bar{U}_{e/10}$  и анализ проходových продуктов; исследование косвенных способов оценки равномерности измельчения по длине валцов; определение параметров валцового питателя с целью его совершенствования; испытание в производственных условиях на I и III крупобразующих системах автоматической стабилизации  $\bar{U}_{e/10}$ .

Исследование проводили в лабораторных условиях и на мукомольных заводах № I и № 3 г. Одессы с трехсортным и двухсортным помолом пшеницы, используя общепринятые методики и стандарты.

Согласно проведенному анализу критериев технологической эффективности сепарирования эффективность действия РЭ оценивали: разделяющим действием -  $P_{\Phi}$ ; полнотой выделения относительно контрольного сита проходовой и сходовой фракций -  $E_{\Pi}$  и  $E_{\Sigma}$ ; четкостью сепарирования по проходу -  $K_{\Pi}$  (относительное содержание сходовой фракции в проходе экрана  $P_{\Phi}$ ) и по сходу -  $K_{\Sigma}$  (относительное содержание проходовой фракции в сходе экрана  $C_{\Phi}$ ). Из них определяющими были для количественной оценки  $P_{\Phi}$  и для качественной  $E_{\Pi}$  и  $K_{\Sigma}$ ; остальные критерии были сопутствующими.

При исследовании РЭ его встраивали в лабораторный валцовый станок (размер валцов 220 x 80 мм), а при производственных испытаниях - в малогабаритный станок ВСК (размер валцов 185 x 170 мм). Питатели исследовали на лабораторных установках с размерами валцов 170 x 180 и 250 x 1000 мм с использованием специально изготовленных секционных пробоотборников.

В исследованиях использовали ситовой классификатор модели ФР-I с набором из 12-ти модулированных сит ( $m = \sqrt{2}$ ); специально сконструированный ленточный весовой расходомер с автоматическим показывающим и самопишущим прибором марки ДСР-01; установку для измерения ударной силы потока продукта, сконструированную на ба-

зе ленточного расходомера и тензометрической установки УТ СІВТІ2; потенциометр постоянного тока КП-59 класса 0,05 с батареями по 10 константно-медных термопар в каждой; расходомеры конструкции ВНИИЗ марки РЦ-5; весы ВНЦ-2; шуповой профилограф с микроскопной приставкой типа МПБ для измерения высоты рифлей; индикатор марки ИЧ класса 0; шупы.

Экспериментальные данные обрабатывали методами математической статистики в соответствии с ГОСТами по прикладной статистике.

В четвертой главе представлены результаты экспериментальных исследований, которые позволили установить, что для первых четырех крупнообразующих систем наиболее приемлемым является колеблющийся дуговой формы разделяющий экран длиной  $L_3 = 0,75$  м и радиусом  $R_3 = 0,75$  м с размером квадратных отверстий  $a_3$  в 2,0...2,2 раза больше размера отверстий контрольных сит, предусмотренных "Правилами организации и ведения технологических процессов на мельницах".

Необходимое транспортирующее действие и незасеваемость РЭ достигается при частоте колебаний  $f_3 = 11$  Гц и угле колебания экрана 1-й модификации (колебания относительно центра дуги экрана)  $\varphi_{31} = 0,0035 \pm 0,0005$  рад и экрана 2-й модификации (колебания относительно оси, расположенной у приемной части)  $\varphi_{32} = 0,0040 \pm 0,0005$  рад. При этом возможна унификация привода РЭ на I...IV к.с.

Оценка по критерию Стьюдента существенности различий малых выборок в опытах, проведенных при различных геометрических и кинематических параметрах РЭ, показала, что наибольшее влияние на эффективность действия экрана оказывает  $a_3$  и наименьшее  $\varphi_3$ .

Зависимость показателей сепарирования РЭ от его параметров достаточно точно аппроксимируется эмпирическим выражением

$$y = A_0 + A_1 a_3 + A_2 \varphi_3 + A_3 f_3 + A_4 a_3^2 + A_5 \varphi_3^2 + A_6 f_3^2,$$

где  $A_i$  - коэффициенты уравнений регрессий.

При удельных нагрузках встроенного в станок РЭ, равных удель-

ным загрузкам валцов, можно достичь на I...IV к.с. высокой эффективности сепарирования;  $E_{II} = 0,75...0,95$ ;  $E_C = 0,70...0,98$ ;  $K_{II} = 0,07...0,04$ ;  $K_C = 0,15...0,04$ . Малые значения  $K_C$  позволяют направить проход экрана на последующее измельчение минуя отсеивы, что приведет к уменьшению площади просеивающей поверхности и к снижению расхода энергии на вертикальные перемещения продуктов измельчения.

Исследованиями установлено, что эффективность действия РЭ практически стабильна при предусмотренных Правилами интервалах изменений загрузки валцов и общих извлечениях через контрольные сита, а также изменений общей стекловидности зерна от 30 до 85 % и его влажности от 13 до 18 % (при одинаковом гранулометрическом составе продуктов измельчения) и аэродинамического режима, вызванного расходом воздуха для аспирации станка либо отгрузки из него продукта. Поэтому в системе автоматической стабилизации величины общего извлечения  $\bar{U}_{e/10}$  с регламентированным допуском эффективность действия РЭ будет оставаться практически постоянной и достаточно высокой.

При  $\alpha_3$  больше в 2,0...2,2 раза отверстия контрольного сита наблюдается равенство  $P_{\Phi}/Q_C = \bar{U}_{e/10}$ , где  $P_{\Phi}$  и  $Q_C$  - секундные расходы проходного продукта экрана и его загрузки. Следовательно, по значению отношения  $P_{\Phi}/Q_C$ , регистрируемого посредством РЭ и расходомеров, можно оценивать  $\bar{U}_{e/10}$ .

Статистическая обработка экспериментальных данных показала, что зависимость от  $\bar{U}_{e/10}$  среднего взвешенного размера частиц продуктов измельчения  $d_{св}$  аппроксимируется уравнением регрессии с коэффициентом корреляции  $r = 0,72...0,91$ . Поэтому по экспериментально определенному значению  $d_{св}$  можно достаточно точно судить о  $\bar{U}_{e/10}$ .

Экспериментально подтверждена аналитическая зависимость среднего взвешенного размера частиц продуктов измельчения I и II к.с.

от нагружения ударной силой  $F_{н\bar{\Sigma}}$  разработанного датчика, средняя чувствительность которого (отношение увеличения выходного сигнала о  $F_{н\bar{\Sigma}}$  в  $i$  раз к вызвавшему его увеличению входного сигнала о  $d_{св}$  в  $j$  раз) составляла  $\bar{K}_d = 0,92$  при среднем квадратическом отклонении  $S_{K_d} = 0,11$ . В связи с принятыми допущениями при выводе уравнения расчетного значения ударной силы средняя относительная ошибка определения  $d_{св}$  по  $F_{н\bar{\Sigma}}$  была равной  $\bar{\delta}_d = 9,0\%$  при среднем квадратическом отклонении  $S_{\delta_d} = 2,1\%$ . Однако этот способ для продуктов III и IV к.с. мало приемлем, так как размеры их частиц соизмеримы с толщиной пластин датчика.

Нагрев продукта  $\Delta t_n$  в процессе его измельчения находится в прямой зависимости от  $U_{е/о}$  и обратной от относительной высоты рифлей  $h_{рo}$ , определяемой отношением фактической высоты рифлей к расчетной, которую стремятся получить при нарезке валцов. Средняя чувствительность разработанного датчика при оценке  $U_{е/о}$  на I к.с.  $(\bar{K}_u)_I = 1,00$  при среднем квадратическом отклонении  $(S_{K_u})_I = 0,05$ , на II к.с.  $(\bar{K}_u)_{II} = 1,06$  и  $(S_{K_u})_{II} = 0,01$ , а при оценке  $h_{рo}$  соответственно  $(\bar{K}_{h_p})_I = 0,98$ ,  $(S_{K_{h_p}})_I = 0,02$  и  $(\bar{K}_{h_p})_{II} = 0,96$  и  $(S_{K_{h_p}})_{II} = 0,03$ .

В результате обработки экспериментальных данных получена зависимость для I к.с.

$$\Delta t_{nI} = 1,12 - 1,12 h_{рo} + 0,230 U_{е/о} - 0,11 h_{рo} U_{е/о}$$

и для II системы

$$\Delta t_{nII} = -4,76 + 3,90 h_{рo} + 0,467 U_{е/о} - 0,36 h_{рo} U_{е/о}.$$

Средняя относительная ошибка отклонения расчетных значений от экспериментальных составляла на I к.с.  $(\bar{\delta}_{\Delta t_n})_I = 3,7\%$  при среднем квадратическом отклонении  $(S_{\Delta t_n})_I = 2,8\%$ , на II к.с. -  $(\bar{\delta}_{\Delta t_n})_{II} = 1,8\%$  и  $(S_{\Delta t_n})_{II} = 2,5\%$ .

Учитывая высокую чувствительность, большую надежность и несложность контролируемых устройств для оценки локальных значений величины извлечения  $U_{е/о}$  на III и IV к.с. предпочтение следует от-

дать температурному способу по сравнению с ударным. Дополнительно по  $\Delta t_n$  можно оценивать предельный износ рифлей.

Исследованиями вальцового питателя установлено, что зависимость осредненной по длине вальцов его удельной производительности от относительной высоты рифлей аппроксимируется выражением

$$(\bar{Q}_B)_{h_{po}} = A_1 + A_2 h_{po}^{2,2}$$

и от величины входного зазора

$$(\bar{Q}_B)_{\delta_1} = A_3 + A_4 \delta_1,$$

где  $A_1$  и  $A_2$  - коэффициенты, зависящие соответственно от физико-технологических свойств материала и от величины входного зазора;

$A_3$  и  $A_4$  - коэффициенты, зависящие соответственно от физико-технологических свойств материала и высоты рифлей.

Общая зависимость  $\bar{Q}_B$  от  $h_{po}$  и  $\delta_1$  аппроксимируется выражением

$$\bar{Q}_B = A_5 + A_2 h_{po}^{2,2} + A_4 \delta_1,$$

где  $A_5$  - коэффициент, зависящий от физико-технологических свойств материала.

Исследования показали, что производительность питателя остается практически постоянной при уменьшении высоты материала над поверхностью быстровращающегося вальца от 500 до 50 мм. Установлено также, что в условиях подвижной опорно-выводящей поверхности питателя на равномерность выдачи материала сказывается тормозящее действие боковых стенок питателя. Это приводит к уменьшению загрузки концевых участков вальцов по сравнению со средним участком, хотя на вальцах размером 250 x 1000 мм вальцовый питатель распределяет материал равномернее двухроликового.

Равномерность распределения материала при понижении производительности питателя путем уменьшения  $\delta_1$  практически не изменяется при  $h_{po} \geq 0,75$  и улучшается при  $h_{po} \leq 0,60$ ; при постоян-

ном значении  $\delta_1$  по мере изнашивания рифлей равномерность распределения ухудшается. Спрофилировав входное сечение таким образом, чтобы зазор на концевых участках вальца был в 1,25 раза больше, чем на среднем участке при  $Q_B = 50$  кг/(ч.см), получили практически равномерное распределение материала ( $V = 0,1\%$ ) и при изменении  $Q_B$  на  $+12$  и на  $-22\%$  коэффициент вариации увеличивался соответственно до 2,3 и 2,5%. Следовательно, профилирование входного сечения обеспечивает практически равномерное распределение материала при предусмотренных Правилами диапазонах регулирования загрузки валцов.

Понижение производительности питателя, обусловленное изнашиванием рифлей, можно компенсировать увеличением входного зазора посредством разработанной системы автоматической стабилизации уровня материала в питателе. Такая система предотвращает при недостаточной подаче материала возможную загрузку лишь среднего участка и накопление материала в подающей коммуникационной линии при избыточной подаче.

На основе анализа и синтеза системы автоматической стабилизации уровня материала в питателе выбрано двухпозиционное регулирование посредством трех датчиков уровня без зоны нечувствительности ("много", "много и мало" и "мало") и двух реле времени. Для наиболее загруженного станка I к.с. с длиной валцов 1000 мм при изменении подачи на него на  $\pm 50\%$  от значения, предусмотренного Правилами, и уменьшении относительной высоты рифлей от 0,9 до 0,6 переходный процесс изменяется от аperiodического до колебательного с 30% перерегулированием и уровень материала входит в "норму" максимум за 13,6 с (при  $h_{po} = 0,6$ ).

Для случая, когда изменение загрузки станка повлияет на интенсивность измельчения, срабатывает система автоматической ста-

билизации средней по длине валцов величины общего извлечения.

Одесский технологический институт пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова  
БИБЛИОТЕКА

16015117

В пятой главе представлены результаты производственных испытаний способа и устройства автоматической стабилизации осредненной по длине валцов величины общего извлечения, которые подтвердили данные лабораторных исследований с высокой эффективностью и незасеваемости РЭ, колеблющегося относительно оси, расположенной у приемной части.

При режимах работы станка на I и III к.с. двухсортного помола пшеницы разность между записанными значениями  $\bar{U}_{0/0}$  и действительными, определенными ситовым анализом, незначительна и не превышала 0,5 %.

В процессе испытания системы автоматического контроля на станках I...IV к.с. трехсортного помола пшеницы в обычных производственных условиях выявлены значительные колебания загрузки и величины общего извлечения (коэффициенты вариации соответственно  $V_Q = 3,7...12,4\%$  и  $V_U = 4,1...14,7\%$ ), что подтверждает целесообразность применения автоматизированного управления валцовым станком.

При работе установки искусственно наносили возмущения по загрузке  $Q_B$ , межвалцовому зазору  $\nu$ , влажности зерна  $B_{л.}$  и среднему взвешенному размеру частиц материала  $d_{свм}$ , значения которых значительно больше обычных, и система, прерывисто воздействуя на межвалцовый зазор, восстанавливала заданные значения извлечения  $\bar{U}_{0/0}$ . Так, на I к.с. при  $Q_{B I} = 44,9$  кг/(ч.см),  $B_{л.} = 15,4\%$ ,  $\nu = 1,2$  мм и  $(\bar{U}_{095/0})_{зад} = 30,5\%$  после нанесения возмущений по  $Q_B$  от +12,1 до -15,6 кг/(ч.см), по  $\nu$  до +0,3 мм, по  $B_{л.}$  от +1,8 до -3,2 % величина извлечения поддерживалась стабильной -  $\bar{U}_{095/0} = 30,3\%$  при размахе варьирования  $R_U = 1,4\%$  и среднем квадратическом отклонении  $S_U = 0,4\%$ ; на III к.с. при  $Q_{B III} = 19,2$  кг/(ч.см),  $d_{свм} = 1,6$  мм,  $\nu = 0,95$  мм и  $(\bar{U}_{085/0})_{зад} = 38,5\%$  после нанесения возмущений по  $Q_B$  от -5,0 до +17,2 кг/(ч.см), по  $d_{свм}$  от +0,6 до -0,4 мм, по  $\nu$  от +0,6 до

-0,2 мм величина извлечения поддерживалась также стабильной -  
 $\bar{U}_{085/0} = 38,4\%$  при  $R_{\mu} = 1,0\%$  и  $S_{\mu} = 0,5\%$ , что подтверждает работоспособность системы.

### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. На основе анализа процесса измельчения зерна в вальцовом станке и обзора научно-исследовательских работ составлена параметрическая схема процесса измельчения, выбраны параметры регулирования и установлена целесообразность стабилизации величины общего извлечения.

2. Предложена схема автоматизированного управления вальцовым станком, предусматривающая стабилизацию осредненной по длине вальцов величины общего извлечения, контроль её локальных значений по краям вальцов для регулирования равномерности измельчения по длине вальцов, автоматическое регулирование питания и контроль изнашивания рифлей.

3. Предложен способ автоматической стабилизации величины общего извлечения, по которому сигнал управления получается сравнением фактического прохода экрана с потребным, значение которого определяется делением сигнала о загрузке станка в данный момент времени на величину, обратную заданному значению общего извлечения.

4. Доказана целесообразность применения вальцового питателя и разделяющего экрана для автоматической стабилизации процесса измельчения и предложена их компоновка с мельщиками вальцами двухпоточного станка.

5. Установлена незасеваемость и высокая эффективность действия разделяющего экрана, позволяющая направлять его сход на последующее измельчение минуя отсеивы, при унифицированных для первых четырех крупнообразующих систем его параметрах: радиус  $R_3 =$

750 мм, начальный угол  $\alpha_H = 0,2$  рад, длина  $L_3 = 750$  мм, размер отверстий сита в зависимости от системы  $a_3 = 1,5 \dots 2,5$  мм, частота колебания относительно оси, расположенной у его приемной части  $f_3 = 11$  Гц, угол колебания  $\gamma_{32} = 0,004$  рад.

6. Определено, что эффективность действия разделяющего экрана остается постоянной при изменении влажности зерна от 11,2 до 16,2 % и общей стекловидности от 30 до 85 % для продуктов измельчения одинакового гранулометрического состава, а также при изменении загрузки станка и величины общего извлечения в пределах, предусмотренных "Правилами организации и ведения технологического процесса на мельницах".

7. Установлена линейная зависимость величины общего извлечения от среднего взвешенного размера частиц продуктов измельчения и теоретически и экспериментально доказана возможность его оценки по значению ударной силы их потока.

8. Получены зависимости нагрева продуктов измельчения от величины общего извлечения и износа рифлей.

9. Установлено, что для косвенной оценки локальных значений величины общего извлечения предпочтительно использовать на первых двух крупнообразующих системах значение ударной силы потока продуктов измельчения, а на последующих системах величину их нагрева.

10. Получена обобщенная зависимость производительности вальцового питателя от величины входного зазора и относительной высоты рифлей, позволяющая определять необходимую величину входного зазора для компенсации внешних и внутренних возмущений.

11. Установлена целесообразность профилирования входной части направляющей пластины питателя и разработана схема его автоматизации, на основе анализа и синтеза которой обосновано двухпозиционное регулирование.

12. Разработано устройство автоматического регулирования вальцового станка, при производственных испытаниях которого подтвер-

дидась необходимость стабилизации величины общего извлечения и было достигнуто поддержание её значения с отклонением  $\pm 0,7\%$ , прерывисто воздействующее на межвальцовый зазор при работе исполнительного механизма 5...6 с и времени остановки 15 с.

13. Производственные испытания показали эффективность разработанной системы автоматической стабилизации величины общего извлечения и подтвердили результаты выполненных исследований.

Годовая экономическая эффективность внедрения системы на первых четырех крупнообразующих системах мукомольного завода трехсортного помола пшеницы производительностью 300 т/сут. составит 73 тыс. руб.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. А.с. 200409 (СССР). Питатель к мелющему вальцовому станку /Г.Д.Гальперин, В.Я.Поляков. - Заявл. 27.06.1966, № 1085923/28-13. - Оpubл. в Б.И., 1967, № 16.

2. А.с. 234844 (СССР). Устройство для регулирования режима работы вальцовых станков. /Г.Д.Гальперин, В.Я.Поляков. - Заявл. 07.07.1966, № 1089487/28-13. - Оpubл. в Б.И., 1969, № 4.

3. А.с. 241968 (СССР). Способ получения входного сигнала по величине извлечения в систему автоматического управления вальцовым станком /Г.Д.Гальперин, В.Я.Поляков. - Заявл. 07.07.1966, № 1089126/29-33. - Оpubл. в Б.И., 1969, № 14.

4. А.с. 939070 (СССР). Механизм параллельной установки вальцов устройства для измельчения /В.Я.Поляков, П.И.Кучеров, Л.И.Котляр, В.Ф.Петько. - Заявл. 18.06.1980, № (21)294565/29-33. - Оpubл. в Б.И., 1982, № 24.

5. Гальперин Г.Д., Поляков В.Я. О направлении автоматизации рабочего процесса измельчения зернопродуктов вальцовым станком. - В кн.: 28-я науч.конф. ОТИ им.М.В.Ломоносова. (Тез.докл.). Секция технологии и оборудования. Одесса, 1966, с.21-23.

6. Гальперин Г.Д., Поляков В.Я., Лейсахович А.И. К расчету, совершенствованию и автоматизации вальцового питателя. - Изв. вузов. Пищ. технология, 1967, № 4, с.106-111.

7. Питающие устройства вальцовых измельчителей /Г.Д.Гальперин, В.Я.Поляков, А.Г.Паламарчук, В.И.Угловская. - Машиностроение для пищевой промышленности. Науч.-техн. информация /ЦНИИТЭИлегпишемаш, 1971, № 7, с.24-38.

8. Поляков В.Я. Исследование зернового вальцового питателя. - В кн.: Тез. докл. IV Всесоюз. конф. "Механика сыпучих материалов" (17-19 сент. 1980 г). Одесса, 1980, с.190.

9. Поляков В.Я. Механико-теоретические основы автоматизации контроля и управления вальцовым станком. - В кн.: Тез. докл. Всесоюз. конф. "Научн.-техн. прогресс в зерноперерабатывающей промышленности". Одесса, 1977, с.53.

10. Поляков В.Я., Гальперин Г.Д. Автоматизация контроля и регулирования процесса измельчения зернопродуктов вальцовым измельчителем. - В кн.: Автоматизация производственных процессов: Тр. респ. конф. по вопросам автоматизации производственных процессов (21-23 сент. 1968). Алма-Ата, Наука, 1970, с.64-67.

11. Поляков В.Я., Гальперин Г.Д. Исследование способа автоматической стабилизации извлечения при измельчении зерна вальцовым измельчителем. - Изв. вузов. Пищ. технология, 1970, № 2, с.195-198.

12. Поляков В.Я., Гальперин Г.Д. Производственная проверка устройства автоматической стабилизации общего извлечения вальцового измельчителя. - Изв. вузов. Пищ. технология, 1978, № 3, с.104-108.

13. Поляков В.Я., Гальперин Г.Д. Сепарирование продуктов измельчения пшеницы на криволинейном разделяющем экране. - В кн.: Тез. II Всесоюз. конф. "Проблемы сепарирования зерна и других сыпучих материалов" (27-29 ноября 1972 г), М., 1972, с.54.

14. Поляков В.Я., Гальперин Г.Д. Сепарирование продуктов измельчения пшеницы на криволинейном разделяющем экране. - Тр.

/ВНИИзерна и продуктов его переработки. 1974, вып.78, с.208-217.

15. Поляков В.Я., Гальперин Г.Д. Способ автоматизации вальцового станка. - Хранение и переработка зерна /ЦИНТИ Госкомзага СССР, М., 1969, № 3, с.20-26.

16. Поляков В.Я. и др. О получении сигнала автоматического управления вальцовым измельчителем /В.Я.Поляков, Г.Д.Гальперин, Л.И.Котляр. - В кн.: Пути повышения развития конструкций измельчающих машин в целях интенсификации процессов измельчения в пищевой промышленности: Тез. докл. науч.-техн. совещания (18-19 дек. 1968 г), М., /ЦИНТИ Госкомзага СССР, М., с.88-100.

17. Современные проблемы механики сыпучих материалов /П.Н.Платонов, В.М.Иванов, В.С.Полтораки, Р.П.Петров, А.М.Курочкин, Г.П.Шабельников, Л.Н.Карнаушенко, В.Ф.Петько, Г.Д.Гальперин, Л.М.Ыспуу, И.С.Розанов, А.В.Чувпило, В.Я.Поляков, А.А.Вайнберг, А.И.Панченко, Н.Г.Дубинин, Е.А.Банит, В.М.Дементьев, Ю.П.Нохлебов, М.С.Чабан. - (ЦНИИТЭИ Минзага СССР. Сер.: "Элеваторная, мукомольно-крупяная и комбикормовая пром-сть"). - М.: 1969. - 64 с.

18. Установочные устройства вальцовых измельчителей /Г.Д.Гальперин, В.Я.Поляков, А.Г.Паламарчук, В.И.Угловская. - Машиностроение для пищевой промышленности. Науч.-техн. информация /ЦНИИТЭИлегпищемаш, 1972, № 7, с.11-26.

19. Эксплуатационные испытания малогабаритного вальцового станка марки БВС /Г.Д.Гальперин, Л.И.Котляр, А.И.Пейсахович, В.Я.Поляков. - В кн.: Пищевая промышленность: Респ. межвед. науч.-техн. сб. - Киев: Техника, 1968, вып.7, с.88-95.

*В.Я. Поляков*