

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ УССР

ТРУДЫ
Одесского технологического
института
имени И. В. СТАЛИНА

Том XI, выпуск I

ОДЕССА, 1959 г.

Ответственный редактор
кандидат технических наук, доцент
ПЛАТОНОВ П. Н.

Тип. ОПИ. Зак. № 917—1000.

Предисловие

Настоящий сборник был подготовлен к печати еще в 1957 г. к 35-летию Одесского технологического института им. Сталина и по независящим от института обстоятельствам не был своевременно издан "Хлебоза-
датом".

В настоящее время XI том Трудов издается институтом двумя выпусками. Предлагаемый первый выпуск открывается статьей, посвященной юбилею института и построенной на материалах до 1957 г. Остальные статьи первого выпуска являются изложением диссертационных работ, выполненных на кафедрах института.

Все замечания по выпускаемому сборнику просим направлять по адресу:

Одесса, Свердлова, 112, технологический институт им. И.В. Сталина.

Редакционная коллегия

Одесский технологический институт им. Сталина

Труды

1959 г.

Том XI

А.М. Дзядзю,
канд.техн. наук доцент

П.И. Воронков

канд.техн. наук, доцент

XXXV ЛЕТ

ОДЕССКОМУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ ИНСТИТУТУ

им. И.В. СТАЛИНА

Успехи, достигнутые трудящимися первого в мире Советского государства в деле коренного преобразования прежде отсталой царской России в передовую могущественную социалистическую страну, поистине величественны. Многонациональный и многомиллионный советский народ, следуя указаниям своего великого вождя Ленина и руководствуясь единственно правильным учением-марксизмом-ленинизмом, твердо и смело идет по пути строительства коммунизма.

Коммунистическая партия Советского Союза и советское правительство всегда уделяли большое внимание вопросам подготовки технических кадров для нашего народного хозяйства, что нашло отражение в истории нашего института, XXXV-летие существования которого было отмечено в 1957 г.

В дореволюционной России подготовка высококвалифицированных инженеров для мукомольно-крупяной промышленности и элеваторного хозяйства проводилась в очень малых масштабах. Специальных высших учебных заведений не было, и лишь некоторые технологические или политехнические институты (Петербург, Киев, Харьков) выпускали иногда единицы специалистов для этой отрасли промышленности. Достаточно сказать, что таких инженеров в России до 1914 года было выпущено не более 20. Этой причиной в частности и объясняется отсталость дореволюционного мукомолья и элеваторного хозяйства, узость мельничного машиностроения и зависимость мукомольной и элеваторной промышленности от иностранного капитала и техники.

Одесский технологический институт им. Сталина был создан в июне 1922 г. на базе Одесского среднего мельнично-технического училища, существовавшего с 1902 г. За время существования института менялось его название, но его основная задача - подготовка высококвалифицированных специалистов для мукомольно - крупяной и

комбикормовой промышленности и элеваторно-складского хозяйства - оставалась неизменной. С начала организации институт выпустил 4059 инженеров, в том числе технологов 2016, механиков 1598, экономистов 290 и других специалистов (химики, электрики, теплотехники, конструкторы, хлебопёки) - 155. Количество выпускников особенно возросло в последние годы. Так за 5 лет - 1951-1955 гг. - выпущено 1109 человек, а в 1956 и 1957 гг. - 648 специалистов.

В настоящее время институт имеет три факультета: технологический, механический и инженерно-экономический. Последний проводит подготовку специалистов не только для предприятий системы Государственного комитета Совета Министров СССР по хлебопродуктам, но и для всех отраслей пищевой промышленности.

Контингент студентов института на 1 сентября 1957 г. составлял более 2100 человек.

Учебно-педагогическую работу в институте проводят 24 кафедры, которые насчитывают более 170 профессоров и преподавателей и в большинстве случаев имеют хорошо оборудованные лаборатории и кабинеты.

С 1934 г. одновременно с учебной работой институт проводит подготовку научных кадров через аспирантуру, в том же году институт получил право присвоения учёной степени кандидата технических наук по технологии мукомольно-крупяного производства и элеваторно-складскому хозяйству.

С 1936 по 1957 г. Учёный совет института на своих заседаниях присвоил учёную степень кандидата технических наук 60 инженерам, большинство которых выполнило диссертационные работы на специальных кафедрах института под руководством заведующих специальными кафедрами.

В последние пять лет четыре научных работника защитили докторские диссертации и им присвоены учёные степени и звания докторов наук и профессоров. Это профессора В.Я. Белецкий, И.И. Ленарский, А.В. Панченко, Ф.И. Тришин. Ряд научных работников работает над докторскими диссертациями.

Профессорско-преподавательский коллектив на всём протяжении существования института систематически проводит научно-исследовательские работы.

В первые годы существования института внимание и усилия профессорско-преподавательского коллектива, естественно, были направлены на организацию и материальное оснащение лабораторий и кабинетов, усовершенствование учебного процесса, методику преподавания, проведение учебно-методической работы.

Профессорско-преподавательский коллектив, в основном специальных кафедр, постоянно был связан с промышленностью и с готовностью выполнял отдельные научные работы. Этим он оказал большую помощь промышленности по проектированию, строительству и вводу в эксплуатацию целого ряда элеваторов, мельниц и крупозаводов.

Пополнение оборудованием и приборами лабораторий, строительство и ввод в эксплуатацию учебно-производственной и экспериментальной мельницы (1929 г.), ввод в строй вновь построенного здания (1932 г.), приём в аспирантуру на специальные кафедры, пополнение профессорско-преподавательского состава высококвалифицированными специалистами расширили возможности института в проведении научно-исследовательской работы.

С 1938 по 1945 г. при институте работало отделение Всесоюзного научно-исследовательского института (ВНИИЗ).

Годы Великой Отечественной войны и эвакуация института в значительной степени затормозили развитие института и проводимую его коллективом научно-исследовательскую работу, но и в эти тяжёлые годы профессорско-преподавательский состав в меру своих сил и возможностей продолжал работу по оказанию помощи промышленности.

Послевоенные годы ознаменовались быстрым восстановлением института, ростом контингента студентов и профессорско-преподавательского состава, организацией ряда новых специальных кафедр, лабораторий и кабинетов.

По инициативе доц. П.Н. Платонова в 1946 г. при институте был организован научно-исследовательский сектор (НИС) с целью выполнения научно-исследовательских работ по заказам промышленности.

Объём научно-исследовательской работы, выполняемый институтом, рос из года в год и в 1957 г. по сравнению с 1946 г. увеличился в 6 раз.

Кроме чисто количественного роста следует отметить и качественные изменения в научно-исследовательской деятельности института, что в первую очередь обязано широкому применению комплексной разработки тем с участием специальных и общетехнических кафедр института.

За послевоенные годы определились основные направления в научно-исследовательской работе, проводимой на кафедрах. Значительно расширился круг заказчиков, для которых кафедры института выполняют научно-исследовательские работы.

Кроме Министерства хлебопродуктов УССР, которое остаётся основным заказчиком, институт выполняет работы для Харьковского турбинного и Ленинградского металлического заводов (кафедра теплотехники), завода "Металлорукав" (кафедра сопротивления материалов), Одесского суперфосфатного завода (кафедра подъемно-транспортных машин), Одесского пробкового завода "Большевик" (кафедра промышленной вентиляции) и др.

Пятилетние планы научно-исследовательских работ института 1956-1960 гг. и 1959-1965 гг. вошли составной частью в план работ Государственного комитета Совета Министров СССР по хлебопродуктам, что способствует дальнейшему сближению научно-исследовательской тематики института с запросами промышленности.

За последние 10 лет тематика научных исследований, проводимых работниками института, приняла конкретное выражение, объединив вокруг основных направлений специальные и общетехнические кафедры института.

Остановимся на основных научных направлениях.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗЕРНА

В этом направлении работают кафедры технологии мукомольно-крупяного и комбикормового производства (заведующий кафедрой-канд. техн. наук, доц. П.Г. Демидов), биохимии зерна (заведующий кафедрой-доктор биол. наук проф. Н.В. Роменский), органической химии (заведующий кафедрой-канд. техн. наук доц. М.С. Дудкин), физической и коллоидной химии (заведующий кафедрой-канд. хим. наук доц. Ф.Г. Криволапов).

Из основных тем, разрабатываемых этими кафедрами, следует отметить следующие: "Исследование технологических свойств важнейших сортов пшениц юга Украины". Научный коллектив кафедр технологии мукомольно-крупяного и комбикор-

нового производства и биохимии зерна и зерноведения проводит эту работу начиная с 1953 г. в содружестве с Государственной комиссией по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур. Тщательному изучению подвергались сорта пшениц Одесская 3, Одесская 12, Одесская 16, Пименка, Артемовка, Народная, Мелянопус 37, Новоукраинка, Весело-Подольская и др.

Результаты исследований обсуждались совместно с Государственной комиссией по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур и с Всесоюзным селекционно-генетическим институтом им. Т.Д. Лысенко.

Эти же кафедры проводят комплексную работу по исследованию важнейших гибридных форм кукурузы юга Украины, совместно с химическими кафедрами проводят дальнейшие исследования белкового комплекса зерна и другие работы.

ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИВНЫХ МЕТОДОВ ХРАНЕНИЯ ЗЕРНА

Этой проблемой в основном занимается коллектив кафедры элеваторно-складского хозяйства и хранения зерна (заведующий кафедрой-канд. техн. наук доц. Г.Д. Домбровский).

На этой кафедре в настоящее время успешно проводятся работы в области сушки зерна во взвешенном состоянии, хранения кукурузы в складах и под навесами в условиях юга Украины, переработки и сушки гибридных семян на существующем заводе на станции Буялык и др.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА

В этой части следует отметить прежде всего исследования по гидротермической обработке крупных культур с целью выяснения степени влияния гидротермического процесса на изменение технологических свойств различных крупных культур, определение оптимальных режимов гидротермической обработки, исследования пищевых достоинств крупы и др.

Начало этой работы положено проведенными доктором биол. наук проф. И.И. Ленарским теоретическими и экспериментальными исследованиями в области денатурации белков и белкового комплекса.

Работа эта проводится кафедрой технологии мукомольно-крупяного и комбикормового производства, определенная часть ее - по гречихе - нашла широкое применение в промышленности после успешных производственных исследований, проведенных работниками института совместно с работниками Главмуки и производственными предприятиями.

Проводятся производственные и лабораторные исследования по другим культурам.

На этой же кафедре закончена работа по переработке кукурузы в обезжиренную муку и крупу по заказу спиртовой промышленности.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ И ТЕОРИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОСНОВНЫХ МАШИН МУКОМОЛЬНО-ЭЛЕВАТОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

По этой проблеме работают кафедры: технологическое оборудование (заведующий кафедрой-доктор техн. наук проф. А.В. Панченко) и теория механизмов и детали машин (заведующий кафедрой-доктор техн. наук проф. В.Я. Белецкий), а также технология металлов (заведующий кафедрой-канд.техн.наук доц.В.Ф.Мальцев) и сопротивление материалов (заведующий кафедрой - доктор техн. наук проф. Е.Б. Дунц).

Научное направление, объединяющее эти кафедры, складывается из ряда отдельных тем, над решением которых работают сотрудники кафедр.

Кафедра технологического оборудования совместно с другими кафедрами выполнила ряд работ, посвященных исследованию основной размалывающей машины - вальцовому станку. К этим работам следует отнести:

- исследования эффективности применения высоких окружных скоростей вальцовых станков;
- метод и способ оперативного контроля их;
- электроискровая обработка поверхности валков;
- исследования влияния профиля рифлей на эффективность измельчения;
- технологическое значение и величина мощности, циркулирующей через межкатковую передачу вальцовых станков;
- применение цепных передач на вальцовых станках и др.

Проведены исследования и изготавливается опытный образец винтопрессовой машины для мокрого шелушения зерна.

Ведутся работы по дифференциальному вальцовому станку и по разработке малогабаритного станка высокой производительности.

Проведен ряд работ в области теоретических и экспериментальных исследований по установлению оптимальных кинематических параметров просеивающих и сортирующих машин, результаты которых нашли применение в промышленности, повысив их производительность, технологическую эффективность при значительном уменьшении габаритов (кафедра теории механизмов и деталей машин).

Кафедры института разработали ряд приборов, некоторые из которых внедрены в промышленность: прибор для определения эффективности работы вальцового станка - размономер, прибор для дистанционного контроля температурного поля нагрева зерна в зерносушилках, прибор для определения весов и расхода - расходомер, прибор для определения запыленности воздуха - незабивающаяся пневмометрическая трубка, приборы для определения шероховатости поверхности катков вальцовых станков, профиля рифлей и др.

МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МУКОМОЛЬНО-ЭЛЕВАТОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В этой области работают кафедры: подъемно-транспортных машин (заведующий кафедрой-канд. техн. наук доц. П.Н. Платонов), промышленной вентиляции (заведующий кафедрой-канд. техн. наук доц. А.М. Дзядзио), электротехники (заведующий кафедрой-канд. техн. наук доц. А.А. Иванов) и др.

Основным направлением кафедры подъемно-транспортных машин являются теоретические и экспериментальные исследования в области механики сыпучих тел с целью установления изменения физико-механических констант сыпучей среды, истечения сыпучих сред из отверстий, движения по наклонным жолобам и вертикальным цилиндрическим сосудам, давления сыпучей среды на стенки и дно сосудов, сопротивления тел в сыпучей среде.

Кроме того проводятся работы по механизации работ с сыпучими и тарными грузами и их автоматизации (совместно с кафедрой электротехники).

Кафедра промышленной вентиляции совместно с другими кафедрами института проводит работы в области пневматического транспорта зерна и продуктов его размола на мельницах и крупозаводах. Результаты теоретических и экспериментальных исследований в этой области нашли широкое применение в промышленности. Работники института, кроме того, содействовали внедрению этого вида транспорта непосредственным проектированием перевода предприятий на пневматический транспорт, а также проведением семинаров инженерно-технических работников б. Министерства хлебопродуктов СССР и б. Министерства промышленности продовольственных товаров, на которых за последние годы было выполнено более 150 проектов под руководством преподавателей института.

УЛУЧШЕНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЗЕРВОВ В ЭЛЕВАТОРНО-СКЛАДСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ, МУКОМОЛЬНО-КРУПЯНОЙ И КОМБИКОРМОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Пополнение кафедр организации и планирования производства (заведующий кафедрой-канд. техн. наук доц. Н.Ф. Уголик) и экономики промышленности (заведующий кафедрой-и.о. доц. Г.Г. Подзол) квалифицированными специалистами в связи с организацией инженерно-экономического факультета заметно расширило научные исследования в области экономики и организации производства.

Коллектив этих кафедр проводит работы по улучшению организации труда в элеваторно-складском хозяйстве, размещению комбикормовой промышленности в Молдавской ССР, рациональному размещению элеваторно-складского хозяйства Украинской ССР с перспективой на 1965 г., технико-экономическому сопоставлению различных вариантов бестарного хранения и перевозок муки и др.

РАЦИОНАЛЬНЫЙ ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОВЫХ СХЕМ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

Кафедра теплотехники (заведующий кафедрой—доктор техн. наук проф. Д. П. Гохштейн) по заказу Ленинградского металлического и Харьковского турбинного заводов проводит теоретические исследования тепловых схем мощных электростанций и парогазовых установок.

Кафедра предложила комбинированную схему, одной частью которой является паросиловая схема типа СВК-200, а другой — газотурбинная установка, что должно дать 5 % экономии топлива.

Кафедра также проводит экспериментальные исследования по возможности применения нового теплоносителя для промежуточного перегрева зерна.

ИССЛЕДОВАНИЕ АТМОСФЕРНОЙ КОРРОЗИИ МЕТАЛЛОВ ФОТОГРАФИЧЕСКИМ МЕТОДОМ И СЧЕТЧИКОМ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

Этой проблеме посвящены многолетние труды коллектива кафедры физики (заведующий кафедрой—канд. физико-математических наук доц. И. Л. Ройх).

В настоящей статье ввиду ограниченности объема невозможно перечислить всей работы, проводимой коллективом научных работников института.

За последние годы заметно улучшилась связь института с другими научно-исследовательскими учреждениями и высшими учебными заведениями, что выразилось в совместных работах, более тесном контакте научных работников института с исследователями других учреждений, проведении научных конференций при институте и активном участии работников института в научных конференциях в Москве, Ленинграде, Харькове, Киеве.

Результаты своих исследований научные работники систематически публикуют в "Трудах" института, которых за послевоенные годы вышло из печати 10 томов, в статьях различных специальных журналов. За последние годы ежегодное количество опубликованных статей колеблется от 50 до 70. Кроме того, научные работники института за последнее десятилетие опубликовали 7 учебников и учебных пособий и ряд монографий.

И.Т. Мерко,
ст. преподаватель

Исследование технологической эффективности
вальцовых станков размольных систем с различными диаметрами вальцов

При сортовых помолах пшеницы выход и качество муки в значительной мере зависят от эффективности работы вальцовых станков размольных систем в общем технологическом процессе мельницы. Достаточно указать, что на размольных системах получают около 70% всего количества муки, затрачивая при этом 30-35% общего расхода энергии мельницы только на процесс измельчения промежуточных продуктов вальцовыми станками.

За последнее время процессу измельчения на размольных системах уделяется все большее внимание. К ряду внедренных мероприятий, повышающих технологическую эффективность вальцовых станков размольных систем, следует отнести применение нарезных вальцов, высоких окружных скоростей (доходящих до 9-12 м/сек у быстро-вращающегося вальца) и другие. Однако рациональное применение вальцовых станков на различных продуктах по всему размольному процессу до настоящего времени не изучено [1]. Имеющиеся работы по исследованию технологической эффективности вальцовых станков посвящены в основном первому этапу технологического процесса - драному процессу. Вместе с тем размольный процесс, имеющий наибольший удельный вес по количеству применяемых машин и их энергопотреблению в общем технологическом процессе, нуждается в самом тщательном изучении как по выявлению оптимальных параметров машин, так и по исследованию процесса в целом. В этой связи заслуживает внимания предложение А.В. Панченко [2] о снижении металлоемкости вальцовых станков на основе уменьшения диаметров вальцов. При этом была выдвинута гипотеза о том, что диаметр вальцов обусловлен не столько технологическими соображениями, сколько условиями достаточной жесткости. Указанная гипотеза имеет некоторые косвенные обоснования аналитического, научно-экспериментального и производственного характера и нуждается в экспериментальной проверке.

П.А. Козьмин [3] и Я.Н. Куприц [4] приводят описание мельниц, которые успешно работали с вальцами диаметром 150 - 175 мм. С.Д. Хусид [1] исследовал работу вальцового станка I драной системы с различными диаметрами вальцов и пришел к выводу о возможности применения малых диаметров вальцов при определен-

ных режимах. Коллективом кафедры "Технологическое оборудование" Одесского технологического института (А.В. Панченко, Л.И. Котляр, Г.Д. Гальперин) в результате проведенных исследований на 1 драной системе установлено, что при уменьшении диаметров валцов с 250 мм до 100-150 мм повышается технологическая эффективность валцового станка. В зарубежной литературе [5,6] также сделаны попытки аналитически обосновать возможность уменьшения диаметров валцов.

Анализируя литературные данные, можно отметить, что применение валцовых станков с диаметрами валцов 250 мм в достаточной степени не обосновано. Имеющиеся исследования по измельчению зерна на 1 драной системе показывают на повышение технологической эффективности валцов при уменьшении их диаметров, что может явиться главным фактором в снижении металлоемкости валцовых станков. Поэтому основная задача данного исследования состояла в изучении влияния диаметров парноработающих валцов на их технологическую эффективность при различных кинематических и геометрических параметрах (окружные скорости быстровращающегося валца, отношение окружных скоростей валцов, состояние рабочих поверхностей валцов и др.) в размольном процессе.

Для полноты исследований были взяты различные по качественному состоянию продукты, характеризующие размольный процесс в целом (первое качество, второе качество и вымол).

Исследование проведено на конструктивно разработанном нами лабораторном валцовом станке, позволяющим установку валцов длиной 250 мм и диаметром $D = 125, 150, 200$ и 240 мм. Для всех опытов применялись стальные валцы (марки СТ-4). Первая серия опытов проведена на абразивношлифованных валцах с рабочей поверхностью $H_{ок} = 4-6$ мк, вторая серия опытов - на нарезных валцах с плотностью нарезки 12,5 рифлей на 1 см окружности валца. Для каждой исследуемой системы были приняты три окружные скорости быстровращающегося валца $V_b = 6, 8$ и 10 м/сек, что рекомендовано действующими Правилами организации и ведения технологического процесса на мельницах. Все опыты проведены при отношении окружных скоростей валцов $i = 1,24; 1,48; 1,80; 2,42; 2,90$, которые изменялись установочно путем замены пары зубчатых колес. Режим каждой исследуемой системы характеризовался минимальным межвалцовым зазором (валцы зажаты до отказа без пружин) и равнялся $0,03 \pm 0,01$ мм при следующих удельных нагрузках: 10 кг/см·час для систем первого качества, 8,3 кг/см·час для систем второго качества и 5,4 кг/см·час для вымольных систем.

Исследование проведено в полупроизводственных условиях на продуктах Одесского мельзавода № 1, работающего по схеме двухсортного помола пшеницы урожая Одесской области со стекловидностью 58%. Для исследования систем первого качества были взяты продукты, поступающие на 1 размольную систему, второго качества - на 3 размольную систему и вымола - на 6 размольную систему, учитывая сокращенную схему помола. Помолы проводились последовательно по каждой исследуемой системе на валцах определенного диаметра с изменением кинематических параметров, после чего устанавливалась следующая пара валцов и опыты повторялись в той же последовательности. Первая серия опытов проведена на абразивношлифованных валцах и вторая - на нарезных. По каждому помолу определялись количественно-качественные показатели измельчения и замерялась подводимая мощность.

комплексом электроприборов.

А б р а з и в н о ш л и ф о в а н н ы е в а л ь ц ы . Результаты исследований на абразивношлифованных вальцах продуктов первого качества при окружной скорости быстровращающегося вальца 8 м/сек приведены в таблице 1 .

Таблица 1 .

i	Извлечение муки, %				Зольность муки, %				Удельный расход энергии, вт - час/кг муки			
	Диаметры, мм											
	125	150	200	240	125	150	200	240	125	150	200	240
1,24	31,2	30,8	30,2	29,4	0,49	0,50	0,50	0,51	17,9	19,4	23,6	26,4
1,48	41,6	35,2	33,2	29,2	0,48	0,50	0,51	0,51	15,5	20,2	26,7	38,5
1,80	36,4	36,8	32,0	25,2	0,50	0,51	0,52	0,52	23,8	26,3	29,3	66,2
2,42	34,4	29,8	26,2	22,4	0,51	0,51	0,53	0,54	31,8	47,7	58,0	88,2
2,90	22,8	21,6	21,6	20,2	0,53	0,54	0,55	0,55	83,0	78,8	82,0	99,3

Из таблицы 1 можно установить, что с уменьшением диаметров вальцов с 240 мм до 125 мм извлечение муки увеличивается в пределах $2 + 12\%$ при всех отношениях окружных скоростей вальцов. Зольность муки при этом почти не изменяется, хотя и наблюдается некоторое улучшение муки ($0,01 - 0,03\%$). Удельный расход энергии по муке с уменьшением диаметров вальцов снижается и особенно при отношениях окружных скоростей вальцов $i = 1,48 + 2,42$. При увеличении отношения окружных скоростей вальцов от $i = 1,24$ до $i = 1,48$ извлечение муки повышается и особенно на вальцах малого диаметра. При дальнейшем увеличении i извлечение муки снижается для всех диаметров вальцов. Зольность муки с увеличением i незначительно повышается (около $0,02 + 0,04\%$). Удельный расход энергии по муке при этом резко возрастает и особенно при $i = 2,90$.

Аналогичные по характеру результаты получены для продуктов второго качества, однако влияние диаметров и кинематических параметров вальцов в этом случае менее выражено.

Результаты исследований на абразивношлифованных вальцах продуктов вымола при окружной скорости быстровращающегося вальца 8 м/сек приведены в таблице 2.

Анализируя таблицу 2, можно установить, что с уменьшением диаметров вальцов извлечение муки, как правило, увеличивается в пределах $2 + 7\%$. Наибольшее увеличение муки наблюдается при отношениях окружных скоростей вальцов

$i = 2,42 + 2,90$. Зольность муки при этом почти не изменяется. Удельный расход энергии по муке с уменьшением диаметров резко возрастает и для вальцов диаметром 240 мм превышает в 1,5 - 2,0 раза данные, полученные на вальцах диамет-

ром 125 мм.

Таблица 2.

i	Извлечение муки, %				Зольность муки, %				Удельный расход энер- гии, вт-час/кг муки			
	Диаметры, мм											
	125	150	200	240	125	150	200	240	125	150	200	240
1,24	25,6	26,1	22,2	2,2	0,95	0,94	0,95	0,97	36,0	37,1	41,0	53,0
1,48	28,0	28,2	23,2	22,4	0,95	0,94	0,97	0,97	40,5	43,2	62,0	80,0
1,80	26,4	25,3	22,8	20,6	0,97	0,98	0,97	0,99	62,3	70,2	88,2	98,0
2,42	25,6	23,8	20,8	15,6	0,98	1,02	1,03	1,05	67,7	78,8	96,3	111,0
2,90	22,8	20,0	19,2	15,2	1,01	1,04	1,05	1,05	85,0	100,4	124,0	138,0

Анализируя таблицу 2, можно установить, что с уменьшением диаметров вал-цов извлечение муки, как правило, увеличивается в пределах $2 \pm 7\%$. Наибольшее увеличение муки наблюдается при отношениях окружных скоростей валцов $i = 2,42 \pm 2,90$. Зольность муки при этом почти не изменяется. Удельный расход энергии по муке с уменьшением диаметров резко возрастает и для валцов диаметром 240 мм превышает в 1,5 - 2,0 раза данные, полученные на валцах диаметром 125 мм.

При увеличении отношения окружных скоростей валцов на вымоле извлечение муки увеличивается до $i = 1,48$; при дальнейшем увеличении i извлечение муки снижается. Качество муки по зольности при этом ухудшается. Удельный расход энергии по муке с увеличением i резко возрастает.

При сравнении данных помолов на абразивношлифованных валцах при различных окружных скоростях быстровращающегося вальца получены результаты, которые показывают, что с увеличением V_b от 6 м/сек до 10 м/сек извлечение муки повышается как для продуктов первого и второго качества, так и для вымольных продуктов; зольность муки незначительно повышается на продуктах первого и второго качества и увеличивается на вымольных продуктах; удельный расход энергии по муке увеличивается для всех продуктов.

Нарезные валцы. Опытные помолы по нарезным валцам проведены с диаметром 125 и 240 мм. Результаты исследований на продуктах первого качества с валцами диаметром 125 мм приведены в таблице 3.

Из таблицы 3 видно, что извлечение муки на нарезных валцах значительно превосходит показатели, полученные на абразивношлифованных валцах, и достигает 60 % при $V_b = 10$ м/сек. При этом с увеличением окружной скорости быстровращающегося вальца от 6 до 10 м/сек извлечение муки во всех опытах повышается в пределах $4 \pm 6\%$. Количество муки при этом несколько снижается, а удельный расход энергии по муке возрастает. С увеличением отношения окружных скоростей

валяцов извлечение муки повышается: до $i = 1,8$ наблюдается резкое повышение извлечения муки, при дальнейшем увеличении i извлечение растет менее интенсивно. Зольность муки с увеличением i возрастает (0,05 + 0,07%). Во всех опытах удельный расход энергии по муке имеет свое минимальное значение при $i = 1,48 + 1,80$.

Таблица 3.

i	Извлечение м у к и, %			Зольность м у к и, %			Удельный расход энергии, вт-час/кг муки		
	Окружная скорость быстровращающегося вальца, м/сек								
	6,0	8,0	10,0	6,0	8,0	10,0	6,0	8,0	10,0
1,24	34,7	37,2	40,6	0,52	0,53	0,55	8,8	10,8	12,3
1,48	52,2	55,8	58,2	0,50	0,53	0,54	7,2	8,4	10,6
1,80	55,8	59,3	60,4	0,52	0,53	0,55	7,0	8,2	10,2
2,42	56,6	59,7	61,8	0,54	0,55	0,57	7,8	9,6	12,8
2,90	57,4	6,2	63,2	0,57	0,59	0,60	9,1	12,0	14,7

Аналогичные результаты на вальцах диаметром 125 мм получены при размоле продуктов второго качества. Результаты исследований с нарезными вальцами диаметром 125 мм на продуктах вымольных систем приведены в таблице 4.

Таблица 4.

i	Извлечение м у к и, %			Зольность м у к и, %			Удельный расход энер- гии, вт-час/кг муки		
	Окружная скорость быстровращающегося вальца, м/сек								
	6,0	8,0	10,0	6,0	8,0	10,0	6,0	8,0	10,0
1,24	12,0	15,6	17,0	1,24	1,32	1,36	18,2	19,6	21,8
1,48	18,0	22,4	24,2	1,30	1,38	1,47	15,4	17,2	19,4
1,80	21,6	26,0	27,2	1,36	1,49	1,53	14,8	16,4	19,0
2,42	23,2	26,4	27,8	1,39	1,54	1,59	16,4	18,5	21,2
2,90	23,4	26,7	28,8	1,48	1,6	1,67	18,8	21,7	23,4

Из таблицы 4 можно установить, что на вальцах диаметром 125 мм получены высокие показатели по извлечению муки (около 28%). С увеличением окружной скорости быстровращающегося вальца извлечение муки во всех опытах повышается, качество муки при этом значительно снижается, а удельный расход энергии возрастает. При увеличении отношения окружных скоростей извлечение муки растет, зольность муки резко повышается. Удельный расход энергии по муке с увеличением i

главно возрастает. Сравнивая результаты помолов на нарезных вальцах диаметром 125 и 240 мм, необходимо отметить, что эффективность вальцов диаметром 125 мм выше.

ВЫВОДЫ

Проведенным исследованием технологической эффективности вальцового станка в пределах изменяемых параметров нарезных и абразивношлифованных вальцов (диаметр 125 + 240 мм, окружные скорости быстровращающегося вальца 6 + 10 м/сек, отношение окружных скоростей вальцов 1,24 + 2,90) на различных продуктах размольного процесса установлено:

1. Уменьшение диаметров нарезных и абразивношлифованных вальцов с 240 до 125 мм приводит к повышению технологической эффективности вальцовых станков размольных систем.

2. При увеличении окружной скорости быстровращающегося вальца с 6 до 10 м/сек извлечение муки повышается, качество муки ухудшается, удельный расход энергии увеличивается для всех систем размольного процесса.

3. При увеличении отношения окружных скоростей вальцов от $i = 1,24$ до $i = 2,9$: - по нарезным вальцам извлечение муки увеличивается, качество муки снижается, удельный расход энергии имеет свое минимальное значение при $i = 1,48 \div 1,80$ для всех систем размольного процесса;

- по абразивношлифованным вальцам извлечение муки имеет максимальное значение при $i = 1,24 \div 1,48$, зольность муки для продуктов первого и второго качества почти не изменяется и повышается для вымольных продуктов, удельный расход энергии по муке резко возрастает.

4. Проведенным исследованием подтверждено также, что уменьшение диаметров парноработающих вальцов совокупно с изменением их кинематических параметров, помимо повышения технологической эффективности, создает предпосылки для значительного снижения веса основных машин мукомольного производства - вальцовых станков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хусид С.Д. Измельчение зерна. Москва, Хлебоиздат, 1958.
2. Панченко А.В. О возможности совершенствования вальцовых станков. "Вестник технической информации ЦБТИ Государственного комитета Совета Министров СССР по хлебопродуктам", в. 4, 1959.
3. Козьмин П.А. Избранные сочинения. Москва, Хлебоиздат, 1958.
4. Куприц Я.Н. Рационализация мукомольного производства в США. Москва, 1929.
5. Scoff J. Flour milling proceses. London, 1951.
6. Speight J. Are large Diameter Roll Necessary? Milling, N 2, November, 1958.

Н.В. Остапчук,
ассистент

Производительность вальцового станка
в зависимости от подачи продукта к вальцам

В данной статье впервые рассматривается влияние подачи продукта в рабочую зону вальцового станка на эффективность его работы.

Полученные результаты уточняют сложившееся понятие о производительности вальцового станка.

В технической литературе [1] под производительностью рабочей машины принято понимать количество готовых изделий (продукта), выпускаемых ею в единицу времени.

В специальной литературе по мукомольному производству под производительностью вальцового станка понимается обычно весовое количество продукта, обрабатываемого станком в единицу времени, независимо от степени измельчения его, т.е.

$$Q = 3,6 \ell v_n \psi \gamma_0 \frac{\text{кг}}{\text{час}}, \quad (1)$$

или

$$Q = q \ell \frac{\text{кг}}{\text{час}}, \quad (1a)$$

- где ℓ — средняя величина зазора между рабочими поверхностями вальцов в см;
 ℓ — длина вальцов в см;
 v_n — средняя скорость движения продукта в зоне измельчения в см/сек;
 ψ — степень заполнения зоны измельчения;
 γ_0 — объемный вес продукта до измельчения в г/см³;

$q = 3,68 \nu_n \psi \%$ - удельная весовая подача продукта, поступающего на обработку, в кг/час · см.

Формула (1) по существу аналогична выражению, применяемому для определения производительности машин, транспортирующих зерно, и не пригодна для машин, перерабатывающих его. Еще в 1934г. А.В.Панченко [2] по-новому определил производительность вальцового станка как весовое количество производимого в единицу времени продукта:

$$Q = q \nu u \quad \text{кг/час}, \quad (2)$$

где u - общее извлечение, т.е. относительное содержание в измельченном продукте частиц определенных классов крупности (например, для станков драных систем - содержание крупно-дунстовых продуктов, для размольных - содержание муки).

Величина u , входящая в выражение (2) производительности станка, несомненно зависит от q при $\nu = \text{const}$. Однако в вопросе о функциональной зависимости u от q в известной нам специальной литературе имеются явно противоречивые данные.

Исследования П.Т.Эйдуса [3] приводят нас к выводу, что увеличение значений q в пределах от 6 до 12,5 кг/час·см на вальцовых станках II и III драных систем обуславливает уменьшение величины извлечения. По данным Г.Г.Цыбульского [4] аналогичное явление наблюдается и при измельчении пшеницы в пределах 16 + 35 кг/час·см.

Из экспериментальных данных А.Р. Демидова [5], П.Т.Эйдуса [3], Дж. Скотта [2] и др. следует, что увеличение подачи крупно-дунстовых продуктов обуславливает при измельчении их на абразивно-шлифованных и рифленых вальцах снижение извлечения муки.

Наоборот, из анализа экспериментальных данных, полученных Н.Г. Федотовым [6] при измельчении пшеницы и ее производных на вальцовых станках I, II и III драных систем, следует, что изменение q в пределах от 20 до 33 кг/час·см обуславливает практически незначительное увеличение общего извлечения. К аналогичному выводу приводят результаты измельчения пшеницы при $q = 20 + 40$ кг/час·см, полученные Г.И. Креймерманом [7].

Противоречивость приведенных данных вызывает необходимость выяснения, зависит ли величина извлечения характерных продуктов u от q .

В реальных условиях мельницы значения q подвержены значительным колебаниям вследствие изменения механико-технологических свойств измельчаемого продукта, микрогеометрии рабочей поверхности вальцов в процессе изнашивания их, а также из-за нередко наблюдающейся неудовлетворительной работы ситоочистительных устройств рассевов, что приводит к значительным недосевам проходových частиц.

Применяемая, например, на мельницах Донецкого треста переменная выработка сортовой и обойной муки [8] приводит к тому, что удельные нагрузки на вальцовую линию при переходе с одного вида помола на другой возрастают соответственно со 152 до 268 кг/сутки·см.

Таким образом, выяснение характера зависимости степени измельчения зерна и промежуточных продуктов помола его в широком диапазоне изменения величины q необходимо:

- для учета эффективности работы вальцового станка при различной подаче в него продукта;

- для построения системы автоматического контроля и регулирования рабочего процесса измельчения вальцовым станком; в целях сохранения постоянства производительности при изменении q должна автоматически изменяться величина δ , являющаяся важнейшим фактором, определяющим результаты измельчения;

- для более реального проектирования количественного и качественного баланса помола зерна на мельнице.

Разумеется, что эта зависимость должна быть установлена при практически применяемой вариации

- кинематических условий работы вальцовой пары, определяемых окружной скоростью быстровращающегося вальца V_{δ} и отношением окружных скоростей быстро- и медленно вращающегося вальцов $i_{\delta m}$,

- величины межвальцового зазора δ .

Для проектирования индивидуального электропривода вальцового станка, а также для прочностного расчета опорных элементов вальцов и механизмов передачи движения необходимо выяснить еще зависимости от удельной весовой подачи

q кг/час-см;

- удельного расхода энергии $W \frac{\text{Вт} \cdot \text{см}}{\text{кг}}$;

- распорного усилия, возникающего в рабочей зоне вальцовой пары, загруженной продуктом, T кг/см;

- циркулирующей мощности, нагружающей звенья замкнутой цепи, $N_c \frac{\text{Вт}}{\text{см}}$.

Исследование перечисленных зависимостей от указанных выше факторов было проведено нами в 1955-1956 гг. в лаборатории кафедры "Технологическое оборудование" под научным руководством доц. А.В. Панченко.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились на лабораторном вальцовом станке $D \times L - 225 \times 77 \text{ мм}$, в оснащение которого входят:

- бесступенчатый вариатор с гибким звеном, позволяющий изменять скорость быстрого вальца от 4 до 10 м/сек;

- набор зубчатых колес для изменения отношения окружных скоростей вальцов $i_{\delta m}$ от 1,2 до 3,4;

- питающий механизм, обеспечивающий изменение удельных весовых подач зерна и продуктов его помола q от 7 до 300 кг/час-см;

Практическое постоянство межвальцового зазора достигалось:

- достаточно жесткой установкой вальцов на подшипниках качения с монтажным зазором 6 мк;

- тщательной обработкой бочек вальцов, дающих радиальное биение, не превышающее 0,03 мм.

На вальцовом станке были установлены приборы, необходимые для измерения:

- п о д в о д и м о й м о щ н о с т и - комплект малогабаритных элек-

- триизмерительных приборов типа КИМ, класса 0,5;
- циркулирующей мощности в замкнутой цепи в силовом и кинематическом отношении - пневматический динамометр с указывающим прибором в виде жидкостного микроманометра;
- распорного усилия между вальцами - тензометр омического сопротивления.

Исходные и конечные продукты размола подвергались ситовой классификации в анализаторе, динамическая характеристика которого определяется произведением радиуса круговых горизонтальных колебаний ($r = 0,045\text{м}$) на квадрат их числа в минуту ($n^2 = 200^2$) $2\pi n^2 = 1800$. Нагрузка приемного сита колебалась в пределах от 1,0 до 1,3 г/см².

Исследования были проведены при измельчении рядовой пшеницы IV типа, общей стекловидностью $32 \pm 3\%$, исходной влажностью $12 \pm 0,2\%$. Подготовка пшеницы к помолу (очистка, увлажнение и продолжительность отволаживания) производилась в соответствии с Правилами организации и ведения технологического процесса на мельницах (Главмука, 1952 г.).

Измельчению подвергались также промежуточные продукты крупнообразующих систем (II и III драных), драного вымола (V драная), размольных систем 1-го качества (1 и 2-я размольные) и 2-го качества (5-я размольная).

Эффективность процесса измельчения оценивалась технологическими показателями (гранулометрическим составом, величиной общего извлечения, зольностью верхнего сходового продукта, крупок, дунстов и муки) и энергосиловыми показателями (расходом энергии на 1 кг характерных продуктов извлечения $W \frac{\text{Вт}\cdot\text{ч}}{\text{кг}}$, удельным распорным усилием T кГ/см, удельной мощностью, циркулирующей в цепи, имеющей кинематическое и силовое замыкание, $N_4 \frac{\text{Вт}}{\text{см}}$).

Данные опытов были подвергнуты математической обработке по методу наименьших квадратов. В результате для каждой функциональной зависимости были получены эмпирические формулы. Относительные вероятные погрешности коэффициентов в эмпирических формулах были вычислены по способу, разработанному проф. Е.Б. Лунцом (Е.Б. Лунц, О затухании при крутильных колебаниях. "Прикладная математика и механика", т. 1, вып. 3, изд. АН СССР, 1938.).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

В данной статье мы остановимся лишь на результатах исследования процесса измельчения зерна и некоторых наиболее характерных промежуточных продуктов помола, а именно: рядовой пшеницы с зольностью $1,82 \pm 0,05\%$ и влажностью $15,0 \pm 0,3\%$; продукта, поступающего на II драную систему с зольностью $2,03 \pm 0,06\%$ и влажностью $13,6 \pm 0,2\%$; смеси крупных, средних и мелких крупок с зольностью $0,47 \pm 0,02\%$ и влажностью $13,0 \pm 0,2\%$.

Математическая обработка результатов показала (рис. 1, а, 2, а, и 3, а, относящиеся соответственно к измельчению пшеницы, продукта II драной системы и крупок), что функциональная зависимость общего извлечения $U\%$ от удельной весовой подачи q является линейной и может быть описана уравнением

$$U = B_0 + B_1 q \quad \%, \quad (3)$$

где B_0 - величина извлечения при весовой подаче, близкой к нулю, зависящая при данных кинематических условиях от величины межвальцового зазора;

B , - коэффициент, значение которого не зависит от величины межвальцового зазора, а определяется, главным образом, значением V_0 и $l_{\text{вм}}$.

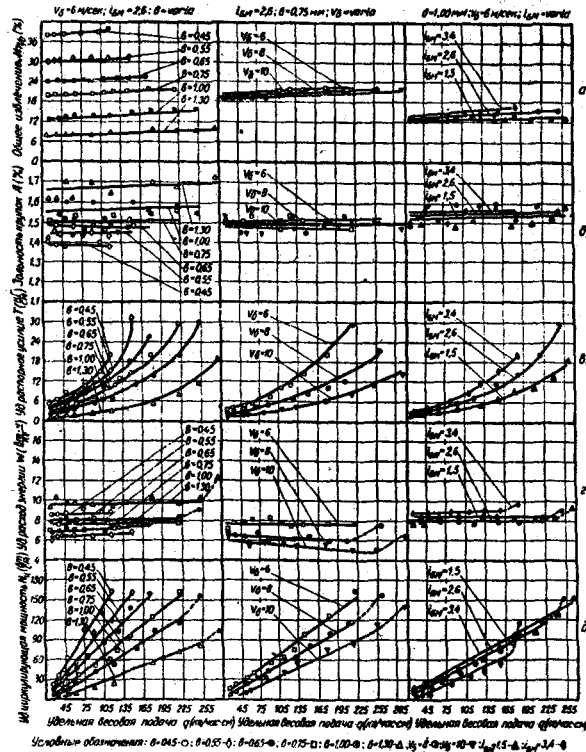
Значение коэффициента B_0 находится в обратной зависимости от величины межвальцового зазора δ и может быть приблизительно представлено известным выражением [9], предложенным доц. А.В. Панченко:

$$B_0 = m e^{-n\delta}, \quad (4)$$

- где e - основание натуральных логарифмов;
 n - коэффициент, значение которого определяется размолоспособностью исходного материала и условиями измельчения его;
 m - коэффициент, зависящий как от n , так и от условий просеивания продуктов измельчения [10].

Конкретные значения коэффициентов n и m в показательной функции (4) находятся в прямой зависимости от q , как это следует из данных проведенного исследования. Так, при q , близком к нулю, и $q = 25$ кг/час·см, соответствующие значения $m = 78$ и 99 , $n = 1,80$ и $1,96$.

Значение B_0 находится в прямой зависимости от отношения скоростей валцов $l_{\text{вм}}$ и практически не зависит от изменения скорости быстровращающегося вальца V_0 .



Таким образом, при постоянных кинематических условиях работы вальцовой пары общее извлечение существенно зависит не только от величины межвальцового зазора, но, вопреки утверждениям ряда указанных выше исследователей, и от загрузки рабочей зоны вальцов, определяемой величиной q , т.е.

$$u = me^{-n\delta} + B, q \% \quad (5)$$

В связи с этим производительность вальцового станка должна определяться не формулой (1а), а формулой (2), представляющей в общем виде трансцендентную функцию:

$$Q = q \ell (B, q + me^{-n\delta}) \frac{\text{кг}}{\text{час}} \quad (6)$$

Следует также указать и на то, что общим выражением функциональной зависимости u от δ является не формула

$$u = me^{-n\delta} \quad [10] ,$$

а формула (5), совокупно отражающая влияние на величину извлечения режима работы станка, характеризуемого величинами q и δ при данных кинематических условиях работы вальцов, а также макро- и микрогеометрии их рабочей поверхности.

Зольность $A\%$ крупитчатых продуктов (рис. 1,б, рис. 2,б и рис. 3,б) аналогично величине общего извлечения находится в линейной зависимости от удельной весовой подачи q , т.е.

$$A = C_0 + C, q \% \quad (7)$$

где C_0 - величина, зависящая как от межвальцового зазора,

так и от отношения окружных скоростей вращения вальцов.

Так как величина коэффициента C незначительна (верхний предел абсолютной погрешности определяемого значения A не более 0,05%), то для практических целей можно с достаточной точностью принять

$$A \approx C_0 \% \quad (7a)$$

Значение величины C_0 находится в прямой зависимости от соотношения скоростей вальцов.

Характер зависимости C_0 от межвальцового зазора δ определяется механико-технологическими свойствами объекта измельчения.

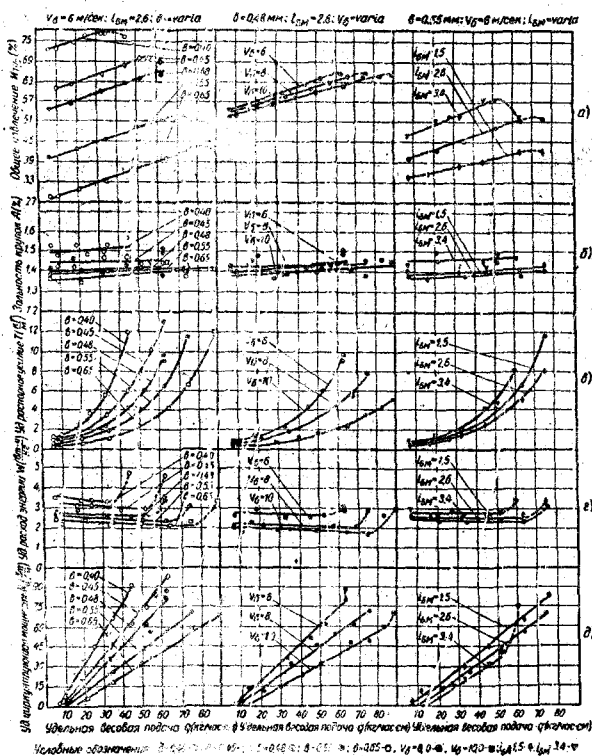


Рис. 2. Зависимость технологических и энергосиловых показателей процесса измельчения продукта II драгой системы от весовой подачи ее в рабочую зону.

При измельчении подопытной пшеницы в условиях работы I драной системы значение величины C_0 находится в линейной зависимости от δ :

$$A_{\pi/200} = E_0 + E, \delta \% , \quad (8)$$

где величины E_0 и коэффициент E , соответственно равны 1,26 и 0,31, если δ выражено в миллиметрах. Эта зависимость получена при $V_\delta = 6$ м/сек и $l_{\delta M} = 2,6$ с интервалом зазоров $\delta = 0,45 + 1,30$ мм, что соответствует изменению величины общего извлечения $u = 38 + 7\%$.

При измельчении продукта, поступающего в вальцовый станок II драной системы, наблюдается следующая зависимость C_0 от q :

$$C_0 = P e^{-Kq} , \quad (9)$$

где e - основание натуральных логарифмов;

P и K - коэффициенты, равные 89 и 0,2 при $V_\delta = 6$ м/сек и $l_{\delta M} = 2,6$.

Зависимость зольности получаемых крупок от величины общего извлечения при-

ближенно является параболической и может быть выражена так:

$$A_{\pi/200} = M_u^2 - N_u + K, \quad (10)$$

где M и N - коэффициенты,
 K - постоянная величина.

Зависимость, аналогичная формуле (10), получена Н.П.Соколовым [1] для крупных крупок, извлекаемых при измельчении пшеницы и продуктов II и III драных систем.

При неизменном межвальцовом зазоре и данных кинематических условий работы станка распорное усилие среднее по длине рабочей зоны валцов растет с увеличением подачи q (рис.1, в, рис.2, в и рис.3, в):

$$T = a e^{dq} \frac{Kq}{cm} , \quad (11)$$

где e - основание логарифмов,
 a и d - коэффициенты.

Следовательно, изменение весовой подачи по закону арифметической прогрессии обуславливает изменение распорного усилия по закону геометрической прогрессии.

Такой характер зависимости

$T = f(q)$ сохраняется в широком диапазоне изменения межвальцового зазора. Однако интенсивность возрастания T с увеличением q снижается при увеличении δ , как это видно на рис.1, в, рис.2, в и рис.3, в.

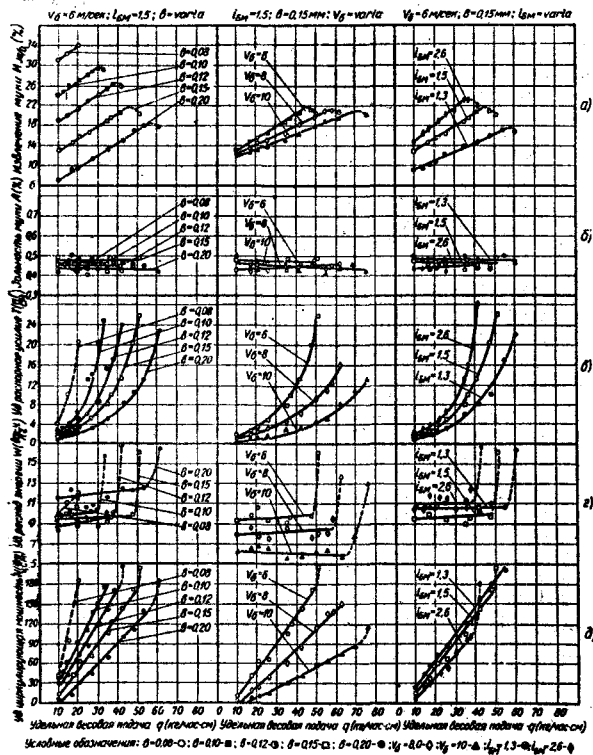


Рис.3. Зависимость технологических и энергосиловых показателей процесса измельчения крупок пшеницы от весовой подачи ее в рабочую зону.

Считая медленно вращающийся валец подающим продукт в зону измельчения, можно допустить, что загрузка единицы площади пробегающей поверхности указанного вальца уменьшается с увеличением V_6 . При этом, следует полагать, должно уменьшиться распорное усилие, возникающее в рабочей зоне вальцовой пары, загруженной продуктом. Такое положение в действительности наблюдается при $\dot{L}_{6M} = \text{Const}$ и увеличении V_6 , либо $V_6 = \text{Const}$ и уменьшении $\dot{L}_{6M}$ (рис. 1, в, 2, в, и 3, в).

Зависимость удельного расхода энергии W от удельной весовой подачи продукта (рис. 1, г, рис. 2, г, и рис. 3, г) является линейной:

$$W = D_0 + D_1 q \frac{\delta m - 4}{K_2}, \quad (12)$$

где D_1 — коэффициент, а D_0 — постоянная величина.

Учитывая, что абсолютная величина коэффициента D_1 незначительна, можно считать, что удельный расход энергии практически (с относительной погрешностью $\pm 5\%$) не изменяется с увеличением удельной весовой подачи и, следовательно,

$$W = D_0 = \text{Const} \frac{\delta m - 4}{K_2} \quad (12a)$$

Зависимость удельного расхода энергии от межвальцового зазора может быть выражена такой формулой:

$$W = P_\delta^2 + R_\delta + S \frac{\delta m - 4}{K_2}, \quad (13)$$

где P и R — коэффициенты, а S — постоянная величина.

Анализируя формулу (13) можно прийти к заключению, что при $\delta = \frac{R}{2P}$ имеет место минимальное значение W . Такое положение является следствием того, что величина W есть частное от деления двух функциональных зависимостей от межвальцового зазора: мощности, потребной для осуществления процесса измельчения в вальцовом станке, $N_p \delta m$, и производительности последнего Q кг/час. Такой же характер изменения удельного расхода энергии наблюдается и при изменении отношения скоростей валцов.

При увеличении скорости быстро вращающегося вальца и постоянных $\dot{L}_{6M}$ и δ наблюдается снижение удельного расхода энергии, что, видимо, является следствием как уменьшения загрузки единицы площади пробегающей поверхности медленно вращающегося вальца, так и вызванного этим уменьшения распорного усилия, возникающего в рабочей зоне вальцовой пары.

Зависимость циркулирующей мощности в цепи, имеющей силовое и кинематическое замыкание и состоящей из загруженных продуктом валцов и тормозной передачи (рис. 1, д, рис. 2, д, и рис. 3, д), от удельной весовой подачи определяется выражением:

$$N_u = L_1 q - L_0 \frac{\delta m}{\epsilon m} \quad (14)$$

Коэффициент L_1 уменьшается при увеличении скорости быстро вращающегося вальца, увеличении отношения окружных скоростей и зазора между валцами. Величина L_0 при изменении режима работы станка остается той же. L_0 , очевидно, показывает величину мощности, необходимую для привода в движение медленно вращающегося вальца.

Если валцы не загружены продуктом, то передача движения от быстро вращающегося к медленно вращающемуся происходит посредством зубчатых колес. Величина

мощности, необходимая для привода в движение медленновращающегося вальца, равна потерям на трение в зубчатой передаче и подшипниках вальца при постоянной скорости.

Если вальцы загружены продуктом, то передача движения происходит от быстро вращающегося к медленно вращающемуся посредством трения между ними. В этом случае энергия затрачивается на измельчение продукта между вальцами и на потери в зубчатой передаче, которые равны по величине L_0 . Крутящий момент в зубчатой паре направлен в сторону, обратную моменту трения при измельчении продукта.

Это дает основание утверждать, что коэффициент L_0 и показывает величину мощности, необходимую для привода в движение медленно вращающегося вальца.

Следует обратить внимание на следующее явление, графически представленное на рис. 1, 2 и 3: при измельчении продукта в станке, работающем при данных кинематических условиях, наблюдается такое значение q , после достижения которого и вплоть до "заклинивания" вальцов резко увеличивается распорное усилие, циркулирующая мощность и удельный расход энергии. Однако увеличение межвальцового зазора, а также уменьшение загрузки единицы площади пробегающей поверхности медленно вращающегося вальца обуславливает увеличение значения q , при котором происходит указанное явление.

Весьма интересное, вскрытое в данной работе явление неуклонного роста извлечения с увеличением подачи продукта в рабочую зону может быть объяснено следующей рабочей гипотезой, предложенной нами совместно с руководителем работы.

При попадании частиц в рабочую зону вальцовой пары возможны случаи, когда частицы попадают совместно. Вероятность совместного попадания частиц увеличивается с увеличением общего количества частиц,

попадающих в рабочую зону, т.е. с увеличением весовой подачи продукта. При совместном попадании частиц степень измельчения их увеличивается. При одинаковых условиях измельчения зерен пшеницы, склеенных по три, проход сита № 71 составил 56 %, а при измельчении отдельных зерен этой же пшеницы проход сита № 71 составил 45 %.

Это приводит к мысли, что не только абсолютная величина зазора между вальцами влияет на измельчение, но и относительная (отношение абсолютной величины зазора между вальцами к размеру измельчаемых частиц). Подтверждается это и опытами. Измельчали пшеницу, рассортированную на фракции на ситах с прямоугольными отверстиями. Результаты измельчения показаны на рис. 4. С увеличением отверстий в ситах, сходом и проходом с которых получена фракция пшеницы, степень измельчения возрастает.

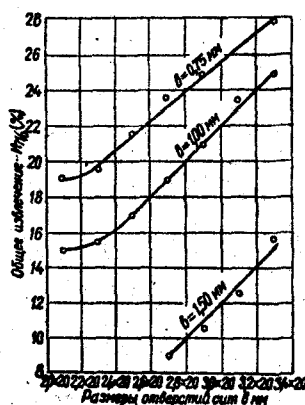


Рис. 4.

Зависимость степени измельчения пшеницы от величины зерновок.

Аналогичные результаты получены и при измельчении крупок, рассортированных по величине.

Подтверждением того, что с увеличением подачи продукта вероятность совместного попадания частиц в рабочую зону увеличивается, является уменьшение степени измельчения при уменьшении загрузки единицы площади пробегающей поверхности медленно вращающегося вальца.

ВЫВОДЫ

1. Величина удельной весовой подачи является оперативно регулируемым параметром, существенно влияющим на эффективность работы вальцового станка.

2. При данных кинематических условиях работы вальцовой пары величина общего извлечения промежуточных продуктов при измельчении пшеницы и ее производных находится в зависимости как от межвальцового зазора δ , так и от весовой подачи исходного материала в рабочую зону станка q . Эта зависимость может быть выражена:

$$u = te^{-n\delta} + B, q \%$$

3. Под производительностью вальцовой пары длиной ℓ следует понимать количество извлеченных в единицу времени промежуточных продуктов помола:

$$Q = q\delta(B, q + te^{-n\delta}) \text{ кг/час.}$$

4. В результате исследования установлены следующие зависимости энергосиловых показателей от q :

$$\begin{aligned} & \text{— распорного усилия} & T = ae^{dq} \frac{\text{кг}}{\text{см}}; \\ & \text{— удельного расхода энергии} & W = D_o = \text{Const} \frac{\delta m - 4}{\text{кг}}; \\ & \text{— циркулирующей мощности} & N_u = L, q - L_o \frac{\delta m}{\text{см}}. \end{aligned}$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Артоболовский С.И. Методы расчета выпускной способности машин. Машгиз, 1953.
2. Панченко А.В. Сверхамериканские скорости вальцовых станков. Снабтехиздат, 1934.
3. Эйдус П.Т. Основные показатели 72% помола. Госторгиздат, 1937.
4. Цыбульский Г.Г. Исследование эффективности применения высоких окружных скоростей вальцов при дроблении зерна, размоле и вымоле промежуточных продуктов. Автореферат диссертации, 1953.
5. Демидов А.Р. Вальцовый станок ВСА-I конструкции ВНИИЗ с автоматизированным индивидуальным приводом. Сообщение и рефераты ВНИИЗ, вып. 5 - 6, 1953.
6. Федотов Н.Г. Исследование технологических параметров режима драного процесса при размоле пшеницы. Автореферат диссертации, 1949.
7. Креймерман Г.И. Исследование влияния скорости валков на измельчение зерна. Автореферат диссертации, 1948.

8. Д у д ч е н к о П., К с е н д з о в с к и й Л. Попеременная выработка сортовой и обойной муки. "Мукомольно-элеваторная промышленность", № 10, 1956.
9. К у п р и ц Я.Н. Технология мукомольного производства. Заготиадат, 1951.
10. К о т л я р Л.И. Исследование технологических свойств зерна. "Мукомольно-элеваторная промышленность", № 4, 1956.
11. С о к о л о в Н.П. Определение параметров оптимального режима работы дражных систем. "Мукомольно-элеваторная промышленность", № 10, 1956.
2. S c o t t G.H. Flour milling processes. London, 1951.

Н.Г. Файт,
ассистент

К вопросу сортирования и очистки зерна
на кривошипном сите¹

Статья содержит принципиальную характеристику кривошипного сита, характеристику экспериментального образца и описание методики и результатов экспериментального исследования работы кривошипного сита по сортированию и очистке зерна пшеницы.

В качестве вывода по результатам экспериментального исследования работы кривошипного сита по очистке пшеницы от засорителей рекомендуется применение кривошипного сита в составе ситовоздушных сепараторов.

В работе плоского сита мы различаем два этапа: первый - **п о д г о т о - в и т е л ь н ы й**, в течение которого мелкие зерна (под мелкими зернами понимаются зерна прохода через данное сито) поступают непосредственно на плоскость сита, и второй - **п р о с е и в а н и е**, при котором происходит разделение зерновой смеси. На обоих этапах преследуется цель - наиболее полно выделить в проход зерна, могущие пройти через отверстия сита. Первый этап определяется

¹ Работа проделана на кафедре "Теория механизмов и детали машин" под руководством доктора техн. наук, проф. В.Я. Белецкого.

действием на зерно сил нормальных к плоскости сита, а второй - скоростью скольжения зерна по ситу.

Пределы изменения нормальных сил к поверхности сита характеризуются отношением нормального к ситу ускорения к нормальной составляющей ускорения силы тяжести. В.Я.Белецким это отношение названо коэффициентом изменения нормального давления на сито K [1].

Коэффициент играет определенную технологическую роль в работе сита, являясь косвенной мерой встряхивания, разрыхляющего зерновой поток и этим способствуя самосортированию, приводящему мелкие зерна непосредственно на плоскость сита.

Повышение нагрузки на сито, измеряемой в кг/ час на один см ширины сита, увеличивает толщину зернового потока и поэтому ухудшает условия течения процесса на первом этапе. Для улучшения протекания процесса на первом этапе при сохранении наиболее выгодной скорости скольжения зерна по ситу необходимо изменить вид движения сита. Достигается это круговым поступательным движением сита в вертикальной плоскости. Такое сито мы называем кривошипным по аналогии с кривошипным грохотом, применяющимся в горнообогатительной промышленности [2].

Кинематическая схема кривошипного сита представляет собой шарнирный параллелограм (рис. 1), у которого роль шарнира играет плоскость сита $BC = AD$. Опорами сита служат четыре кривошипа (на плоскостной кинематической схеме показаны два из них) AB и DC , ($AB = DC = r$). Сито наклонено к горизонту под углом α° , что обуславливает движение сортируемого зерна вдоль его плоскости.

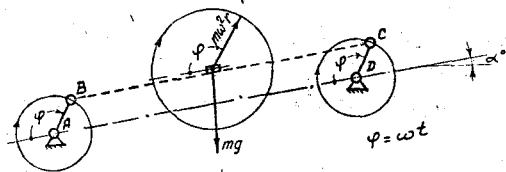


Рис. 1.

Во время работы сита на каждое зерно действует сила его тяжести mg , сила инерции (центробежная сила) $m\omega^2 r$, реакция сита $-mg \cos \alpha$ и сила трения зерна о плоскость, по которой оно скользит F . На кинематической схеме показаны только векторы веса и силы инерции (см. рис. 1).

Изменение скорости и ускорения сита происходит по закону гармонического движения. Сила инерции сита и всего, что на нем находится, оставаясь постоянной по модулю, изменяет свое направление со скоростью, равной скорости вращения кривошипов. Находящийся на сите поток зерна подвергается пульсирующему действию нормальной силы.

Последняя, являясь геометрической суммой веса и силы инерции зерна, изменяется от 0 до $2mg \cos \alpha$ при условии $\omega^2 r = g \cos \alpha$, от $mg \cos (1-K)$ до $mg \cos \alpha (1+K)$ при условии $\omega^2 r < g \cos \alpha$, т.е. при $K < 1$, и от $-mg \cos \alpha (1+K)$ до $mg \cos \alpha (1+K)$ при условии $\omega^2 r > g \cos \alpha$.

Здесь $K = \frac{\omega^2 r}{g \cos \alpha}$, т.е. отношению нормального ускорения сита к ускорению силы тяжести.

При $K < 1$ нормальное давление зерна на сито изменяется однозначно, не нарушая контакта между зерном и ситом; при $K = 1$ нормальное давление изменяется однозначно, достигая нуля без нарушения контакта между зерном и ситом; при $K > 1$ нормальное давление меняет знаки, за время полного оборота кривошипов наруша-

ется контакт между зерном и ситом, когда $\omega^2 r \sin \varphi > g \cos \alpha$

Здесь имеют место удары сита о падающее зерно, обуславливающие эффективное разрыхление зернового слоя, благоприятное для самосортирования зерна.

Теоретическое исследование аналогичного механизма-двухвального соломотряса было проведено П.А.Бергом [3] и Г.Д.Терсковым [4]; пути расчета кривошипного сита для определения его оптимальных параметров описаны В.Я. Белецким [5]. Экспериментальному исследованию вибрационных грохотов (сит) с овальными колебаниями в вертикальной плоскости посвящены работы П.П.Колышева [6], Г.Е.Листопада [7], Л.С.Смецкой [8]. Описываемая в настоящей статье работа является первым экспериментальным исследованием кривошипного сита.

Исследование было произведено на экспериментальном образце кривошипного сита, имевшем следующую характеристику: размеры ситовой рамы 1400 x 390 мм; пределы изменения угла наклона сита $\alpha = 0 + 8^\circ$; длина кривошипа $Z = 6, 7, 5, 10, 12, 5, 15$ мм; допустимые скорости вращения кривошипов в пределах $n = 225 + 525$ об/мин.

Изменение скорости вращения кривошипов осуществляется посредством конического вариатора скорости, который приводится в движение электродвигателем посредством плоского ремня. Ведомый барабан вариатора сидит на общем валу с шестерней, входящей в зацепление с двумя колесами на валах кривошипов. Последние играют роль балансиров для уравнивания силы инерции сита, к ним болтами эксцентрично прикреплены грузы - стальные сегменты.

Питание сита зерном производится из бункера емкостью 25 дм³ посредством питающего валика, а регулирование питания осуществляется шибёром. Перед заполнением бункера выход из него перекрывается заслонкой.

Очистка сита осуществляется при помощи 6 щеток, расположенных на бесконечной цепи. Очищая сито, щетки двигаются в направлении, противоположном движению зерна по ситам с постоянной скоростью 0,3 м/сек. Ведущая звездочка цепи приводится в движение от питающего валика посредством проволочного гибкого вала.

Проход и сход с сита собирают в ящики. Ящик для прохода разделен по длине на несколько отсеков.

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ КРИВОШИПНОГО СИТА ПРИ СОРТИРОВАНИИ ЗЕРНА

Для исследования использовали пшеницу известного гранулометрического состава. Для разделения такой пшеницы средняя проба зерна весом ~ 100 г была разделена на отдельные фракции посредством лабораторного просеивателя с набором из одиннадцати сит от 1 x 20 мм до 3,6 x 20 мм.

Размер отверстий сита в машине принят 2,8 x 20 мм. Таким образом зерно разделяли на 2 фракции - сход и проход сквозь сито 2,8 x 20 мм.

На основании ситового анализа проход через сито 2,8 x 20 мм в данной пшенице естественного гранулометрического состава составляет 30%, остаток на сите 2,6 x 20 мм - 20%; таким образом, в мелком зерне преобладали "трудные" зерна (под "трудными" зернами мы понимаем зерна, толщина которых не более чем на 0,2 мм меньше ширины отверстий сита), составляющие 67% всего мелкого зерна. Вся

опытная партия зерна была очищена от мелочи на сите $1,7 \times 20$ мм.

Исследования проводили на искусственно составленных смесях мелкого и крупного зерна, для чего зерно естественного гранулометрического состава было разделено на 2 фракции - мелкое и крупное. Для этой цели зерно повторно просеивали до получения в проходе не более 50 г при первоначальной засыпке зерна в бункер питания 20 кг. Таким образом, неизбежный остаток мелких зерен в сходовом зерне представлял собою особо трудные зерна.

В качестве критерия эффективности работы сита мы приняли степень извлечения

$$\varepsilon = \frac{Q_i}{Q_i'}$$

Здесь Q_i' - вес фактического прохода, а Q_i - вес содержащихся в смеси мелких зерен.

Искусственно составленные смеси в количестве 15 кг разделяли при различных режимах: при различных удельных нагрузках на сито $q = 25, 40$ и 80 кг/час на один см ширины сита, при указанных выше длинах кривошипов и различных значениях $n_{\text{мин}}^{\text{ог}}$. Скорость вращения кривошипов зависела от величины K . Средняя скорость скольжения - $0,8 + 0,30$ м/сек. Описанные серии просеиваний произведены для различных составов смеси от $Q_i = 10\%$ до $Q_i = 80\%$ с промежутками в 10% .

Для поддержания в исходных смесях постоянного гранулометрического состава зерна прохода, последнее тщательно перемешивалось в специальном ящике и отбиралось для получения смесей по методу взятия средних проб.

Таким путем получены значения ε для указанных выше составов исходных смесей, нагрузок на сито и для различных значений K от $1,0$ до $1,5$.

По каждому режиму произведено по 2 просеивания, второе просеивание было контрольным. Отклонения основного от контрольного просеивания не превышало 3% . Неизбежные потери мелкого зерна в процессе просеивания составляли $30 + 100$ г.

Потери в 30 г наблюдались при просеивании смесей с низким содержанием в них мелких зерен ($Q_i = 20 + 30\%$), а потери до 100 г - при просеивании смесей с высоким содержанием мелких зерен ($Q_i = 60 + 80\%$), что дает основание оценить эти потери в $1 \div 3\%$ от содержания мелких зерен или результатов просеиваний, выраженных в ε .

Заслуживает положительной оценки работа использованных нами щеток. Сито после каждого просеивания оказывалось практически незасеянным. При работе без щеток оказалось, что сито после каждого просеивания засеивалось при значении $K < 1,6$.

Результаты технологического исследования работы кривошипного сита при сортировании пшеницы графически изображены на рисунках 2 ($\tau = 6$ мм), 3 ($\tau = 7,5$ мм), 4 ($\tau = 0$ мм), 5 ($\tau = 2,5$ мм), 6 ($\tau = 5$ мм).

Диагональные прямые выражают изменение состава исходных смесей, т.е. ординаты этой прямой пропорциональны процентному содержанию в исходной смеси мелких зерен. Ординаты сплошных кривых пропорциональны весам фактического прохода при $K = 1$. Ординаты отдельных точек, соединенных для наглядности пунктирными линиями, пропорциональны весам фактических проходов, полученных при значении $K > 1$, указанных цифрами у этих точек. Каждый рисунок состоит из трех графиков, соответствующих различным нагрузкам на сито.

Режимы при $K > 1$, как правило, приводили к повышению степени извлечения ϵ . На рис. 2-6 они не отмечены в тех случаях, когда повышение степени извлечения не превышало вероятных расхождений в результатах основного и контрольного просеиваний. Закономерным является факт, что при $K > 1$ увеличение нагрузки на сито требует увеличения K .

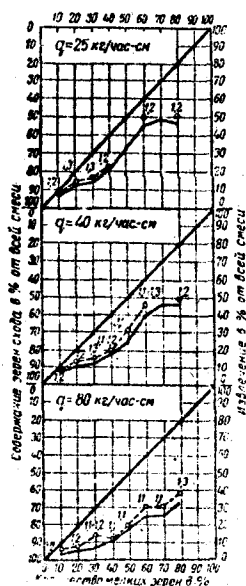


Рис. 2
 Q_i при $z = 6$ мм.

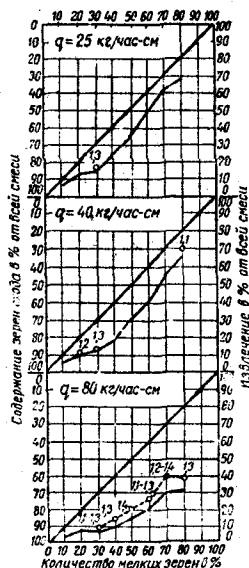


Рис. 3
 Q_i при $z = 7,5$ мм.

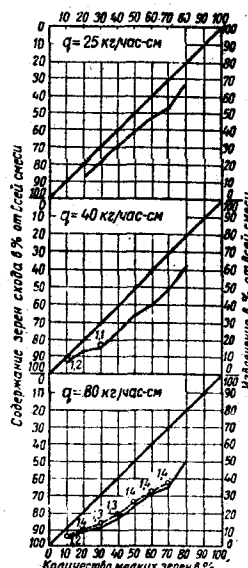


Рис. 4
 Q_i при $z = 10$ мм.

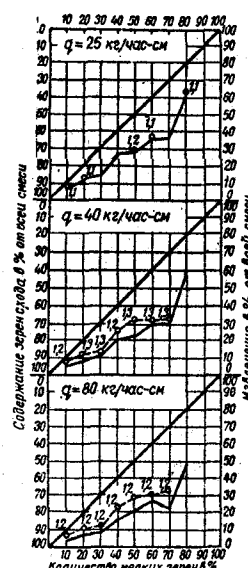


Рис. 5
 Q_i при $z = 12,5$ мм.

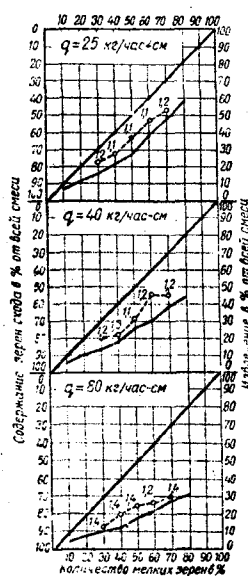


Рис. 6.
 Q_i при $z = 15$ мм.

Степень извлечения ϵ для всех длин кривошипов и нагрузок на сито графически представлена на рисунках 7 (для смеси с $Q_i = 30\%$), 8 (для смеси с $Q_i = 10\%$), 9 (для смеси с $Q_i = 70 - 80\%$). Разделение пшеницы на сход и проход через сито $2,8 \times 20$ мм при $K = 1$ показало при всех значениях минимум ϵ для смесей $Q_i = 30\%$. Изменение Q_i в сторону уменьшения влечет за собой увеличение ϵ . Таким образом, кривые изменения ϵ в зависимости от содержания в исходной смеси мелких зерен можно охарактеризовать одним значением ϵ_{min} и двумя значениями ϵ_{max} .

При сортировке зерна без отрыва от сита при $K = 1$ наилучшие результаты получены: при длине кривошипа $z = 10$ мм, скорости сита (максимальное ее значение) $V_{с.} = 0,315$ м/сек, средней скорости зерна на сите $V_{сз} = 0,18$ м/сек. Скоростной характеристике $n\tau = 3$ и характеристике ускорения $n^2z = 900$.

При сортировке зерна со встряхиванием ($K > 1$) получены положительные результаты в первом подготовительном этапе. Наилучшие результаты исследования в

этой части получены при длине кривошипов $z = 15$ мм. Режимы со значениями $K = 1,1 + 1,3$, соответствующим максимальным значениям скорости сита $V_c = 0,403 + 0,438$ м/сек, привели к увеличению извлечения на 20÷25% (см. рис. 6). При равных значениях $K > 1$ извлечение увеличивается с увеличением z . В этом случае важными факторами являются: скорость сита V_c , так как работа разрыхления прямо пропорциональна квадрату скорости, и размах сита $2z$, определяющий высоту свободного падения зерна.

Так как проход поступал в отдельные отсеки сборника под ситом (каждый отсек обслуживал $1/4$ длины сита), получена полная картина распределения прохода по длине сита. При всех нагрузках на сито и длинах кривошипов первая четверть длины сита давала свыше 50% всего прохода, вторая - не больше 22% и последняя - не больше 8%.

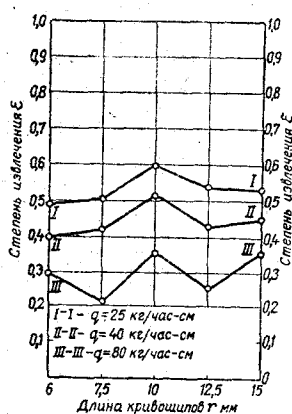


Рис. 7. ϵ при $Q_1 = 30\%$

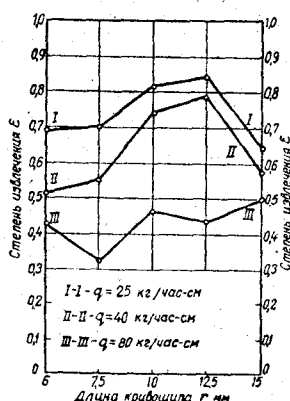


Рис. 8. ϵ при $Q_1 = 10\%$

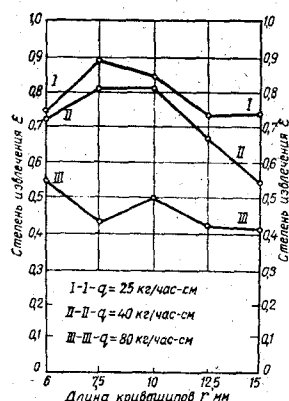


Рис. 9. ϵ при $Q_1 = 70-80\%$

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ КРИВОШИПНОГО СИТА ПРИ ОЧИСТКЕ ЗЕРНА ОТ ЗАСОРТЕЛЕЙ

Зерно, как уже указывалось, было очищено от мелких засорителей на сите $1,7 \times 20$ мм путем повторных просеиваний. Исходные смеси составлялись искусственно путем засорения зерна "подсевом", полученным на подсевном сите первого сепараторного прохода мельницы № 18 в Одессе. Просеивали смеси, содержащие 2 и 4% "подсева". Последний, был получен на эквивалентном сите сепаратора и представлял собой смесь щуплых, битых зерен, зерен сорняков (горчичника и мелкого куколя) и некоторого количества минерального засорителя в виде мелких частиц земли. Ситовой анализ средней пробы "подсева" показал следующий гранулометрический состав:

Проход через сито с отверстиями	$1,7 \times 20$ мм
и остаток на сите с отверстиями	$1,5 \times 20$ мм ... 26,35%
Остаток на сите с отверстиями	$1,2 \times 20$ мм ... 42,80%

Остаток на сите с отверстиями	1 x 20 мм ... 1,63%
Проход через сито 1 x 20 мм (минеральный засоритель)	... 19,22%
	100,00%

Вес исходных смесей составлял 15 кг, а вес засорителя 300 и 600 г. Гранулометрический состав засорителя поддерживали постоянным; исходные смеси тщательно перемешивали до и после засыпания их в бункер питания. Размеры зерен засорителя оказались в 2-3 раза меньше поперечных размеров пшеницы и, следовательно, если зерна подсева в значительной мере являлись трудными по отношению к отверстиям сита, то по отношению к пшенице естественного гранулометрического состава зерна засорителя были "легкими" (легко опускались в потоке зерна на сите).

При экспериментальных просеиваниях проверены следующие режимы: нагрузки на сито были приняты - мельничная $Q = 60$ кг/час на один см ширины сита, элеваторная $Q = 150$ кг/час на один см ширины сита и промежуточная $Q = 90$ кг/час на один см ширины сита; $K = 0,7 + 1,3$ с промежутками значений 0,1; угол наклона сита α составлял от 6° до 8° ; средняя скорость скольжения зерна по ситы не превышала 0,30 м/сек. Опыты были проведены при 5 длинах кривошипов.

Таблица 1.

z в мм	q кг час.см	Q %	K	$пз$	V_c м/сек.	ξ	Q %	K	$пз$	V_c м/сек.	ξ
6	60	2	1,0	2,24	0,241	1,000	4	1,0	2,24	0,241	0,910
	90		1,0	2,24	0,241	0,965		1,0	2,24	0,241	0,768
	150		1,1	2,41	0,253	0,817		1,1	2,41	0,553	0,700
7,5	60	2	0,8	2,30	0,241	1,000	4	0,7	2,17	0,227	0,900
	90		0,8	2,30	0,241	0,885		0,7	2,17	0,227	0,780
	150		1,2	2,84	0,298	0,800		1,3	2,93	0,308	0,720
10	60	2	0,8	2,68	0,281	0,915	4	1,0	3,0	0,315	0,834
	90		1,0	3,00	0,315	0,784		1,0	3,0	0,315	0,768
	150		1,1	3,12	0,328	0,750		1,0	3,0	0,315	0,650
2,5	60	2	0,7	2,80	0,294	0,967	4	0,7	2,8	0,294	0,975
	90		0,7	2,80	0,294	0,885		1,0	3,38	0,354	0,875
	150		0,7	2,80	0,294	0,817		0,7	2,8	0,294	0,790
15	60	2	1,0	3,66	0,384	0,900	4	1,0	3,66	0,384	0,850
	90		0,7	3,05	0,318	0,767		1,1	3,84	0,402	0,734
	150		0,7	3,05	0,318	0,683		0,8	3,3	0,342	0,592

В табл. 1 приводятся максимальные значения ξ (на сите 1,7 x 20 мм) и характеристики режимов, при которых они получены. Режимы при $K > 1$, как правило, не улучшали очистку и, наоборот, положительных результатов добивались при значениях $K < 1$. Объясняется это, во-первых, тем, что зерна засорителя являются "легкими" для смеси, легко опускаются вниз без энергичного встряхивания при $K > 1$, и, во-вторых, при режимах с энергичным встряхиванием на некоторый промежуток времени зерно теряет связь с ситом, т.е. создаются условия, исключающие проход зерен через отверстия сита.

Проход засорителя при очистке на сите 1,7 x 20 мм распределялся примерно следующим образом: при $q = 60$ кг/час на один см ширины сита проход через первую четверть длины сита составлял 70%, а через последнюю - 3%; при $q = 150$ кг/час на один см ширины сита проход соответственно составлял 50% и 3%.

Как видно из табл. 1, при всех радиусах степень очистки превышает нормы ее для ситовоздушных сепараторов при мельничной и элеваторной нагрузках (ГОСТ 5036-53).

ВЫВОДЫ

1. Извлечение мелких зерен находится в прямой зависимости от содержания их в исходной смеси при любой нагрузке на сито.

2. При разделении зерновой смеси без отрыва от сита, когда $K = 1$, наибольшее извлечение мелких зерен происходит при окружной скорости сита 0,315 м/сек или $n = 3$.

3. Просеивание со встряхиванием зерна при $1 < K < 1,4$ приводит к интенсификации процесса разделения зерна - к увеличению извлечения.

4. С увеличением длины кривошипов сита улучшается процесс разрыхления зерна на сите, что способствует увеличению извлечения мелких зерен.

5. При сортировании зерна практически приемлемая нагрузка на кривошипное сито составляет 25 кг/час на один см ширины сита.

6. Результаты исследования работы кривошипного сита при очистке зерна от засорителей дают основание рекомендовать использование его в ситовоздушных сепараторах.

Кривошипное сито обладает следующими преимуществами перед обычным ситом с прямолинейными качаниями и эксцентриковым приводом:

- а) возможностью получения высокой степени очистки зерна на подсевном сите;
- б) кривошипное сито позволяет получать наилучшее динамическое уравновешивание [9].

ЛИТЕРАТУРА

1. Б е л е ц к и й В.Я. Теория и расчёт сит с прямолинейными качаниями. Заготиздат, М., 1949.
2. Л е в и н с о н А.Б. Машины для обогащения. Госмашметиздат, 1933.
3. Б е р г П.А. Движение материальной точки с трением по плоскости с круговым вращательным движением. "Теория, конструкция и производство с.х.машин", т. III Сельхозгиз, М., 1936.
4. Т е р с к о в Г.Д. Расчёт зерноуборочных машин. Машгиз, Свердловск, 1949.
5. Б е л е ц к и й В.Я. Теория и расчёт кривошипного сита. "Сельхозмашина", № 40, 1950 г.
6. К о л ы ш е в П.П. Исследование работы вибрационного грохота с овальными колебаниями в вертикальной плоскости. "Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства", № 2, 1938.
7. Л и с т о п а д Г.Е. Исследование работы вибрационного грохота на сепарации зерновых смесей. Сталинград, дисс., 1954.
8. С м е ц к а я Л.С. Исследование и основа теории вибрационных грохотов. Сборн. научных трудов Московского горного института им. Сталина, вып. 7, М., 1948.
9. Я р о ш е н к о В.П. К динамическому уравниванию плоского решета. "Сельхозмашина", № 9, 1952.

В.В.Дорошевский,

ассистент

К вопросу об аэродинамических измерениях
в пневмотранспортных и обеспыливающих вентиляционных установках

В статье изложен принцип действия новой пневмометрической трубки, предложенной в 1954 г. работниками ОТИС и позволяющей производить длительные измерения в запыленных воздушных потоках без закупорки каналов трубки.

В статье даются рекомендации для изготовления новой пневмометрической трубки, основанные на исследованиях автора.

Объективный аэродинамический контроль обеспыливающих вентиляционных и пневмотранспортных установок обеспечивает эффективную и экономическую работу их.

Существующая в настоящее время аппаратура для аэродинамических измерений [1,2,5] совершенно не удовлетворяет требованиям организации и ведения непрерывного производственного контроля эффективности работы пневмотранспортных и обеспыливающих установок вследствие того, что происходит закупорка отверстий и каналов в приемниках давления при измерениях в потоках запыленного воздуха или газа.

Поэтому продолжает господствовать субъективный способ контроля и регулирования режима работы указанных установок, не обеспечивающий высоких технико-экономических показателей работы [3].

Учитывая, что давление в воздуховодах обеспыливающих вентиляционных

установок и материалопроводах большинства пневмотранспортных установок меньше атмосферного, в Одесском технологическом институте им. Сталина разработали самоочищающуюся пневмометрическую трубку¹ способную непрерывно, надёжно и длительно работать в любом запылённом потоке.

Самоочищающаяся трубка ОТИС состоит из 2 трубок (рис. 1), которые могут располагаться одна возле другой (см. рис. 1, а) или одна внутри другой (см. рис. 1, б).

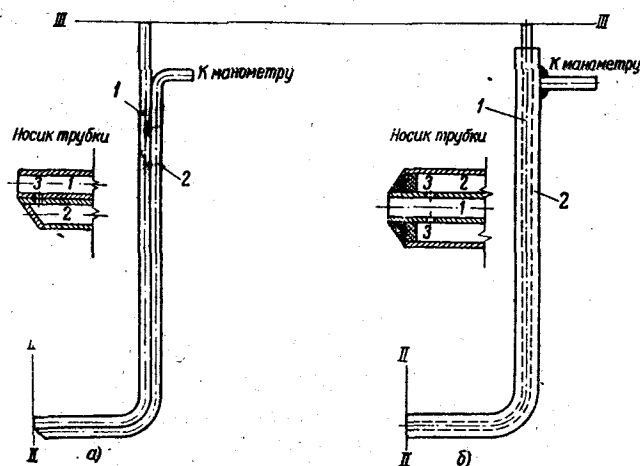


Рис. 1. Трубка ОТИС.

По трубке непрерывно движется воздух из атмосферы (сечение I) в воздуховод (сечение II), отклоняя от измерительного носика трубки пыль или продукт.

На расстоянии 2 - 4 мм от сечения II трубка 1 соединяется с трубкой 2 отверстиями 3, имеющими диаметр $0,3 \pm 0,5$ мм.

Соединив наружный конец трубки 2 с манометром, мы измерим величину статического давления у измерительного носика трубки, которое равно при расположении

измерительного носика трубки а) против потока - величине полного давления $p + \frac{\rho v^2}{2}$ в воздуховоде; б) за потоком - величине статического давления p в воздуховоде.

Из 2 описанных трубок можно изготовить комбинированную самоочищающуюся трубку (рис. 2), при помощи которой, подключив манометр, измеряют непосредственно величину скоростного давления $\frac{\rho v^2}{2}$.

Рассмотрим в самых общих чертах явления, возникающие при установке во всасывающий воздуховод опи-

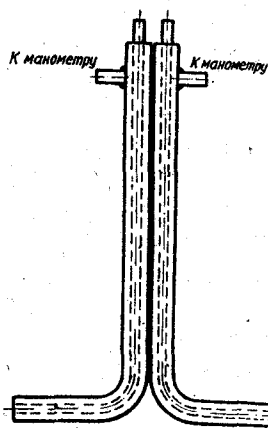


Рис. 2. Комбинированная трубка ОТИС.

1. Справка об авторском свидетельстве № 33-221 от 27 мая 1956 г., приоритет от 18 мая 1955 года на имя В.В. Дорошевского, А.В. Панченко.

санной трубки измерительным носиком навстречу воздушному потоку. При этом по трубке 1 (см. рис.1) из атмосферы в воздуховод непрерывно поступает чистый воздух, как это видно на фотографии задымленного потока (рис. 3).

Схема вытекания струи из трубки во встречный поток показана на рис.4.

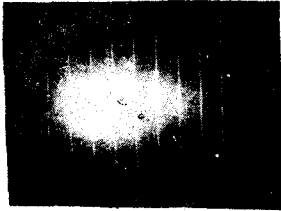


Рис. 3. Фотография задымленного потока

На некотором расстоянии от трубки в сечении В на фотографии (см.рис.3) или точке В на схеме (рис.4) скорость потока, вытекающего из измерительного носика трубки, равна нулю.

Сечение 0 расположено настолько далеко от конца задымленного потока, что протекающий по трубке 1 поток не изменяет условий течения основного потока; сечение I проходит через точку В, сечение II расположено вблизи среза измерительного носика трубки на расстоянии 2 + 4 мм от него и проходит через отверстие 3, соединяющее трубки 1 и 2; сечение III (см.рис.1) находится в атмосфере.

Пренебрегая некоторой ошибкой, напомним уравнение Бернулли для сечений I-II (см.рис.4) потока воздуха, перемещаемого по измерительной трубке:

$$P_{II} + \frac{\rho V_{II}^2}{2} = P_I + \frac{\rho V_I^2}{2} + \frac{\rho}{2} (V_{II} - V_I)^2 \quad (1)$$

Так как в сечении I скорость потока, перемещаемого по измерительной трубке, равна нулю ($V_I = 0$), то уравнение (1) примет такой вид: $P_{II} = P_I$ (2)

Вокруг линии тока АВ (см.рис.4), направляющейся к носiku трубки, по её оси очертим бесконечно малый контур К, чтобы получить элементарную струйку потока. Такая струйка по мере приближения к встречной струе, вытекающей из носика трубки, будет расширяться и после соприкосновения с потоком в точке В сольётся со встречной струей, изменяющей свое направление на обратное. При этом слиянии элементарная струйка будет как бы растекаться по поверхности аналогично тому, как это наблюдается у носика трубки Пито [4].

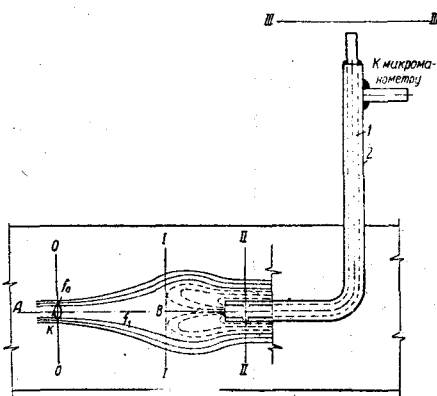


Рис. 4. Схема вытекания струи из трубки во встречный поток

Уравнение неразрывности для сечений 0 и I может быть написано так:

$$\int_0 V_0 = \int_I V_I \quad \text{или} \quad \frac{V_I}{V_0} = \frac{f_0}{f_I}$$

Поскольку взятый нами контур К бесконечно мал, отношение $\frac{f_0}{f_I}$ стремится к нулю по мере приближения к встречной струе, выходящей из измерительной трубки, и, следовательно, V_I в точке В равна нулю.

Давление в точке В может быть найдено из уравнения Бернулли, написанного для сечений 0 и I:

$$P_0 + \frac{\rho V_0^2}{2} = P_I + \frac{\rho V_I^2}{2} \quad (3)$$

При $V_T = 0$ в точке В и учитывая, что $P_d = P_T$ (2)
находим

$$P_d = P_0 + \frac{\rho V_0^2}{2} \quad (4)$$

Следовательно, измерив статическое давление в сечении II и соединив трубку 2 с манометром (см. рис. 2), мы измерим величину полного давления ($P_0 + \frac{\rho V_0^2}{2}$) в сечении основного потока, расположенном перед носиком измерительной трубки.

На рис. 5 представлены фотографии задымленного потока, вытекающего из самоочищающейся пневмометрической трубки с внутренним диаметром 6 и 8 мм в воздухопровод при различных соотношениях статического и скоростного давлений.

Как и следовало ожидать, в соответствии с выводом (4), характер потока,

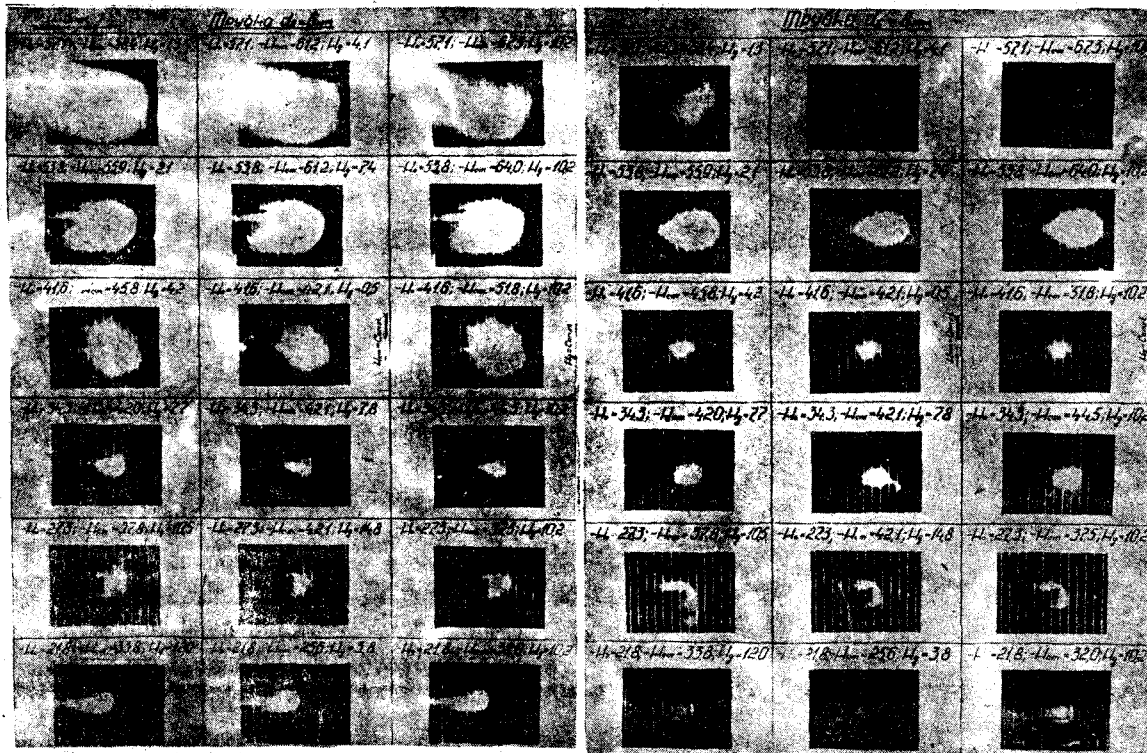


Рис. 5. Характер изменения потока при изменении давлений.

вытекающего из измерительной трубки, изменяется только в зависимости от изменения величины полного давления в основном потоке, как это видно из фотографий (см. рис. 5), расположенных в вертикальных колонках.

Характер встречного потока остаётся неизменным при постоянной величине полного давления в основном потоке и полностью независим от соотношения величин скоростного и статического давлений.

Сравнительные измерения, произведенные при помощи обычных пневмометрических трубок и предлагаемой, показали, что разница в результатах не превышала 0,5% от величины измеряемого полного давления.

Проверить изложенное можно очень просто. Описанную трубку следует установить в воздуховод строго против потока (трубка весьма чувствительна к скосу потока) и сопоставить показания, полученные в том случае, когда трубки открыты в атмосферу и когда плотно закрыты.

Диаметр трубки ОТИС зависит от величины разрежения в воздуховоде, характера твёрдых частиц, транспортируемых воздухом, и длины, которая определяется величиной диаметра воздуховода.

Понятно, что скорость воздуха, вытекающего из носика измерительной трубки, должна быть достаточной для отклонения транспортируемых воздухом частиц от входа в трубку.

Этим условиям удовлетворяют следующие размеры трубок ОТИС, которые можно рекомендовать для практического использования на хлебопромышленных предприятиях:

Внутренний диаметр трубки, мм	
Вентиляционные установки при диаметре воздуховода:	
до 200 мм	3
250 ÷ 500 мм	4
Пневмотранспортные установки:	
до разгрузителей	2 ÷ 4
после разгрузителей	2

ЛИТЕРАТУРА

1. Б р о м л е й М.Ф., К у ч е р у к В.В. Технические испытания и проверка эффективности вентиляционных установок промышленных предприятий. Гос. изд. литературы по строительству и архитектуре, М., 1952.
2. Д е г т я р ё в Н.В. Контрольно-измерительные приборы для отопительно-вентиляционных установок. Строиздат, М., 1949.
3. П а л ь ц е в В.С. Усовершенствование мельничных вентиляционных установок. Заготиздат, М., 1954.
4. П а н ч е н к о А.В. Вентиляционные установки элеваторов, мельниц, крупных и комбикормовых заводов. Заготиздат, М., 1954.
5. П о п о в С.Г. Измерение воздушных потоков. Гостехиздат, М., 1947.
6. Т а л и е в В.Н. Аэродинамика вентиляции. Гос.изд. литературы по строительству и архитектуре, М., 1954.

А.В. Анатолийев,
ассистент

Распределение давления сыпучей среды
на стены и дно глубокого цилиндрического сосуда

В работе экспериментально доказано, что при загрузке идеального сыпучего материала в цилиндрический сосуд вертикальная нагрузка по горизонтальным сечениям образовавшегося столба сыпучей среды уменьшается, начиная от твердого дна (твердое дно — такое дно, которое от нагрузки сыпучей среды не совершает перемещений) и на определенной высоте достигает минимального и неизменного значения. Вводится понятие о коэффициентах распределения нагрузки, предлагается формула для определения возможных нормальных давлений на стенки сосуда.

Изучение вопроса распределения давления идеальной сыпучей среды на стенки и дно глубокого цилиндрического сосуда давно привлекает внимание многих исследователей [1-6] и др. По результатам ряда исследований последних лет [2,4] можно судить, что величина давления сыпучей среды на стенки глубокого цилиндрического сосуда в действительности не совпадает с данными существующих теорий.

Ни одна из существующих в настоящее время теорий не объясняет фактически наблюдаемую закономерность распределения давления по высоте стенки. Гипотеза о сводообразовании, основанная на явлении предварительных смещений частиц идеальной сыпучей среды, не только объясняет механизм передачи усилий в глубоком цилиндрическом сосуда [7], но и дает возможность предложить метод для определения истинных нагрузок на стенки и дно глубокого цилиндрического сосуда.

РАБОЧАЯ ГИПОТЕЗА О РАСПРЕДЕЛЕНИИ НАГРУЗКИ НА ДНО И СТЕНКИ ГЛУБОКОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО СОСУДА

Гипотеза о сводообразовании в идеальной сыпучей среде рассматривает процесс сводообразования как следствие явления предварительного смещения частиц, возникающего при возрастающих объемных и реактивных силах. Определяя таким образом механизм передачи усилий в сыпучей среде, можно предположить определенную закономерность изменения нагрузки на стенку сосуда по ее высоте. Действительно, если во время загрузки сосуда под действием собственного веса частиц в пределах некоторой высоты h_n происходит предварительное смещение, возрастают силы трения между частицами и происходит сводообразование, то соответственно должна изменяться вертикальная нагрузка по горизонтальным сечениям столба сыпучей среды. Каждому горизонтальному сечению должны будут соответствовать определенные условия равновесия, при которых часть вертикальной нагрузки распределяется по сечению, а часть воспринимается стенкой. Причем вертикальная нагрузка на горизонтальные сечения Q'_s , начиная от твердого дна, должна уменьшаться пропорционально сумме предварительных смещений между частицами. На некоторой предельной высоте h_n , где, помимо имевших место предварительных смещений, начнутся необратимые смещения частиц среды относительно стенок, закончится процесс сводообразования и, как следствие этого, величина вертикальных нагрузок по сечениям должна быть минимальной (рис. 1, а).

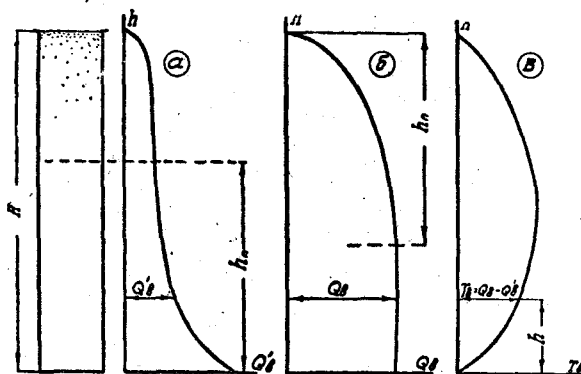


Рис. 1. Кривые изменения вертикальной нагрузки сыпучей среды:
а - на горизонтальные сечения столба сыпучей среды;
б - на твердое дно глубокого цилиндрического сосуда;
в - на стенки глубокого цилиндрического сосуда.

Отсюда следует, что нагрузка на твердое дно сосуда Q'_s будет расти только до тех пор, пока высота столба достигнет определенного значения h_n (рис. 1, б). Так как вертикальная нагрузка на стенки T_s на высоте h представляет нагрузку, которая является следствием совершенных перемещений, то из условий равновесия ее величина равна:

$$T_s = Q_s - Q'_s \quad (1)$$

Полученное уравнение (1) определяет характер кривой распределения вертикальной нагрузки на стенки (рис. 1, в). Следовательно, чтобы построить кривую распределения вертикальной нагрузки на стенки сосуда, нужно располагать данными о нагрузке не только на твердое дно при разной высоте столба сыпучей среды, но и нагрузкой по соответствующему сечению.

Введем понятие о коэффициентах распределения вертикальной нагрузки по горизонтальному сечению для столба сыпучей среды высотой H . Коэффициент распределения вертикальной нагрузки на твердое дно: $\theta = \frac{Q_d}{Q}$,

где Q - вес столба сыпучей среды высотой H и коэффициент распределения вертикальной нагрузки на горизонтальное сечение столба: $\eta = \frac{Q_s}{Q}$,

Тогда вертикальная нагрузка на стенки сосуда определится уравнением:

$$T_s = Q_s - Q_d = \theta Q - \eta Q_s = \theta Q - \theta \eta Q = Q \theta (1 - \eta). \quad (2)$$

Горизонтальная нагрузка на единицу длины периметра стенки сосуда, исходя из условий равновесия, будет равна:

$$\rho = \frac{T_s}{L \tan \rho} = \frac{\theta (1 - \eta)}{L \tan \rho} Q, \quad (3)$$

где L - периметр горизонтального сечения сосуда;

ρ - угол между горизонталью и касательной к линии давления в точке пересечения ее со стенкой сосуда; величина ρ изменяется в пределах

$$\frac{\pi}{2} > \rho > \frac{\pi}{2} - \varphi_{nn};$$

(φ_{nn} - угол трения полного покоя).

Надо полагать, что величина коэффициента распределения зависит не только от физических характеристик сыпучей среды и соотношений геометрических величин сосуда, но и от шероховатости поверхности, ограничивающей сыпучую среду. Следует ожидать уменьшения значений коэффициента распределения θ (и нормального давления на стенки сосуда) с увеличением шероховатости стенки и его минимальное значение при такой шероховатости как поверхность столба сыпучей среды.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА РАБОЧЕЙ

ГИПОТЕЗЫ

Экспериментальная проверка рабочей гипотезы состояла в измерении величины предварительных смещений между частицами столба сыпучей среды и соответственно нагрузки на горизонтальные сечения столба и твердое дно сосуда. Кроме того измерялось нормальное давление на индуктивный датчик, установленный в стенке сосуда.

Для этой цели применялась установка (рис. 2), состоящая из неподвижной части цилиндра 1 и подвижной части 2, подвешенной на коромысле весового рыча-

га 3. Тяги 4 проходят снаружи цилиндра. Цилиндр собирается из отдельных звеньев, внутренний диаметр которых 200 мм и высота 100 мм (материал звеньев дюралюминий, чистота внутренней поверхности звеньев обработана по классу 4-6 со значением среднего квадратического отклонения неровностей $H_{ск} = 8 + 10$ мк. Изменяя количество звеньев, можно было изменять высоту цилиндра, а следовательно, при постоянном диаметре можно было изменять и соотношение между высотой и диаметром как верхней, так и нижней подвижной части цилиндра. Сосуд заполнялся нормальным песком (ГОСТ 6139-52 крупно-стью зерен от 0,53 до 0,85 мм). Песок поступал в цилиндр через сито (засыпка "дождем"), уста-

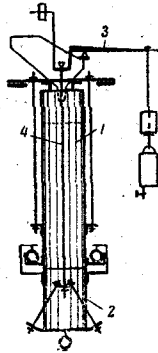


Рис. 2. Схема установки для определения вертикальных нагрузок на дно и по горизонтальным сечениям столба сыпучей среды.

новленное на уровне сосуда. До засыпки сосуда весовая система приводилась в равновесие, а затем с известной силой, величина которой превышала ожидаемую нагрузку, подвижная часть цилиндра, или его дно, прижималась к неподвижной части цилиндра. Уменьшая вес противовеса, по началу перемещения нижней части цилиндра, или его дна, определялась соответствующая нагрузка на сечение столба сыпучей среды, или на дно сосуда. Начало перемещений определялось при помощи индикатора с ценой деления 10 мк и одновременно контролировалось началом повышения нагрузки на индуктивный датчик, установлен-

ный в стенке сосуда непосредственно над подвижной частью цилиндра, или дном.

Проведенные экспериментальные исследования дали следующие результаты:

- Нагрузка на твердое дно сосуда возрастает интенсивно до тех пор, пока высота столба сыпучей среды не достигает высоты $h_n \approx d \operatorname{tg} \varphi_{nn}$ (рис. 3, а), где d - диаметр цилиндра.

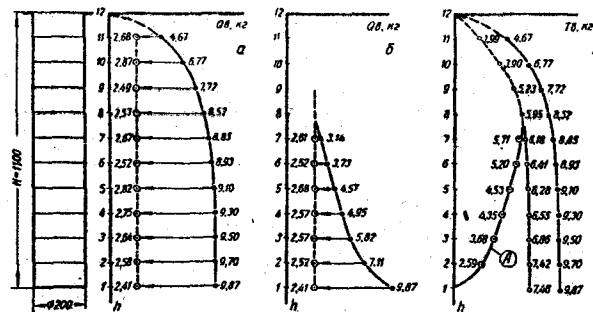


Рис. 3. Результаты экспериментального исследования по определению вертикальной нагрузки песка:

- а - на твердое дно цилиндра;
- б - на горизонтальное сечение столба песка;
- в - на стены сосуда.

Вертикальная нагрузка по горизонтальным сечениям уменьшается пропорционально расстоянию от твердого дна и на высоте $h_n \approx d \operatorname{tg} \varphi_{nn}$ и выше принимает минимальное и неизменное значение (рис.3,б). Эта высота соответствует определенной сумме предварительных смещений частиц. При увеличении плотности снижается величина суммы предварительных смещений в единице объема сыпучей среды, так как увеличивается число контактов между частицами, а усилия, действующие в контактах, уменьшаются. Полученная нами относительно большая высота зоны предварительных смещений - зоны сводообразования (h_n) - объясняется условиями опыта: загрузкой цилиндра "дождем" и в связи с этим формированием столба сыпучей среды большой плотности.

При перемещении дна или подвижной части цилиндра, высота которой $h < h_n$, нагрузка на дно, или на сечение столба сыпучей среды, уменьшается пропорционально смещению и в момент отрыва доходит до некоторой постоянной величины (рис.4), которая не зависит от высоты столба сыпучей среды над этим сечением, и л и дном (см.рис. 3,а, рис.3,б) при условии, что высота столба не меньше, чем высота линии давления, т.е. при условии, что $h \geq \frac{d}{4} \operatorname{tg} (\frac{\pi}{2} - \varphi_{nn})$.

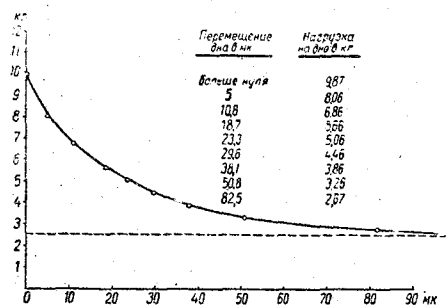


Рис.4. Кривая зависимости нагрузки песка на дно цилиндрического сосуда от величины смещения дна.

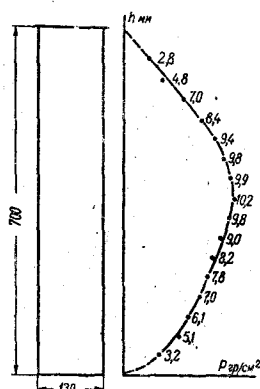


Рис.5. Кривая нормальной нагрузки песка на датчик, установленный в стенке сосуда, при различном месторасположении датчика в пределах высоты стенки.

- Кривая A (рис.3,в), построенная в соответствии с уравнением (1), имеет такой же характер, как кривая нормального давления на стенки по высоте сосуда (рис. 5).

- При перемещении подвижной части цилиндра, или его дна, нормальное давление на стенку в пределах высоты h_n возрастает пропорционально падению вертикальной нагрузки.

- Если производить выпуск частиц сыпучей среды через отверстие в центре дна сосуда, нормальное давление на его стенки в пределах высоты от $\frac{h_n}{2}$ до h_n

возрастает и изменяется по тому же закону, как и при перемещении дна (рис.6), о чем свидетельствует совпадение кривых повышения нормального давления на датчик, установленный в стенке сосуда: A - при перемещении дна, B - в начале истечения из отверстия, расположенного в центре дна.

Аналогичные данные были получены при заполнении сосуда другой сыпучей средой.

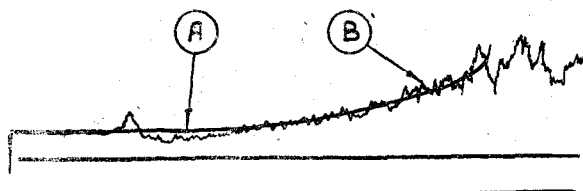


Рис. 6.

Осциллограмма нормального давления на датчик, установленный в стенке сосуда:

А - при перемещении дна;

Б - в начале истечения из отверстия, расположенного в центре дна.

ВЫВОДЫ

1. Нагрузка идеальной сыпучей среды на стенки глубокого цилиндрического сосуда возникает как следствие относительного смещения частиц внутри сыпучей среды и одновременно относительно неподвижных стенок. Во время загрузки сосуда и образования столба сыпучей среды вследствие явления предварительного смещения между частицами в пределах высоты столба h_n происходит сводообразование. Как следствие этого, непрерывно изменяются отношения величин вертикальной нагрузки на сечение столба сыпучей среды и на стенки сосуда. Повышение нагрузки на стенки (в пределах высоты от $\frac{h_n}{2}$ до h_n), наблюдаемое в начале истечения через отверстие в дне сосуда либо при перемещении дна (на высоте h_n), есть следствие явления предварительного смещения между частицами сыпучей среды и сопутствующего ему явления сводообразования.

2. Определение ожидаемой интенсивности нормального давления идеальной сыпучей среды на стенки глубокого цилиндрического сосуда (на какой - либо высоте h) при определенной шероховатости поверхности стенок и его геометрических размерах возможно при наличии величин основных параметров:

$$Q_0, \quad Q'_0, \quad Q \quad \text{и} \quad \rho$$

Интенсивность нормального давления на стенки:

$$p = \frac{\theta(1-\gamma)}{L \tan \rho} Q \quad \text{кг/см}$$

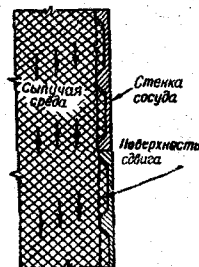
Максимальная интенсивность нормального давления на стенки на высоте h будет при минимальных значениях Q'_0 и угла ρ . Величины Q'_0 и ρ для всех сечений в минимальных значениях практически постоянны и равны:

$$Q'_0 = c; \quad \rho = \frac{\pi}{2} - \gamma_{nn}$$

В силу этого величина максимальной интенсивности нормального давления может быть определена уравнением:

$$p_{max} = \frac{\theta Q - c}{L \tan(\frac{\pi}{2} - \gamma_{nn})} \quad \text{кг/см}$$

3. Горизонтальная нагрузка от сыпучей среды на стенки глубокого сосуда пропорциональна коэффициенту θ , величина которого уменьшается по мере того, как возрастает шероховатость стенок. Поэтому для того, чтобы горизонтальные давления были минимальные, шероховатость стенок должна быть не меньше, чем шероховатость поверхности столба сыпучей среды при данной ее плотности.



Исходя из этих соображений, а также учитывая явление сводообразования при смещении части поверхности ограничивающую сыпучую среду, конструкцию стенок глубокого сосуда следует считать тогда рациональной с точки зрения величины и распределения горизонтальных нагрузок от столба сыпучей среды, когда поверхность стенок имеет периодические впадины и соответственно переменную жесткость (рис. 7).

Рис. 7.
Профиль стены глубокого сосуда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б е р н ш т е й н М.С. Форма истечения и давление зерна в силосах. "Строительная промышленность", 9-10, 1945.
2. К и м Р.С. Определение давления зерна в силосах. "Мукомольно-элеваторная промышленность", 1, 1955.
3. L u f f t Druckverhältnisse in Silozellen. Berlin, 1929.
4. Т а х т а м ы ш е в С.Г. Давление в силосах по опытным данным. Кандидатская диссерт., М.; 1954.
5. Ш у м с к и й Д.В. Элеваторно-складское хозяйство, ч. 2, 1944.
6. J a n s s e n Versuche über Getreidedruck in Silozellen. "Zeitschrift des VDI", 1895.
7. А н а т о л ь е в А.В., П л а т о н о в П.Н. Механизм передачи усилий в идеальной сыпучей среде. Труды Одесского технологического института им. Сталина, т. IX, 1958.

Е.И. Медведева
ассистент

О методе измельчения зерна
для определения содержания белков

В настоящей работе предлагается простой, экономный по времени метод измельчения зерна, дающий наиболее полное извлечение белков.

Сущность предлагаемого метода измельчения заключается в многократном (шестикратном) помоле на лабораторной мельничке вместо обычного растирания продукта со стеклянным песком.

Сравнительное изучение методов определения проведено на образцах пшеницы и ячменя при определении спирторастворимых белков (глюадин, гор - деин).

При изучении методов количественного определения глюадина мы обратили внимание на ряд обязательных условий успешного проведения анализа. Одним из таких условий, как указывают многие авторы [1,2,3,4,5,6], является степень измельчения исследуемого материала. Полнота извлечения белков зависит от степени измельчения анализируемого материала, т.е. от полноты разрушения либо повреждения всех клеток анализируемого объекта.

Из известных методов измельчения зерновых продуктов привлекает особое внимание метод, описанный Ермаковым [3]. По вышеуказанному методу анализируемый материал грубо измельчают на лабораторной мельничке, а затем тщательно растирают в фарфоровой ступке со стеклянным песком, чтобы полнее разрушить ткани. Для приготовления стеклянного песка стекло предварительно измельчают в

стукот и отсеивают фракцию, не проходящую через сито с отверстиями 0,5 мм, но проходящую через сито с отверстиями в 1,75 мм. Предложенная методика, связанная со специальным приготовлением стеклянного песка и длительным растиранием исследуемого образца, весьма трудоемка.

Мы поставили перед собой задачу найти менее трудоемкий метод измельчения зерна, но удовлетворительный по полноте извлечения белков.

Для проведения исследования было использовано зерно пшеницы сорта 164/48, ОД-3 и ячменя сорта "Южный" урожая 1953 г. (пшеницу и ячмень получили из Всесоюзного селекционно-генетического института им. Лысенко).

Из этого зерна мы готовили по 9 образцов муки. Для получения различной степени измельчения этих образцов изменяли зазор между дисками лабораторной мельнички в процессе помола:

- образец 1 (однократный помол) - зазор между дисками 0,6 мм;
- образец 2 (двукратный помол) - получен из образца 1 с дополнительным помолом при зазоре между дисками 0,3 мм;
- образец 3 (трехкратный помол) - получен из образца 2 с дополнительным помолом при сближении дисков до предела;
- образцы 4-9 (четыре - девятикратный помолы) - каждый из этих образцов получали из образца 3 с дополнительными помолами (от 1 до 6) на лабораторной мельничке при дисках, сближенных до предела.

В табл. 1 приведены данные о крупноте помолов муки пшеницы сорта 64/48, приготовленных по вышеуказанному методу.

Таблица 1 .

Крупнота частиц муки пшеницы сорта 164/48
различной степени измельчения (в %)

Величина частиц муки в микронах	Кратность помолов			
	Одно- кратный	трех- кратный	шести- кратный	девяти- кратный
крупнее 517 микрон	82,03	40,85	17,66	10,32
мельче 517 микрон	17,97	59,15	82,34	89,68
из них мельче 172 микрон	7,01	16,14	36,35	39,68

Аналогичные изменения крупноты частиц муки в зависимости от степени измельчения наблюдаются и у пшеницы сорта ОД-3 и ячменя сорта "Южный".

Из исследуемых образцов муки извлекались спирторастворимые белки (глиадин пшеницы и гордеин ячменя) по методу ассоциации агрохимиков США [5]. В табл. 2 представлены полученные результаты (средние данные из 6 - 8 параллельных определений).

Таблица 2.

Извлечение спирторастворимых белков
из образцов муки различной степени измельчения (в %)

Зерновая культура	Кратность помолов								
	одно крат- ный	2-х крат- ный	3-х крат- ный	4-х крат- ный	5-ти крат- ный	6-ти крат- ный	7-ми крат- ный	8-ми крат- ный	9-ти крат- ный
Пшеница сорта 164/48	2,71	3,98	4,55	4,63	4,97	5,23	4,85	4,52	4,47
Ячмень сорта "Южный"	1,89	2,82	3,26	3,26	3,67	3,70	3,31	3,26	3,35
Пшеница сорта ОД-3	1,88	2,91	3,88	-	-	4,60	-	-	4,45

Из данных табл. 2 видно, что наибольшего извлечения спирторастворимых белков удается добиться при шестикратном пропуске зерна через лабораторную мельничку. При дальнейшем увеличении кратности помолов процент извлечения спирторастворимых белков снижается, что возможно происходит за счет начинающейся механической денатурации белков зерна.

Полученные данные извлечения спирторастворимых белков (измельчение зерна по методике многократного помола, наилучший результат - шестикратный помол) мы сравнивали с результатами, получаемыми при измельчении по методу Ермакова. Результаты приведены в табл. 3.

Таблица 3.

Сравнительные результаты извлечения спирторастворимых белков
при измельчении зерна по Ермакову и
методом многократного помола (в %)

Исследуемый объект	Метод измельчения					
	Ермакова			многократный помол		
Пшеница сорта 164/48	4,53	4,66	4,60	5,23	5,19	5,23
	4,56	4,61	4,51	5,28	5,27	5,18
Пшеница сорта ОД-3	4,56	4,42	4,57	4,60	4,58	4,63
	4,59	4,58	4,57	4,61	4,62	4,56
Ячмень сорта "Южный"	3,62	3,68	3,56	3,69	3,71	3,71

Из данных табл.3 видно, что результаты извлечения спирторастворимых белков при измельчении по обоим методам получаются близкие, обладающие, однако, тенденцией к более полному извлечению белков при измельчении методом многократного помола. Если сравнить время, затрачиваемое на измельчение зерна, то получаются следующие результаты.

Метод многократного помола:

шестикратный помол на лабораторной мельничке 20 г зерна (количество, достаточное для ряда параллельных определений)
- 15 - 18 мин;

Метод Ермакова:

- а) приготовление стеклянного песка с частичками определенного диаметра - 35 - 40 мин.,
- б) предварительное грубое измельчение зерна в лабораторной мельничке - 5 мин.,
- в) растирание в фарфоровой ступке каждой навески исследуемого образца - 10 мин., так как проводят обычно не менее 3 параллельных определений, то на эту операцию затрачивают - 30 мин.

Всего затрачивают - 70-75 мин.

Анализ полученных данных говорит о следующем:

1. Сравнительное изучение методов измельчения зерновых культур путем растирания исследуемого образца со стеклянным песком (метод Ермакова) и путем многократного помола показало, что результаты получаются близкие. Однако более полное извлечение белков получено методом многократного помола.

2. Метод многократного помола более прост и времени на него затрачивается меньше.

Работа выполнена на кафедре органической химии Одесского технологического института под руководством проф. И.И. Ленарского.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белозерский А.Н. и Проскуряков Н.И. Практическое руководство по биохимии растений. Изд. Советская наука, 1951.
2. Демьянов Н.Я. и Прянишников Н.Д. Общие приемы анализа растительных веществ. Госхимтехиздат, 1934.

3. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Смирнова - Иконникова М.И., Мурри И.К. Методы биохимического исследования растений. Сельхозгиз, 1952.
4. Кизель А.Р. Практическое руководство по биохимии растений. Биомедгиз, 1934.
5. Озолин Н.И. Методы химического анализа зерна и продуктов его переработки. Заготиздат, 1941.
6. Тейлор Дж. Выделение белков. Сб. Белки, под ред. Г.Нейрата и К.Байли, т. I, 1956.

Е.И. Медведева,
ассистент

К вопросу о механизме
тепловой денатурации глиаина

Одной из основных задач химии природных высокополимеров в настоящее время является распознавание структуры и законов образования белковых веществ. Исследованию этого вопроса помогает изучение свойств белковых веществ в нативном состоянии и в процессе их изменения, в частности, при денатурации. Основные исследования как состава, так и строения проводились на белках животного происхождения. Белки растительного происхождения изучены крайне недостаточно. В силу этого мы поставили перед собой задачу исследования физико-химических свойств белков растительного происхождения при тепловой денатурации (как наиболее "чистого" вида денатурации, не связанного с внесением каких-либо веществ). Исходя из значимости глиаина в формировании клейковины и ее роли в хлебопечении, объектом исследования был выбран глиаин как белок, на долю которого приходится до $\frac{1}{3}$ всех белковых веществ пшеничного зерна [1].

Глиаин для исследования выделялся предложенным нами лиофильным методом [2] из озимой пшеницы сорта Московская 2453 урожая 1957 года, выращенной на опытной полеводческой станции Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева.

Характеристика глиаина (исходного и измененного в процессе денатурации) проводилась по следующим показателям:

1. Содержание общего азота - микро-методом Кьельдаля.
2. Характеристика аминокислотного состава методом восходящей хроматографии на бумаге [3].
3. Содержание аминного азота по методу Цуверкалова [4].
4. Реакционная способность гидроксильных групп тирозина методом Миллона - Вайса с видоизменениями Цуверкалова [5]. Исходные значения для нативного белка были приняты за 100.
5. Растворимость глиаина в десятикратном количестве 65% раствора этанола с последующим определением количества растворенного белка по азоту.

6. Удельное вращение в 65% растворе этанола. Проверка концентрации раствора проводилась микро-методом Кьельдаля и высушиванием до сухого остатка.

Исходный глиадин был охарактеризован по этим показателям и средние данные из 3 - 4 параллельных опытов приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Характеристика исходного глиадина

общий азот	--- 17,0 %
аминный азот	--- 1,94 %
реактивность OH-групп	--- 100
растворимость	--- 97,86 %
удельное вращение	--- - 83,3°
количество аминокислот	--- 15

Исходный глиадин подвергался тепловому воздействию. В работах Ленарского [6,7], Кретовича и Флоренской [8], Флоренской [9], Рорлиха [10] и др. [11-14] отмечается зависимость свойств денатурированного белка, степени денатурации его от температуры нагрева, времени действия температуры и от влажности исследуемого объекта. На основании этих показателей мы изучали тепловую денатурацию глиадина при различных сочетаниях этих трех факторов - влажности, температуры и времени теплового воздействия.

Влажность глиадина была выбрана нами потому, что глиадин является одним из основных белков пшеницы и в значительной мере обуславливает качество зерна и муки. Способность белковых веществ легко изменяться под влиянием разнообразных воздействий приводит к необходимости учитывать это при обработке зерна, в частности, при сушке влажного зерна. Знание происходящих при этом процессов помогает выработать рациональные режимы сушки зерна. Поэтому для исследования тепловой денатурации глиадина нами были выбраны влажности (18 и 20%), которые характеризуют зерно, подвергающееся сушке. Помимо этого изучалось влияние влажности 14%, являющейся кондиционной для пшеничного зерна Украины [15].

Для достижения заданных влажностей образцы глиадина помещались в закрытый сосуд с влажной атмосферой и выдерживались 1 - 2 суток в холодильнике для предотвращения нежелательных процессов развития микроорганизмов и т.п. Содержание влаги в образцах после увлажнения контролировалось методом высушивания до постоянного веса при 105° С. Таким образом были приготовлены три образца глиадина с влажностями 14,2 %, 18,1 % и 20,4 %.

Нагревание с целью денатурации глиадина различных влажностей проводили при 40, 50, 60 и 70° в закрытых стеклянных бюксах в сушильном шкафу с терморегулятором. Время действия каждой из указанных температур - 15, 30 и 60 минут. Для исследования было получено 36 образцов глиадина с различной степенью теплового воздействия. Эти образцы сравнивали с исходным глиадином по вышеперечисленным показателям.

Исследование денатурации животных белков показало [16], что изменение реактивности функциональных групп происходит главным образом вследствие измене-

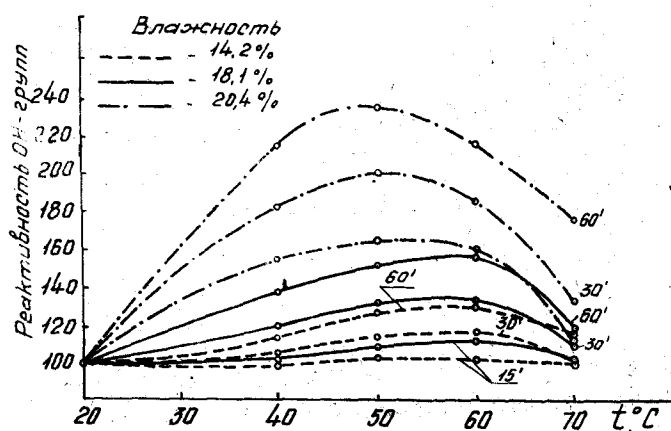
ний макромолекулярной структуры белка. Наличие "экранированных" групп, обнаруживаемых при помощи денатурации и химических реакций, дает основание полагать [17], что некоторые фенольные, сульфгидрильные и другие группы либо образуют лабильные связи, которые могут разрываться при денатурации, либо остаются стерически недоступными для химических реагентов до тех пор, пока структура белка не будет изменена.

Путнамом [18] и другими авторами высказываются различные предположения о причинах маскировки фенольных, сульфгидрильных, аминных и других групп. Эти явления пытаются объяснить пространственной недоступностью функциональных групп, водородными связями и даже образованием непептидных ковалентных поперечных связей. Сизер и Пикок [19], в частности, считают, что фенольные группы тирозина в белках находятся в связанном состоянии, причем наиболее вероятной связью этих групп с аминокетонами они считают водородную связь.

В результате денатурации белков, образующаяся новая "укладка" структурных элементов [16, 20], менее организована, связана с большей доступностью многих ее частей для различных воздействий, а поэтому и химическая активность отдельных радикалов и частей молекулы возрастает.

При исследовании нами тепловой денатурации глиаина по изменению реактивности гидроксильных групп тирозина и по содержанию аминного азота было обнаружено следующее.

График 1 .

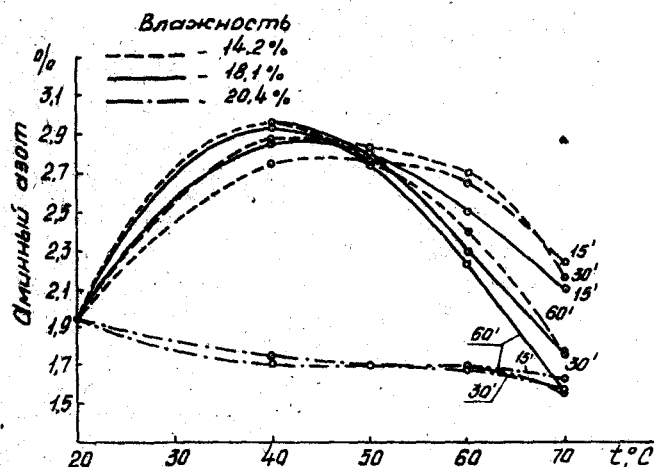


Первоначальное тепловое воздействие (см. график 1) в 40-50° С приводит к возрастанию реакционной способности гидроксильных групп тирозина. Причем, чем выше влажность и время теплового воздействия, тем больше нарастает реакционная способность OH-групп. На этой стадии тепловой денатурации вероятно происходят процессы, связанные с высвобождением "экранированных" групп. С увеличением количества воды (влажности) при одинаковом тепловом воздействии происходит все усиливающееся расщепление белковой молекулы в результате, возможно, разрыва

водородных связей, стерических причин. Ранее недоступные OH - группы тирозина становятся доступными и определяемое их количество резко возрастает. Однако процессы роста определяемого количества гидроксильных групп тирозина наблюдаются до некоторого предела. При 60 - 70° С наблюдаются процессы иного характера - происходит падение определяемого количества гидроксильных групп тирозина. Причем наиболее резкое падение наблюдается для глиаина 18,1 % влажности при 70° С, а для глиаина 20,4 % влажности - при 60° С. Вполне возможно, что высвобождающиеся при тепловом воздействии гидроксильные группы образуют какие - то новые связи, что приводит к уменьшению определяемого их количества. Из приведенных данных ясно, что изменения реактивности OH - групп тирозина при тепловой денатурации глиаина находятся в явной зависимости от трех факторов - влажности, температуры и времени ее воздействия.

В процессе тепловой денатурации глиаина изменяется не только реактивность гидроксильных групп, а также и содержание аминного азота (см. график 2).

График 2.



Так же, как и для OH - групп, на первых стадиях теплового воздействия при 40 - 50° С происходит нарастание определяемого количества аминного азота. Это, как и для других функциональных групп, может быть объяснено расщеплением белковой глобулы, разрывом водородных и других связей. Последующее тепловое воздействие, приводит к падению аминного азота, что наиболее резко происходит при 70° С для глиаина 14,2 % и 18,1 % влажности. Это изменение также согласуется с падением определяемого количества OH - групп тирозина. Таким образом, наши данные по исследованию глиаина подтверждают известные данные о первоначальном и о последующем взаимодействии гидроксильных и аминных групп.

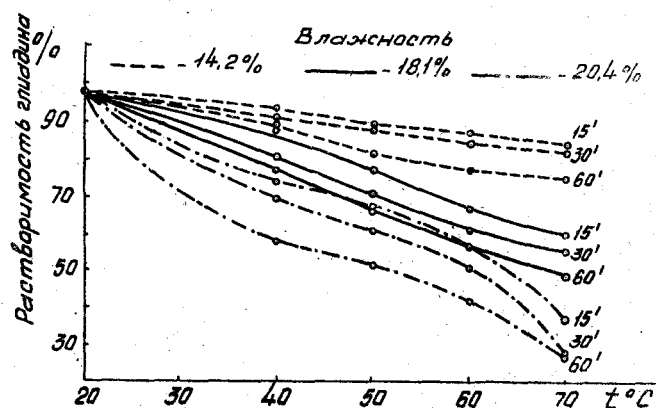
Для глиаина 20,4 % влажности аминный азот падает сразу же, на первоначальных стадиях теплового воздействия, изменяясь в дальнейшем весьма незначи -

тельно. Возможно, что процесс взаимодействия высвобождающихся при денатурации аминных и гидроксильных групп друг с другом не единственный путь изменения их определяемого количества. Наши данные о падении аминного азота при тепловой денатурации подтверждаются результатами ряда работ. Так, Рыжовой [21] при исследовании тепловой денатурации сывороточных белков было обнаружено падение аминного азота. Эти явления автор объясняла изменениями неоднородной структуры этих белков. Падение аминного азота наблюдала также Попадич [22] при изучении результатов теплового воздействия на белки клейковины.

На основании изменения реактивности гидроксильных и аминных групп можно предположить, что процесс тепловой денатурации глиаина идет по двум стадиям, состоит из двух последовательно протекающих процессов. На первой стадии происходит расщепление белковой молекулы, увеличивающееся с увеличением количества воды и ее расклинивающего действия. На второй стадии функциональные группы повышенной реактивности могут взаимодействовать друг с другом, что подтверждается уменьшением определяемого их количества.

Приведенное объяснение течения процесса тепловой денатурации глиаина подтверждается и при определении физических свойств - растворимости и удельного вращения.

График 3.



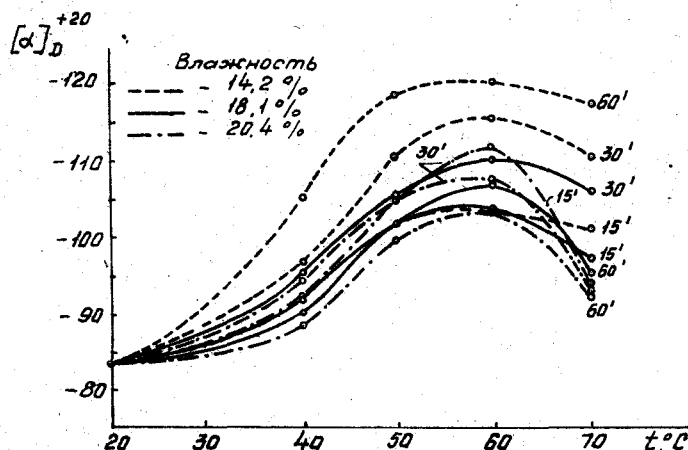
Падение растворимости глиаина (см. график 3) происходит незначительно при 14,2% влажности. Более резкое падение растворимости наблюдается с ростом влажности и теплового воздействия. Зависимость падения растворимости от времени теплового воздействия наименьшая. Особо резкое падение растворимости происходит при 70° C-для глиаина 18,1 % влажности и при 60° C-для глиаина 20,4 % влажности, т. е. в тех же точках, что и наиболее резкие изменения реактивности функциональных групп.

По данным ряда авторов [18,23] изменение растворимости является отражением процессов происходящих при денатурации и связано с нарушением структуры белков. По-видимому падение растворимости денатурированного глиаина указывает

на нарушения структуры, происходящие в этих условиях, связанные с уменьшением реактивности функциональных групп. Таким образом, на основании данных по растворимости также можно прийти к выводу о двух стадиях тепловой денатурации глиаина.

Подтверждением предположения о существовании двух стадий при тепловой денатурации является и изменение удельного вращения (см. график 4).

График 4.



Изменение оптической активности по данным некоторых авторов [24, 25] говорит о структурных превращениях белковой молекулы, об изменении ее конфигурации. Резкие изменения оптической активности, первоначальный рост (при 40 - 50° C), а затем падение (при 70° C) для глиаина 18,1% влажности и для глиаина 20,4% влажности (при 60° C) говорит о двух процессах изменения глиаина.

Постоянство общего азота и качественного аминокислотного состава дают основание полагать, что происходящие процессы представляют собой внутри- и межмолекулярные взаимодействия, не связанные с разрушением белковой молекулы.

Таким образом, на основании приведенного экспериментального материала можно сделать следующие выводы:

1. Свойства глиаина, подвергнутого тепловой денатурации, находятся в зависимости от трех факторов - влажности, температуры и времени теплового воздействия.

2. Процесс тепловой денатурации глиаина проходит по двум стадиям:

I стадия - расщепление белковой молекулы, с чем связано обнаруживаемое при этом повышение реактивности функциональных групп, удельного вращения и незначительное падение растворимости.

II стадия - внутри- и межмолекулярные взаимодействия, происходящие как за счет рацемизации, так и за счет взаимодействия функциональных групп друг с

другом. Эта стадия связана с резким падением реактивности функциональных групп, растворимости, удельного вращения и ее начало относится, по-видимому, к тепловому воздействию 70° С на глиадин 18,1 % влажности и 60° С на глиадин 20,4 % влажности.

ЛИТЕРАТУРА

1. К о з ь м и н а Н.П. и К р е т о в и ч В.Л. Биохимия зерна и продуктов его переработки. Заготиздат, 1956.
2. М е д в е д е в а Е.И. "Известия высших учебных заведений Министерства высшего образования СССР. Пищевая технология", № 4, 1958, стр. 163 - 165.
3. Р е з н и ч е н к о М.С., К о л е с о в В.М., П о л о т н о в а Л. И., Ч у б а ч и н а Н.А. "Биохимия", 21, вып. 2, 1956, стр. 258 - 267.
4. Ц у в е р к а л о в Д. "Биохимия", 6, вып. 3, 1941, стр. 243 - 245.
5. Б л о к Р., Б о л л и н г Д. Аминокислотный состав белков и пищевых продуктов, ИЛ, М., 1948, стр. 112.
6. Л е н а р с к и й И.И. сб. Биохимия зерна, 1, 1951, стр. 114.
7. Л е н а р с к и й И.И. Денатурация белков и изменения свойств зерна при сушке и тепловой обработке, докт. дисс., М., 1951.
8. К р е т о в и ч В.Л. и Ф л о р е н с к а я Т.Г. сб. Биохимия зерна, 4, 1958, стр. 56.
9. Ф л о р е н с к а я Т.Г. Влияние повышенных температур на белки и ферменты пшеничного зерна, канд. дисс., М., 1956.
10. Р о р л и х М. Труды III международного хлебного конгресса, ИЛ, М., 1958, стр. 358 - 366.
11. K i s s e l b a c h G.A. J. Am. Soc. of Agronomy, 31, N 6, 1939, 489.
12. H u t c h i n s o n J.F., B o o t h R.G. J.Soc.Chem.Industry, 65, N 8, 1946.
13. L o c k w o o d J.F. Flour Milling, New York, 1952.
14. K e n t - J o n e s D.W., A m o s A.G. Modern Cereal Chemistry, Liverpool, 1947.
15. К н я г и н и ч е в М.И. Биохимия пшеницы, Сельхозгиз, 1951.
16. Ц ы п е р о в и ч А.С. "Успехи химии", 25, вып. 9, 1956, стр. 1173.
17. П у т н а м Ф. сб. Белки, под редак. Г. Нейрата и К. Бейли, 1, ИЛ, М., 1956.
18. П у т н а м Ф. сб. Белки, под редак. Г. Нейрата и К. Бейли, 2, ИЛ, М., 1956.
19. S i z e r J.W., P e a s o c k A.G. J.Biol. Chem., [7], N 2, 1947, 767.
20. В е н д т В.П., Ц ы п е р о в и ч А.С. "Укр. биох. журнал", 22, № 1, 1950, стр. 63 - 66.
21. Р ы ж о в а Р.В. "Коллоидный журнал", 4, вып. 2-3, 1938, стр. 149 - 155.
22. П о п а д и ч И.А. "Хлебопекарная и кондитерская промышленность", № 1, 1957, стр. 21 - 25.
23. Т р и с т р а м Г. сб. Белки, 1, ИЛ, М., 1956.
24. Д о т и П. и Г е й д у ш е к Е. сб. Белки, 2, ИЛ, М., 1956.
25. S c h e l l m a n J.A., S c h e l l m a n Ch.G. Arch. Biochem. and Biophys., 65, N 1, 1956, 58-69.

О Г Л А В Л Е Н И Е

1. А.М. Дзялзю, П.И. Воронков. XXXV лет ОТИ им. Сталина.	5
2. Н.Т. Мерко. Исследование технологической эффективности вальцовых станков размольных систем с различными диаметрами вальцов.	12
3. Н.В. Остапчук. Производительность вальцового станка в зависимости от подачи продукта к вальцам.	18
4. И.Г. Файт. К вопросу сортирования и очистки зерна на кривошипном сите.	29
5. В.В. Дорошевский. К вопросу об аэродинамических измерениях в пневмотранспортных и обеспыливающих вентиляционных установках.	38
6. А.В. Анатолев. Распределение давления сыпучей среды на стены и дно глубокого цилиндрического сосуда.	43
7. Е.И. Медведева. О методе измельчения зерна для определения содержания белков.	50
8. Е.И. Медведева. К вопросу о механизме тепловой денатурации глиаина.	55

Подписано к печати 1/X-59 г. БР 08702

4 печ.л.; тираж 1000 экз.

Редактор И.Д. Розенфельд

Отпечатано в п.л. ОТИ, зак. 18