

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ОДЕССКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ МУКОМОЛЬНОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ЭЛЕВАТОРНОГО ХОЗЯЙСТВА  
имени И. В. СТАЛИНА

---

XXV

1922 — 1947

# ТРУДЫ ИНСТИТУТА

ТОМ II

Одесса — 1948 год

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Канд. техн. наук, доцент ЗОЛОТАРЕВ С. М. (ответств. редактор)  
Доктор техн. наук, профессор ГИРШСОН В. Я.  
Канд. техн. наук, доцент ДЕМИДОВ П. Г.  
Канд. техн. наук, доцент ПАНЧЕНКО А. В.  
Канд. техн. наук, доцент ПЛАТОНОВ П. Н.  
Канд. техн. наук, доцент БАРЕР Г. О.  
Канд. техн. наук, доцент ДЗЯДЗИО А. М.  
Старший преподаватель ФАТЕЛЕВИЧ Д. С.

«За процветание науки, той науки, которая не отгораживается от народа, не держит себя вдали от народа, а готова служить народу, готова передать народу все завоевания науки, которая обслуживает народ не по принуждению, а добровольно, с охотой».

И. СТАЛИН.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Успехи современной технологии мукомольного, крупяного производства и хранения хлебопродуктов в СССР были бы немыслимы, если бы наша технология не базировалась на успехах науки, науки не ради науки, а науки, поставленной на службу советскому социалистическому хозяйству.

Практическое применение и внедрение химии, биохимии и микробиологии, а в последнее время физической и коллоидной химии, комплексное сочетание механической технологии, физико-химических процессов с химико-технологическими особенностями и показателями качества зерна и готовой продукции, — нашли яркое отражение именно в работах советских ученых и исследователей, разрабатывающих вопросы науки о зерне, его подготовке, обработке, «обогащении» и переработке в муку и крупу.

С другой стороны, новаторы советской техники хранения и переработки зерна, на основе всенародного социалистического соревнования, во взаимодействии с наукой, обогащают ее новыми методами, новыми достижениями.

Имеющимся успехам и достижениям в современной теории и практике переработки зерна мы многим обязаны трудам наших русских ученых — основоположников теории мукомольного производства: проф. Санкт-Петербургского Технологического института Афanasьева, выпустившего в 1876 году свою книгу «Мукомольные мельницы», которая по содержанию и глубине разработки и постановки вопросов, безусловно, явилась лучшей монографией во всей мировой литературе того времени, трудам проф. Зворыкина (1894 г.), проф. Козьмина (1912 г.), проф. Богомаза (1925 г.).

Не раболопствуя перед буржуазной наукой, зарубежными авторитетами и марками, советские научные работники мукомольно-крупяной промышленности и элеваторного хозяйства дали немало трудов, являющихся единственными по глубине разработки и практической значимости. В качестве примеров следует указать на труды проф. Л. А. Трисвятского в области микробиологии и хра-

нения зерна, проф. Н. П. Козьминой и проф. В. Л. Кретовича в области химии зерна, проф. В. Я. Гиршсона в области технологии мукомольного производства, проф. В. С. Смирнова в области физико-химического контроля мукомольно-крупяного производства, доц. А. В. Панченко в области вентиляционных установок, доц. В. Я. Белецкого в области теории машин и механизмов.

Опубликованная в 1947 г. проф. Я. Н. Куприцем монография «Физико-химические основы размола зерна», как представляющая весьма ценный вклад в науку о зерне, удостоена Сталинской премии.

Проф. Куприц, изучая зерно, отдельные части которого имеют различную структуру, различные физические и химические характеристики и свойства, доказал, что процесс размельчения зерна нельзя рассматривать только с точки зрения механического воздействия на него деформирующих механизмов без анализа всего комплекса физико-механических и физико-химических явлений и процессов, лежащих за пределами чисто механического воздействия, но играющих весьма важную роль в процессе дробления и измельчения зерна.

В результате своей многолетней работы проф. Куприц глубоко научно разработал вопросы «обогащения» зерна, основанные на процессе кондиционирования его, разработал новые принципы технологической оценки зерна и методы его переработки, исходя из задачи максимального использования потенциальных технологических ресурсов, заложенных в зерне пшеницы и ржи.

Проф. Куприц одновременно разрешил весьма важную народно-хозяйственную проблему, доказав возможность при более совершенном процессе подготовки зерна вырабатывать из ржи не только обойную муку, но и высокие сорта ржаной муки.

В сокровищницу советской теории и практики мукомольно-крупяного производства и элеваторно-складского хозяйства внесли весьма ценный вклад много других научных работников и воспитанников наших институтов, техникумов, работники промышленности и новаторы советской техники хранения и переработки зерна.

Разработанные в 1935—1938 гг. проекты мельничного комбината, 8 рисозаводов и 6 элеваторов для Ирана ознаменовали собой факт победы советской инженерной мысли, наглядно и убедительно продемонстрировали преимущества советских проектов перед заграничными.

Нашими же советскими инженерами и техниками указанные выше проекты в установленные сроки были осуществлены с использованием оборудования отечественного производства, что также знаменовало победу советского мельничного машиностроения, развившегося в России лишь после Великой Октябрьской социалистической революции.

Наконец, при проектировании мельничного комбината им. С. М. Кирова в г. Ленинграде наши советские инженеры впервые

решили задачу создания крупной многосекционной мельницы с расположением одноименных машин на одном этаже, в отличие от принципа многоэтажного расположения вальцевых станков и рассевов, применяемого в такого рода строительстве в Западной Европе.

При этом советскими инженерами были доказаны технические и экономические преимущества такого принципа проектирования, не говоря уже о том, что по своему техническому оснащению, строительному и архитектурному оформлению и предусмотренным эксплуатационным удобствам этот комбинат, как и ряд других комбинатов, построенных в 1936—1940 гг. (в гг. Тбилиси, Баку, Прокопьевске, Ворошиловграде, Еревани, Потти), превосходят наиболее современные мельницы Европы и Америки.

Эти достижения стали возможными только потому, что наша материалистическая наука, основанная на марксистско-ленинском мировоззрении, всепобеждающая сила которого подтверждена всем ходом и опытом истории, не отгорожена от народа и не держит себя вдали от народа, а наоборот, служит и помогает народу во всех его трудах и подвигах, служит практике социалистического строительства и в настоящее время исходит из исторических задач, поставленных И. В. Сталиным перед советским народом, «...в кратчайший срок залечить раны, нанесенные врагом нашей стране, — и восстановить довоенный уровень развития народного хозяйства с тем, чтобы значительно превзойти в ближайшее время этот уровень, повысить материальное благосостояние народа и еще больше укрепить военно-экономическую мощь Советского государства».

Коммунистическая партия, советское правительство и лично товарищ Сталин — корифей передовой науки — уделяют исключительно большое внимание и оказывают всестороннюю помощь и поддержку развитию и расцвету прогрессивной науки в нашей стране, ценящей наследие и традиции, но не боящейся отвести все отжившие, реакционные и враждебные народу учения, ведущей борьбу с раболопием и низкопоклонством перед буржуазной наукой.

В советской стране, — стране, где труд стал делом чести, славы, доблести и героизма, труд ученого, дерзающего в поисках новых путей и способов управления природой на благо человечества, — является трудом благородным и почетным.

И именно поэтому «советские ученые должны обогащать нашу страну новыми достижениями во всех областях науки и техники, вооружать наш народ новыми более производительными методами работы как в промышленности, так и в сельском хозяйстве, новыми научными трудами, обобщающими огромный опыт социалистического строительства в нашей стране, трудами, раскрывающими пути движения нашей страны к коммунизму». (Кафтанов).

Одесский институт инженеров мукомольной промышленности и элеваторного хозяйства им. И. В. Сталина, отметивший в 1947 го-

ду 25 лет своего существования, дал за эти годы стране около двух тысяч инженеров, успешно работающих в мукомольно-крупяной промышленности и элеваторном хозяйстве СССР. Являясь старейшим учебным заведением в этой отрасли промышленности, институт создал свою школу в области технологии мукомольного производства, существенно влияя через массы своих воспитанников на развитие нашей мукомольно-крупяной промышленности, значение которой лаконично и образно было подчеркнуто товарищем Сталиным: «Армия не может воевать и побеждать без современного вооружения. Но она не может также воевать и побеждать без хлеба, без продовольствия».

Этим высказыванием товарищ Сталин приравнивает по значению ту отрасль промышленности, которую обслуживает институт, к вооружению. Такое сопоставление ко многому обязывает коллектив работников нашего института, заставляя его на деле оправдать то внимание, которое уделяли и уделяют партия и правительство институту.

Немецко-фашистские оккупанты, разрушив один из основных корпусов, расхитив и уничтожив значительную часть оборудования лабораторий, кабинетов и учебно-исследовательских предприятий, не смогли все же прекратить работы нашего учебного заведения, готовящего инженеров, командиров тех отраслей пищевой индустрии, которые производят важнейшие виды продовольствия — муку и крупу. За годы Великой Отечественной войны, несмотря на трудности работы в эвакуационных условиях в г. Ташкенте, институт выпустил около трехсот инженеров, оказывая вместе с тем большую помощь мукомольной промышленности Узбекистана.

За четыре года, прошедших со времени освобождения Одессы, институт восстановил значительную часть лабораторий и успешно ведет восстановление сожженного фашистами главного учебного корпуса.

Настойчивая работа по восстановлению института создает условия для развертывания его научно-исследовательской работы, в которой институт, наряду с подготовкой инженерных кадров, видит одну из важнейших своих задач.

Обеспечение дальнейшего технического прогресса ставит перед нашими учеными и исследователями, перед новаторами советской техники хранения и переработки зерна ряд задач в области:

1. Изучения зерновых богатств нашей страны и разработки социалистического заказа селекционерам сельского хозяйства, вооруженных передовой и прогрессивной мичуринской наукой, по выращиванию сортов зерна с нужной для нашей промышленности технологической характеристикой;

2. Дальнейшего совершенствования и внедрения комплексных биохимических, физико-химических и механических способов и методов обработки, «обогащения» и переработки зерна, в целях максимального извлечения эндосперма из зерновых злаков при высо-

ком качестве вырабатываемой продукции и роста производственно-технических возможностей нашей промышленности, на базе рационального использования и модернизации действующего оборудования, создания новых современных конструкций машин и аппаратов, передовых в научном и техническом отношении, на базе изучения и обобщения опыта и достижений новаторов и стахановцев нашей промышленности;

3. Разработки теории и практики производства комбинированных и концентрированных кормов, столь необходимых для социалистического животноводства;

4. Завершения процесса автоматизации мукомольно-крупяного производства, разработки и внедрения автоматического регулирования и контроля отдельных машин и технологического процесса в целом;

5. Внедрения в нашу промышленность современных достижений энергетики, способов и методов механизации трудоемких операций и процессов; разработки наиболее рациональных в техническом и экономическом отношении приводов машин;

6. Дальнейшего изучения процессов и технологии хранения зерна и продуктов его переработки; дальнейшей разработки статистики, кинетики и динамики зерносушильного процесса и обоснования оптимальных вариантов процесса наиболее рациональной многоступенчатой сушки зерна; разработки и освоения новых методов сушки зерна (вакуум-сушки, пневмо-сушки, сушки инфракрасными лучами и токами высокой частоты); создания новых наиболее экономичных конструкций стационарных и передвижных зерносушильных аппаратов;

7. Разработки наиболее рациональных и экономичных типов мукомольных, крупяных, комбикормовых предприятий и элеваторов; разработки скоростных и высококачественных методов строительства, монтажа и ремонта технологического оборудования;

8. Изучения и обобщения опыта организации советского мукомольно-крупяного производства и элеваторно-складского хозяйства; дальнейшей разработки и совершенствования методов социалистического планирования и учета в нашей промышленности.

Этим кратким перечнем, конечно, не ограничиваются задачи, стоящие перед советскими учеными, инженерами, техниками и практиками нашей промышленности в области развития науки и производства, создания изобилия продуктов в нашей стране, как одного из важнейших условий перехода от социализма к коммунизму. Особенно в нынешних условиях от творческой работы каждого ученого, инженера, технолога, новатора, изобретателя, рационализатора зависит дальнейший технический прогресс в советском производстве, в результате которого, на базе новой техники во главе с людьми, овладевшими ею, возможен невиданный рост производительности труда, что в конечном счете является самым главным, самым важным для полной победы коммунизма в нашей стране.

Настоящий выпуск «Трудов института» является первым послевоенным изданием «Трудов». В данном выпуске использована только небольшая часть трудов научных работников института. В недалеком будущем институт намеревается опубликовать остальные, неизданные в течение прошлых лет работы.

Институт обращается с просьбой к читателям адресовать все свои критические замечания и пожелания в адрес института (г. Одесса, Свердлова, 112).

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Кандидат технических наук,  
доцент ЗОЛОТАРЕВ С. М.

Кандидат технических наук,  
доцент ДЕМИДОВ П. Г.

## XXV ЛЕТ РАБОТЫ ИНСТИТУТА

(1922 — 1947 г.г.)

Краткий исторический очерк

### 1. ОРГАНИЗАЦИЯ ИНСТИТУТА И ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЕГО ДО ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

(1922 — 1941 г.г.)

Двадцать пять лет тому назад, 22 июня 1922 года, в г. Одессе было открыто единственное в СССР высшее учебное заведение по подготовке высококвалифицированных специалистов для мукомольно-крупяной промышленности и элеваторного хозяйства, именовавшееся тогда Одесским Техникумом Технологии Зерна и Муки. По существовавшему в то время законоположению о профтехническом образовании на Украине, техникум являлся высшим учебным заведением, готовившим инженеров узкой специальности. Техникум был организован на базе б. Одесского среднего Мельнично-технического училища, по инициативе выдающегося русского специалиста инженера-мукомола, профессора Богомаза Константина Андреевича.

Открытие этого учебного заведения явилось большим вкладом в дело развития отечественного мукомолья. Мукомольная промышленность дореволюционной России, насчитывавшая более тысячи товарных и полутоварных мельниц, разбросанных по всем уголкам нашей необъятной страны, строилась почти исключительно иностранными специалистами и иностранными фирмами. Существовавшие в то время в России мельнично-строительные фирмы, по существу, являлись представителями иностранных фирм, заинтересованных в распространении мельничного оборудования заграничных заводов.

Царская Россия мало заботилась о развитии отечественного мукомолья, мало уделяла внимания и подготовке своих специалистов, вследствие чего все строительство новых мельниц товарного типа осуществлялось, главным образом, иностранными специалистами. Все это тормозило развитие техники отечественного

мукомолья и способствовало еще большему внедрению заграничного капитала в мукомольную промышленность царской России.

В дореволюционный период в России не было высших специальных учебных заведений, готовящих инженеров для мукомольной промышленности, и лишь только некоторые институты (б. Петербургский Технологический Институт, Харьковский Технологический Институт, Киевский Политехнический Институт) давали возможность при окончании института специализироваться по технологии мукомольного производства и избрать темой дипломного проекта мельницу. Однако, указанные выше учебные заведения не имели ни специальных факультетов, ни кафедр, обеспечивающих глубокое изучение технологии мукомольного производства и проектирования мельниц, а поэтому число студентов, желающих специализироваться по этой отрасли промышленности, было крайне незначительно. Достаточно указать на то, что с 1873 года, т. е. с самого начала выпуска инженеров по этой специальности в России, и по 1914 г. число инженеров, окончивших по этой специальности, было не более 20 человек, а число инженеров, осевших непосредственно в мукомольной промышленности, и того менее. Таким образом, подготовка высококвалифицированных инженеров для мукомольно-крупяной промышленности и элеваторного хозяйства в России осуществляется лишь только после Великой Октябрьской социалистической революции.

Вот почему роль Института в деле развития науки и промышленности, а также подготовка кадров для одной из главнейших отраслей народного хозяйства СССР — мукомольной промышленности и элеваторного хозяйства — является особенно выдающейся.

Будучи первоначально в ведении Главпрофобра УССР, а затем с 1933 года в ведении Комитета Заготовок сельскохозяйственных продуктов при СНК СССР, — вновь организованное высшее учебное заведение несколько раз меняло свое наименование и свою организационную структуру и, постепенно развиваясь, вышло на широкую дорогу своей творческой деятельности.

В первые годы своего существования (1922 — 1925) техникум не имел надлежащей учебной базы, т. к. унаследованная им от б. мельнично-технического училища учебная база не могла обеспечить нормальной жизни техникума, как высшего учебного заведения. Тяжелый период разрухи народного хозяйства России, после первой империалистической войны, не давал возможности осуществить не только организацию новых учебных учреждений техникума (лабораторий, кабинетов и т. д.), но даже не давал возможности нормально проводить учебные занятия в аудиториях. Учебная жизнь техникума протекала в здании б. мельнично-технического училища, находящегося в рабочем районе на окраине г. Одессы — Пересыпи, по Московской ул. д. № 24. Здание имело 20 учебных помещений общей кубатурой в 4055 куб. м. Учебная база состояла из одной мукомольной лаборатории, физического кабинета, столярной и слесарной мастер-

ских, чертежной и библиотеки. Естественно, что такая учебная база не могла удовлетворить даже самых минимальных требований учебного процесса.

Проф. К. А. Богомаз, читая специальные курсы в Одесском Политехническом Институте, при содействии ректора Института, выдающегося ученого — математика и механика проф. Суслова Г. К., получил возможность широко использовать учебную базу Института, а главное — привлечь к работе в техникуме выдающихся профессоров (проф. Пинегин В. Н., проф. Минаев Л. В. и др., а также профессоров Университета: проф. Дебу К. И., проф. Сербинова И. Л. и др.). Это дало возможность в значительной степени поднять авторитет техникума как молодого высшего учебного заведения, и привлечь учащуюся молодежь. Управление техникумом было возложено на проф. К. А. Богомаза (управляющий), П. Г. Демидова (пом. управляющего по учебной части), Левицкого Л. О. (политрук), инж. Кольмана Б. Э. (пом. управляющего по хозяйственной части).

Техникум имел один факультет по технологии зерна и муки с двумя отделениями: а) технологическое, б) механическое. Учебный план был рассчитан на 5 лет. Лица, окончившие техникум и выполнившие дипломное задание, получали звание инженера-технолога или механика по мукомольной специальности.

Согласно учебному плану, в техникуме читались следующие предметы:

1. Исторический материализм,
2. Диалектический материализм,
3. Политическая экономия,
4. Высшая математика,
5. Теоретическая механика,
6. Физика,
7. Органическая и неорганическая химия,
8. Аналитическая геометрия,
9. Техническое черчение,
10. Графостатика,
11. Железобетон,
12. Строительное дело,
13. Мельнично-техническое черчение,
14. Теплотехника,
15. Гидравлика,
16. Электротехника,
17. Экономика мукомольной промышленности,
18. Иностранный язык (немецкий),
19. Украинский язык,
20. Противопожарная охрана,
21. Технология зерна и муки,
22. Механическое оборудование мельниц,
23. Курсовые проекты мельниц, хлебозавода, маслозавода,
24. Работа в лабораториях по технологии зерна и муки,
25. Работа в слесарных и столярных мастерских,

26. Производственная практика на мельницах,  
27. Дипломный проект.

Дальнейшее увеличение приема учащихся, а также изменение программы учебного процесса, вскоре потребовало и расширения учебной базы. В 1924 г. Институту было передано во временное пользование здание по ул. Щепкина № 5 (рис. 1), принадлежавшее ранее частному коммерческому училищу Файга Г. Ф. Это дало возможность в значительной степени расширить учебную базу, вновь организовав ряд лабораторий и кабинетов.



Рис. 1

Были вновь организованы лаборатории: зерновая, микробиологическая, физический кабинет, чертежные, библиотека и аудитории для учебных занятий.

Первый выпуск инженеров-мукомолов Одесского Техникума Технологии Зерна и Муки был произведен в 1926 г., в количестве 8 человек, а второй — в 1927 г. в количестве 5 человек.

Еще с первого года своего существования Техникум стремился наладить тесную связь с мукомольной промышленностью, так как это было необходимо для его дальнейшего развития. Этому способствовала учебно-производственная практика студентов, направляемых на мельницы в различные места нашего Союза, а также острая нужда в специалистах, испытываемая промышленностью в период восстановления изношенных мельниц и строительства новых предприятий. При техникуме были также организованы курсы для повышения квалификации мельничных рабочих.

Нужда в специалистах высокой квалификации была настолько велика, что хозяйственные организации мукомольной промышленности (Союзмука, Укрхлеб и др.) проводили добровольную контрактацию студентов старших курсов с тем, чтобы они после окончания были бы направлены на работу в эти организации. Благодаря помощи со стороны промышленности, в 1927 году началось строительство учебно-производственной мельницы производительностью 35 тонн сортового помола в сутки, которое было закончено в 1929 г.

Наличие собственной учебно-производственной мельницы дало возможность привить студентам необходимые практические навыки, столь необходимые для молодого инженера, идущего на работу непосредственно на производство.

Существовавшие при Техникуме двухгодичные подготовительные trimestры были выделены в 1923 году в самостоятельную мельничную профшколу, готовящую для мукомольной промышленности квалифицированных рабочих (рассевных, вальцевых, шертовщиков, помкрупчатников и др.).

В 1925 году профессорско-преподавательский персонал Техникума значительно пополнился высококвалифицированными специалистами мукомольного дела, как-то: проф. Гиршсон В. Я., инж. Ярошевский М. С., инж. Гейштор А. Д., инж. Домбровский Г. Д.

В 1928 году Техникум был переименован в Одесский Политехникум Технологии Зерна и Муки. В 1930 году вновь был открыт хлебопекарный факультет, таким образом Политехникум имел три факультета: технологический, механический и хлебопекарный с общим числом студентов 343 человека и 34 чел. профессорско-преподавательского персонала.

В мае месяце 1929 г. проф. К. А. Богомаз передал должность Управляющего Политехникумом вновь назначенному директору инженеру Ланда Л. М., окончившему Одесский Техникум Технологии Зерна и Муки в 1927 году, а заведывание учебной частью было передано профессору Гиршсону В. Я.

3-го ноября 1929 года умер проф. К. А. Богомаз. Это было большой потерей для коллектива Института.

Профессорско-преподавательский персонал вновь пополнился специалистами, — проф. Бардышев М. М. (технология мукомольного производства), учебный план Политехникума несколько изменился в сторону расширения как общеобразовательных, так и общинженерных дисциплин. За период деятельности Политехникум окончило 16 человек, из них: 8 человек инженеров-механиков и 8 человек инженеров-технологов.

В 1929 году учебное заведение вновь претерпело реорганизацию учебного процесса вследствие больших требований, предъявляемых быстро растущей мукомольной промышленностью и элеваторным хозяйством к подготовке значительного количества инженеров различных специальностей. Прием в Политехникум значительно увеличился и достиг к началу 1929 г. до 394 человек.

В 1929 г. Политехникум был переименован в Одесский Институт Технологии Зерна и Муки им. И. В. Сталина. С этого периода начинается бурный рост учебной жизни Института.

Институт имел следующие факультеты: 1) технологический, 2) механический, со специальностями: а) механико-конструкторский, б) теплотехнический, в) электротехнический, 3) хлебопекарный, 4) комбикормовый и 5) инженерно-организаторский. В дальнейшем некоторые из этих факультетов были ликвидированы на основании постановления ЦИК СССР от 19. IX 1932 года, а студенты были переведены на факультеты, утвержденные Всесоюзным Комитетом Высшего Технического Образования.

В 1931 году был организован химический факультет для подготовки инженеров по техно-химическому контролю на мельницах, крупозаводах и элеваторах. В 1930 г. хлебопекарный факультет был выделен в самостоятельный Институт в г. Одессе, затем был переведен в гор. Пуганск, а позднее в г. Москву. С 1931 года по январь 1934 года существовал вечерний Институт для подготовки инженеров мукомольно-крупяной промышленности и элеваторного хозяйства без отрыва от производства.

С 1930 г. по 1934 г. при Институте существовал заочный сектор для подготовки инженеров и техников по мукомольно-крупяной промышленности и элеваторно-складскому хозяйству. С 1929 г. был основан экстернат для повышения квалификации инженерно-технических работников мельниц, крупозаводов и элеваторов из лиц, имеющих большой производственный стаж и среднее техническое образование по специальности.

В связи с внедрением в мукомольную промышленность новых, более сложных методов переработки зерна в сортовую муку, при Институте были организованы курсы по повышению квалификации крупчатников, заведующих Т.Х.К., работавших на мельницах Главмуки.

В период с 1929 г. по 1932 г., т. е. после реорганизации Политехникума в Институт, последний выпустил 244 инженера, из них: инженеров-механиков 66 чел., инженеров-технологов — 132 чел., инженеров-конструкторов — 16 чел. (1-й выпуск 1931 г.); инженеров-хлебопеков — 10 чел. (1-й выпуск 1931 г.); инженеров-теплотехников — 20 чел. (1-й выпуск 1932 года).

В 1930 году учебная база Института вновь расширилась за счет получения во временное пользование б. 5-й мужской гимназии по улице Чижикова № 13. Здание это было приспособлено, главным образом, для лабораторий по химии и по технологии мукомольного производства.

Все увеличивающееся число студентов Института, в связи с открытием новых факультетов, потребовало значительного расширения учебной базы Института. Занимаемые Институтом здания по ул. Щепкина № 5 и по ул. Чижикова № 13 не могли удовлетворить требованиям учебного процесса как по своей площади, так и по своей непригодности к учебному процессу, тем более — здание по ул. Чижикова № 13 находилось во временном

пользовании Института. Это обстоятельство побудило руководство Института возбудить ходатайство перед правительством о строительстве на выделенной территории новых специально приспособленных для учебных целей зданий Института. Проект нового строительства был утвержден в 1930 году и состоял из главного учебного корпуса объемом 47.000 куб. м., лабораторного корпуса объемом 34.000 куб. м. и студенческого общежития объемом 21.908 куб. м. на 800 мест. Под строительство была выделена Городским Советом площадь в 6 га, находящаяся в южной загородной части г. Одессы по улице Свердлова 112. Новое строительство было начато в 1930 году. Главный учебный корпус был начат в 1930 году, закончен в 1932 году; студенческое общежитие начато в 1933 году, закончено в 1935 году; лабораторный корпус начат в 1937 году, закончен полностью в 1940 году — рис 2, 3, 4. (На рис. 2 показан учебный корпус, разрушенный оккупантами в 1944 году и в настоящее время восстанавливаемый).

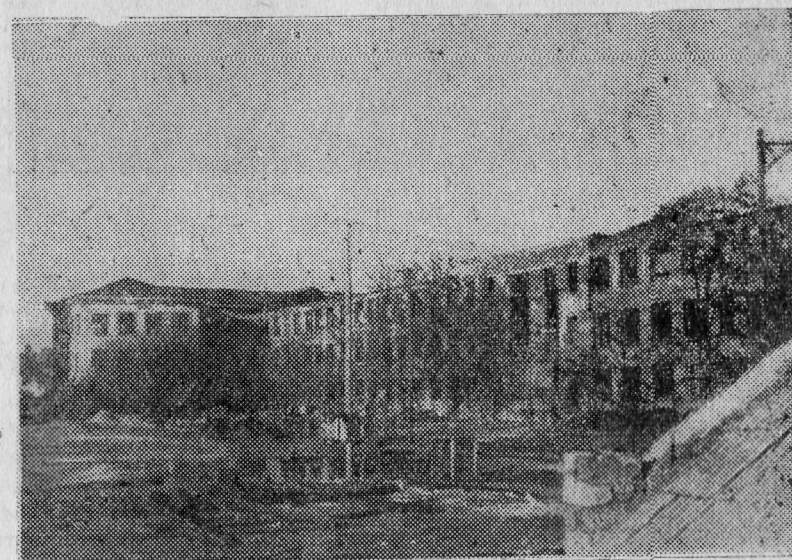


Рис. 2

Последовательность расширения учебных помещений Института с 1922 г. по 1941 г. характеризуется нижеследующими данными:

- 1) 1922 г. — одно здание — 4.055 куб. м.
- 2) 1924 г. — два здания — 35.000 куб. м.
- 3) 1932 г. — одно здание — 47.000 куб. м.
- 4) 1940 г. — два здания — 81.700 куб. м.  
студ. общежит. — 21.908 куб. м.

Общая кубатура зданий нового строительства равна 103.608 куб. м.



Рис. 3

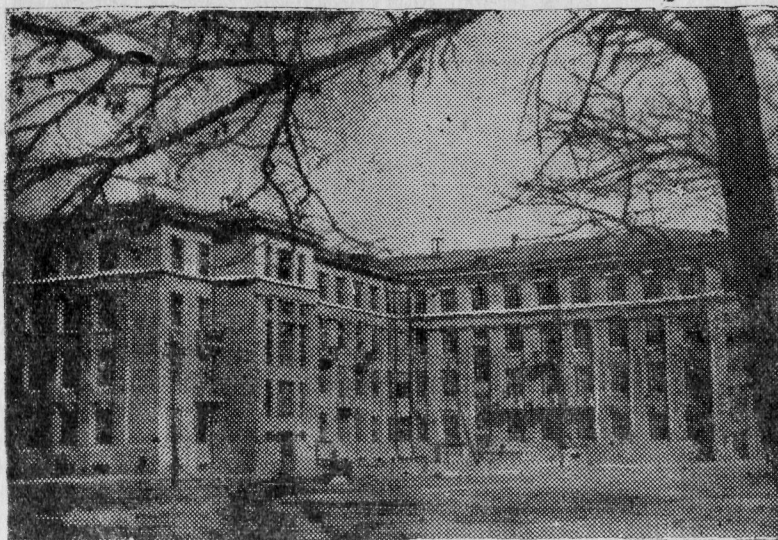


Рис. 4

В 1939 году Институт полностью разместился в новых зданиях, оставив все ранее предоставленные ему во временное пользование здания. Осуществление нового строительства дало возможность Институту значительно расширить учебную базу, организовать новые лаборатории и кабинеты, оборудованные по последнему слову техники. Все это способствовало дальнейшему развитию учебной жизни Института, в результате чего Институт в 1940 году занял одно из первых мест среди вузов системы Наркомзага СССР, получил переходящее Красное знамя Наркомата Заготовок СССР.

С 1931 года по 1935 год Институт носил название Одесский Механико-Технологический учебно-производственный Комбинат им. И. В. Сталина.

В состав Комбината входили следующие учебные единицы:

- 1) институт (дневной и вечерний);
- 2) рабфак (дневной и вечерний);
- 3) техникум (дневной и вечерний);
- 4) подготовительные курсы;
- 5) заочный сектор института;
- 6) курсы по повышению квалификации технических работников Главмуки, Главкрупы и Заготзерно Наркомата Заготовок СССР.

Дневной Институт имел факультеты:

- 1) механический, 2) технологический, 3) экономический, 4) теплотехнический, 5) электротехнический, 6) комбикормовый. Учебный план по каждому факультету был рассчитан на 5 лет.

С 1935 года по 1939 год Институт носил название Одесский Институт технологии зерна и муки имени И. В. Сталина. Количество факультетов было равно трем: механический факультет был переименован в технологический факультет, а технологический факультет был переименован в химический факультет, третьим факультетом являлся инженерно-экономический.

Общее число профессорско-преподавательского персонала достигло в 1937/38 учебном году 117 человек, из них: профессоров — 7 чел., доцентов — 27 чел., преподавателей, ассистентов — 83 чел.

Институт имел 14 кафедр, а именно:

- 1) философии,
- 2) политической экономии,
- 3) механической технологии зерна,
- 4) математики,
- 5) общей химии,
- 6) спец. химии,
- 7) теплотехники,
- 8) теории и конструкции мельничных машин,
- 9) физики,
- 10) экономики и планирования промышленности,
- 11) графики и начертательной геометрии,
- 12) деталей машин,

- 13) сопротивления материалов и теоретической механики,
- 14) иностранных языков.

Химический факультет был реорганизован в 1937 г. в технологический факультет; последний выпуск инженеров-химиков был произведен в 1939 году.

Инженерно-экономический факультет свой последний выпуск произвел в 1939 году.

В 1931 году был открыт вечерний институт, занятия на котором производились без отрыва от производства. Институт имел два факультета: механический и технологический. Институт просуществовал до 1934 года, а затем был ликвидирован, и студенты вечернего отделения были переведены в дневной институт.

В 1933 году при Институте был организован мукомольно-крупяной техникум (дневной и вечерний), готовивший специалистов средней квалификации (техников) для мукомольно-крупяной промышленности.

Техникум пользовался учебной базой Института и преподавательскими кадрами. В настоящее время техникум является самостоятельным учебным заведением, находящимся в ведении ГУУЗ'а Министерства Заготовок СССР в г. Одессе.

Большую роль в деле подготовки рабочей молодежи в Институте сыграли открытые при Институте в 1931 г. дневной и вечерний рабфаки, давшие основной контингент лиц, поступающих в Институт, особенно в то время, когда на Украине отсутствовали полные средние школы общеобразовательного типа. Кроме рабфака при Институте работали с 1934 года по 1937 год подготовительные курсы, выпустившие за время своего существования 246 человек.

Указанные учебные учреждения, входящие в учебный комбинат, в дальнейшем были частично ликвидированы, частично выделены в самостоятельные учебные заведения.

Таким образом, Институт, как высшее учебное заведение, положил начало не только подготовке высококвалифицированных кадров для мукомольно-крупяной промышленности и элеваторного хозяйства, но и послужил основанием для организации новых учебных заведений: хлебопекарный институт, Одесский мукомольно-крупяной техникум.

Развитие учебной базы Института, значительное обогащение лабораторий оборудованием, а также пополнение профессорско-преподавательского состава выдающимися профессорами, способствовало дальнейшему расцвету учебной и научной деятельности Института, в результате чего Институт в 1934 г. получил право на подготовку аспирантов по кафедре технологии мукомольно-крупяного производства и по теории и конструкции мельничных машин и механизмов, а в 1934 году — право на присуждение ученой степени кандидата технических наук.

В 1933 году при Институте было открыто отделение Всесоюзного научно-исследовательского института зерна и продуктов его переработки (ВНИИЗ'а), просуществовавшего до 1935 года.

В связи с введением Всесоюзным Комитетом по делам высшей школы при Совнаркоме СССР Устава Высшей школы, Институт в 1939 году получил новое название, которое он носит и по сей день, — «Одесский институт инженеров мукомольной промышленности и элеваторного хозяйства им. И. В. Сталина».

В период с 1939 по 1941 гг., т. е. до начала Великой Отечественной войны, учебная и научная деятельность Института достигла максимального своего развития. Благодаря заботливому отношению и большой материальной помощи со стороны Наркомата Заготовок СССР, Институт обогатился первоклассной учебно-производственной базой, позволяющей не только вести учебный процесс на высоком научном уровне, но и широко поставить научно-исследовательскую деятельность Института. Учебная база Института состояла из: 1) главного учебного корпуса, 2) лабораторного корпуса, 3) учебно-производственной мельницы производительностью 35 тонн сортового помола в сутки, 4) учебно-производственных мастерских. Хорошо была оборудована и материально-хозяйственная база Института, состоявшая из студенческого общежития, подсобного хозяйства, типографии, учреждений по обслуживанию бытовых нужд студенчества.

Лабораторная база Института состояла из 19 прекрасно оборудованных лабораторий и 13 кабинетов. В соответствии с утвержденным ВКВШ учебным планом, Институт имел два факультета: а) механический и б) технологический. Оба факультета готовили инженеров широкого профиля: механический факультет готовил инженеров-механиков по проектированию, монтажу и эксплуатации мельзаводов, крупозаводов и элеваторов; технологический факультет готовил инженеров-технологов по проектированию и ведению технологического процесса переработки зерна в муку и крупу, а также по руководству теххимическим контролем работы мельзаводов, крупозаводов и элеваторов.

Институт имел 17 кафедр: марксизма-ленинизма, высшей математики, физики, графики, механической технологии зерна, элеваторно-складского хозяйства, теории и конструкции мукомольно-крупяных и элеваторных машин, деталей машин, теплотехники, электротехники, сопротивления материалов, специальной химии, органической химии, неорганической химии, физической и коллоидной химии, иностранных языков и военную.

Общее количество студентов к началу 1940/41 учебного года было 845 чел., а профессорско-преподавательского состава — 157 чел., из них:

1) профессоров	— 4 чел.
2) доцентов	— 30 «
3) преподавателей	— 43 «
4) ассистентов	— 33 «
5) учебно-вспомог. персонала	— 47 «

В 1938 году директором Института был назначен бывший питомец Института, окончивший его в 1931 году, кандидат техни-

ческих наук, доцент Золотарев С. М., бесценно работавший директором Института до октября месяца 1948 г.

22 июня 1941 г. фашистская Германия, вероломно напав на нашу Родину, нарушила мирную жизнь советского народа. Июньский выпуск инженеров проходил в условиях воздушной бомбардировки. Молодые инженеры по окончании Института переоделись в военную форму, взяли винтовки в руки и пошли защищать свою Родину, то же сделали и остальные студенты института и часть преподавателей.

## II. Работа института в период Великой Отечественной войны (1941 — 1945 гг.)

С приближением фронта к Одессе Институт, получив разрешение местных советских организаций, приступил к эвакуации студентов, профессорско-преподавательского состава и сотрудников Института из пределов г. Одессы. Руководство Института решило эвакуировать людской состав и имущество Института в г. Новочеркасск, где в то время находились два техникума Наркомзага СССР. Значительная часть студентов и преподавательского персонала была призвана в ряды Красной Армии. Оборудование было вывезено в порт для отправки. Эвакуация началась 27-го июля 1941 г., а закончилась 9-го августа 1941 года. В Новочеркасске Институту приступить к работе не удалось. С приближением фронта к г. Новочеркаску Институт приступил 4.X—1941 г. к эвакуации в г. Саратов, где находился Наркомат Заготовок СССР. В г. Саратов Институт прибыл 28 октября 1941 года. Первоначально ГУУЗ решил организовать работу Института в г. Энгельсе, но по причине отсутствия необходимых условий для его работы ГУУЗ'ом дано было согласие на эвакуацию Института в г. Ташкент. По решению ГУУЗ'а студентам II-го и III-го курсов был предоставлен отпуск до 1-го сентября 1942 г., студенты 4-го и 5-го курсов были направлены на производственную практику, а часть преподавателей и сотрудников были сокращены и направлены Наркоматом на работу в промышленность.

Руководство Института прибыло в Ташкент 25-го ноября 1941 года и с помощью Уполномоченного Узбекской ССР т. Крючкова С. М. 5 декабря 1941 г. получило распоряжение Совнаркома УзССР о предоставлении права Институту продолжать свою работу в г. Ташкенте в здании школы ФЗУ мукомолов. С первых же дней Институт приступил к своей деятельности, приложив максимум усилий к тому, чтобы создать необходимую базу, так как учебными пособиями, лабораториями, постельным бельем и другим необходимым имуществом Институт не располагал. Большую помощь в организации Института на новом месте оказал управляющий Узбекским трестом Главмуки тов. Зиньковский С. Г. и главный инженер тов. Котляр Л. О. Следует также указать на немалую помощь, оказанную б. директором мелькомбината в г. Семипалатинске тов. Логовиковым Я. С., который собрал на комбинате

около 40 студентов, создал им необходимые условия для работы, тем самым сохранил в одном месте большой контингент студентов старших курсов. Наличие сравнительно большой группы студентов дало возможность Институту начать работу сразу после распоряжения Совнаркома Узбекской ССР.

2 января 1942 г. Институт приступил к учебным занятиям со студентами 5-го курса, 2-го февраля—со студентами 4-го курса и 2-го марта со студентами 2-го и 3-го курсов. Всего собралось студентов свыше 100 чел. Был объявлен дополнительный набор студентов на все курсы. Институт был укомплектован высококвалифицированными профессорско-преподавательскими кадрами.

В апреле 1943 г., в целях укрепления учебно-производственной базы, приказом Наркомата Заготовок СССР Институту были переданы две небольшие мельницы № 8 и № 9 в г. Ташкенте для организации практических занятий со студентами, а также было передано подсобное хозяйство в 10 га.

За годы своей работы в г. Ташкенте, с января 1942 г. по август 1944 г., Институт был выполненная следующая работа:

- 1) полностью выполнены планы набора в Институт в 1942 и 1943 гг.;
- 2) выпущено инженеров 141 человек;
- 3) укомплектован штат профессорско - преподавательского состава;
- 4) организованы лаборатории по специальным предметам и по общинженерным дисциплинам;
- 5) доставлено в Институт лабораторное оборудование, эвакуированное из гор. Одессы;
- 6) организована библиотека в количестве 10.000 томов;
- 7) организовано подсобное хозяйство, состоящее из земельного участка в 10 га и свинофермы.

Трудно было на новом месте при отсутствии необходимых пособий организовать нормальный учебный процесс, но эти трудности были преодолены тем небольшим коллективом преподавателей, преданными патриотами своего Института, которые, не считаясь ни с чем, в очень короткий срок создали все необходимое, чтобы добиться минимальных условий для работы студентов. К этой группе энтузиастов следует отнести заместителя директора по учебной и научной работе канд. техн. наук, доцента Матиевко А. Т., декана механического факультета канд. техн. наук, доцента Барера Г. О., зав. кафедрой марксизма-ленинизма и секретаря парторганизации ст. преподавателя т. Бронштейн Р. С., преподавателя Попова П. В., канд. техн. наук, доцента Левятина Г. М., ст. преподавателя Рашкова Г. А., ст. лаборанта Лукьяненко Е. В., ст. лаборанта Белецкую Э. О.

Профессорско-преподавательский коллектив принимал активное участие в оказании помощи промышленности.

Студенты принимали участие в ряде народных строек: в строи-

тельстве Северного Ташкентского канала, в строительстве гидроэлектростанции Салар-ГЭС, в ежегодном сборе хлопка (1942—43 гг.).

В соответствии с распоряжением Совета Народных Комиссаров Союза ССР от 11 мая 1944 г., а также приказом Всесоюзного Комитета по делам высшей школы при СНК СССР и Народного Комиссара Заготовок Союза ССР от 27—31 мая 1944 г., Институт был полностью реэвакуирован в Одессу 14 октября 1944 г., а оборудование прибыло 7 ноября 1944 года.

Наша доблестная Советская Армия, под мудрым руководством Генералиссимуса Советского Союза И. В. Сталина, изгнала немецко-румынских оккупантов из пределов нашей Родины. В освобожденной Одессе с 10 апреля 1944 года началась новая жизнь. Собранный небольшой коллектив приступил к восстановлению своего родного Института. Оккупанты сожгли учебный корпус, учебную мельницу и дом для преподавателей; имущество было разграблено и вывезено. Общий убыток по Институту составляет 8 миллионов рублей.

Коллектив Института с воодушевлением взялся за восстановление. Занятия в Одессе начались с 25 апреля 1944 года с небольшой группой студентов.

Рост численности студентов Института с 25.IV по 1.IX—1944 г. характеризуется нижеследующей таблицей:

Численность студентов	Всего	В том числе студентов:					
		I к.	II к.	III к.	IV к.	V к.	Дипломанты
На 24.IV - 44	32	—	—	12	10	4	6
„ 1.VI „	61	20	—	17	14	4	6
„ 1.VII „	80	27	5	22	16	4	6
„ 1.VIII „	84	29	5	23	17	4	4
„ 1.IX „	99	39	7	25	18	4	6

В результате проведенной восстановительной работы за период с 15 апреля по 1 октября 1944 года, к началу нового учебного года Институт восстановил, оборудовал и подготовил к занятиям следующую учебную базу: 1) лабораторию физики, 2) сопротивления материалов, 3) неорганической химии, 4) органической химии, 5) физической и коллоидной химии, 6) химии зерна и муки, 7) технологии мукомольного производства, 8) зерноведения, 9) хлебопечения, 10) электротехники и кабинеты: 1) кафедры марксизма-ленинизма, 2) графики, 3) военной подготовки и 4) спортзал.

Закончившийся прием студентов и прибывший из эвакуации основной контингент студентов и профессорско-преподавательского состава к 15 октября 1944 года полностью позволили укомплектовать Институт.

Наличие студентов и профессорско-преподавательского состава, с которым Институт вступил в новый 1944—45 учебный год, характеризуется нижеследующими данными:

Контингент студентов на 15.XI-1944 г.

Курс	Механический факультет	Технологический факультет	Всего
I	101	158	259
II	34	52	66
III	14	40	54
IV	16	26	42
V	26	23	49
Дипломанты	2	4	6
Всего	193	303	496

Научно-педагогические кадры

Численность	Всего	В том числе:					
		Проф.	Доц.	Ст. преподават.	Препод. и асс.	Докт. наук	Канд. наук
На 15-X-44 г.	63	7	16	12	28	4	15

Завершив первый этап восстановительных работ за период с 15 апреля 1944 г. по 15 августа 1944 г., коллектив подготовил Институт к новому учебному году.

За хорошую работу сотрудникам Института ко дню освобождения г. Одессы от немецко-румынских оккупантов приказом Народного Комиссара Заготовок СССР т. Двинского Б. А. от 9.IV—1945 г. объявлена благодарность—10 работникам Института и 8 человек награждены значком «Отличник Заготовок»; в распоряжение Института были выделены средства для премирования студентов и преподавателей.

К 28-й годовщине Великой Октябрьской социалистической революции Народный Комиссар Заготовок СССР т. Двинский Б. А. в своем приказе от 12.XI—1945 г. отметил успешную работу, проведенную коллективом Института в подготовке к новому 1945—46 учебному году, премировав девять человек и выделив в распоряжение Института 10.000 рублей для премирования сотрудников и преподавателей, отличившихся в работе Института.

### III. Институт после Великой Отечественной войны (1945 — 1947 гг.)

За истекшие три года после освобождения г. Одессы от немецко-румынских захватчиков Институтом проведена большая работа по восстановлению нормальной учебной жизни. Полностью восстановлены лабораторный корпус и студенческое общежитие, начаты работы по восстановлению сожженного оккупан-

тами главного учебного корпуса, вновь организованы и оборудованы лаборатории и кабинеты по специальным кафедрам, значительно пополнены оборудованием существующие лаборатории, вновь оборудованы учебные мастерские и блок-станция и, наконец, организовано большое подсобное хозяйство. Все это дает возможность повысить качество учебного процесса, а следовательно, и повысить качество выпускаемых специалистов.

В Институте с 1947—48 учебного года функционирует 21 кафедра: марксизма-ленинизма, политэкономии, военная, физического воспитания и спорта, математики, физики, теоретической механики, сопротивления материалов, деталей машин, технологии металлов, электротехники, иностранных языков, графики, неорганической химии, органической химии, технологии мукомольного и крупяного производства, технологического оборудования мельниц, крупозаводов и элеваторов, элеваторно-складского хозяйства, кафедры зерноведения и хранения зерна, химии зерна.

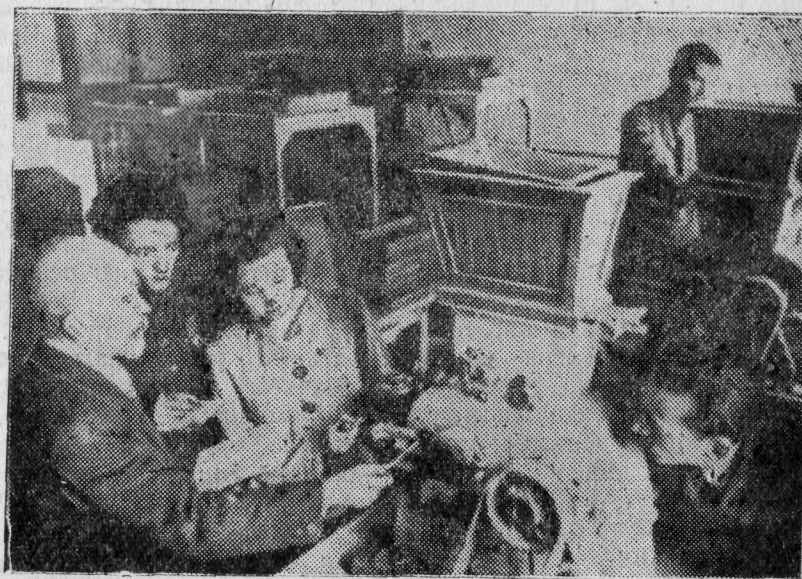


Рис. 6

В 1946—47 учебном году учебная база Института имела: 19 лабораторий, 9 кабинетов, библиотеку и учебно-производственные мастерские.

Из указанных учебно-вспомогательных учреждений должны быть отмечены следующие:

1) лаборатория технологии мукомольного производства, предназначенная для практических работ со студентами по курсу мукомольного производства и для проведения научно-исследовательских работ по механической технологии зерна. Лаборатория обо-

рудована необходимыми приборами и машинами для изучения процессов подготовки зерна к помолу, дробления, сортировки продуктов дробления, а также для проведения лабораторных помолов по производственным схемам мельзаводов (рис. 6);

2) лаборатория химии зерна и продуктов его переработки дает студенту комплекс химико-аналитических знаний и навыков, необходимых для заведывания лабораторией и руководства техно-химическим контролем мукомольных, элеваторных и крупяных предприятий;

3) лаборатория технологического оборудования с машинным залом дает возможность студентам глубоко ознакомиться с оборудованием, применяющимся при переработке зерна, и освоить основы монтажа машин, оборудования мельзаводов, крупозаводов и элеваторов;

4) лаборатория машинно-непрерывного транспорта оборудована различными машинами и механизмами, позволяющими наглядно изучать их работу и демонстрировать явления, возникающие при перемещении сыпучих материалов;



Рис. 7

5) лаборатория качественного и количественного химического анализа имеет большое значение в учебном курсе, так как конкретизирует и закрепляет знания, полученные в результате прохождения курса общей химии, и создает необходимые предпосылки для сознательного и успешного проведения сложного лабораторного практикума по специальной химии зерна и продуктов его переработки (рис. 7);



Рис. 8

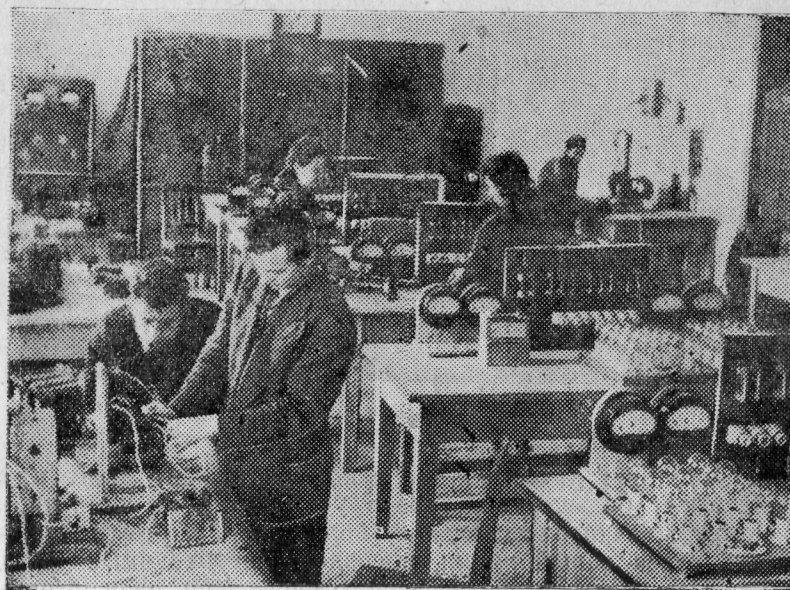


Рис. 9.

6) лаборатория органической химии ставит своей целью ознакомление студентов с элементами качественного и количественного анализа в органической химии и с основными методами органического синтеза, что также имеет большое значение для последующего прохождения курса специальной химии;

7) лаборатория зерноведения является научной базой для изучения зерна с точки зрения требований мукомольно-крупяной промышленности и элеваторно - складского хозяйства. Лаборатория оборудована приборами и аппаратами, позволяющими вести как учебную, так и научно-исследовательскую работу;

8) кабинет марксизма-ленинизма, в котором имеются первоисточники по истории ВКП(б), произведения классиков марксизма-ленинизма, тщательно подобранная литература о Великой Отечественной войне, альбомы наглядных пособий (рис. 8);

В кабинете марксизма-ленинизма созданы все условия для глубокого усвоения теории марксизма-ленинизма.

9) кабинет проектирования концентрирует, систематизирует и выдает в пользование студентам и преподавателям Института материалы по проектированию мельзаводов, элеваторов и крупозаводов.

10) лаборатория электротехники дает возможность изучить работу электродвигателей и их испытание (рис. 9);

11) кабинет черчения, начертательной геометрии и рисования обслуживает курс графики и приспособлен для выполнения практических работ по техническому черчению и начертательной геометрии;

12) учебные мастерские — столярные и слесарные — практически знакомят студентов с техническими свойствами соответствующих материалов, прививают навыки пользования инструментами и оборудованием, а также обучают навыкам в области организации и рационализации труда на производстве.

13) библиотека Института имеет около 70.000 томов и полностью обеспечивает студентов Института всеми необходимыми учебниками и учебными пособиями.

Для прохождения производственной практики студентами, Министерство Заготовок СССР выделило 27 баз, из них 14 баз в РСФСР (Куйбышев, Сызрань, Саратов, Рыбинск, Ярославль, Иваново, Кинешма, Баку, Тбилиси, Ростов/Д., Ставрополь, Горький, Сейма, Москва), 10 баз в УССР (Киев, Белая Церковь, Херсон, Николаев, Одесса, Днепропетровск, Мариуполь, Харьков, Кременчуг, Полтава), 3 производственные базы в Молдавской ССР (Измаил, Рени, Килия).

К началу 1947/48 уч. года общее число студентов в Институте превышало 1200 человек:

на механическом факультете — 637 чел.,  
на технологическом » — 570 чел.

Общее количество профессорско-преподавательского состава — 132 чел., из них:

а) профессоров — 5 чел.

- б) доцентов и канд. наук. — 31 чел.
- в) ст. преподавателей — 19 чел.
- г) ассистентов — 77 чел.

Подготовка аспирантов производится по специальностям:

- а) технологии мукомольно-крупяного производства, б) технологическому оборудованию мельниц, крупозаводов и элеваторов,
- в) элеваторно-складскому хозяйству и г) химии зерна.

В настоящее время имеется 8 аспирантов, из них:

- 1-го года обучения — 2
- 2-го года обучения — 4
- 3-го года обучения — 2

В июне 1946 года Институт переведен из Министерства Заготовок СССР в ведение Министерства высшего образования СССР на основании Указа Президиума Верховного Совета СССР от 10.V 1946 г.

#### IV. Итоги работы института за XXV лет

Пройденный Институтом путь за двадцать пять лет своей деятельности является новой страницей, внесенной в историю развития мукомольно-крупяной промышленности и элеваторного хозяйства СССР.

Во всей грандиозной работе, выполненной советским народом за годы великих Сталинских пятилеток по поднятию народного хозяйства в СССР на уровень современных достижений науки и техники, Одесский Институт Инженеров Мукомольной Промышленности и Элеваторного Хозяйства имени И. В. Сталина внес и свою посильную лепту в дело развития мукомольно-крупяной промышленности и элеваторного хозяйства нашей великой Родины.

Можно с уверенностью сказать, что ни одно новое строительство в СССР — мельзавода, крупозавода или элеватора — не осуществлялось без участия специалистов, окончивших наш Институт. И это становится вполне понятным, если вспомнить только, что дореволюционная Россия не имела ни одного высшего учебного заведения по этой отрасли промышленности и что наш Институт, являясь единственным вузом в СССР по этой специальности, подготовил за истекший период своей деятельности 1725 инженеров, среди которых имеются выдающиеся специалисты.

Специалистов мукомольного и элеваторного дела — воспитанников нашего Института можно встретить в самых отдаленных местах нашей необъятной Родины: и в Западном Прикарпатье, и на Дальнем Востоке, и на Крайнем Севере, и в Южном Закавказье. Везде они с честью применяют полученные ими в Институте знания в деле экономического развития и подъема страны.

Общее количество инженеров, окончивших Институт, с распределением их по годам и специальностям характеризуется таблицей, приведенной на стр. 30.

Максимальный выпуск инженеров был в 1938 году — 336 чел., что составляет 19,5%.

Число инженеров, выпущенных до Великой Отечественной войны (1926—1941) — 1273 чел., или 74%.

В период войны (1941—1945) — 333 человека, или 19%.

Выпуск инженеров в различные периоды реорганизации Института характеризуется следующими данными:

- 1) Одесский Техникум Технологий Зерна и Муки (1922—1928 гг.) 13 ч.— 0,8%
- 2) Одесский Политехникум Техн. Зерна и Муки (1928—1929 гг.) 16 ч.— 0,9%
- 3) Механико-Технологический Учебно-Производственный Комбинат имени И. В. Сталина (1929—1932 гг.) 244 ч.—14 %
- 4) Одесский Институт Технологий Зерна и Муки им. И. В. Сталина. (1932—1939 гг.) 803 ч.—46,3%
- 5) Одесский Институт Инженеров Мукомольной промышленности и Элеваторного Хозяйства им. И. В. Сталина. (1939—1947 гг.) 649 ч.—38%

1725 ч.—100%

До войны (1941 г.) количество аспирантов в Институте было 23 человека, из них:

- 1) По кафедре технологии мукомольно - крупяного производства 8 чел. — 35%
- 2) По кафедре теории и конструкции мельничных машин и механизмов 13 чел. — 56,5%
- 3) По кафедре химии зерна 2 чел. — 8,5%

Итого 23 чел. — 100%

Всего закончили аспирантуру и защитили диссертации 8 человек.

Подготовка кадров научных работников в Институте осуществляется также через ассистентуру.

В настоящее время работают над диссертациями и сдают кандидатский минимум по плану 1947 г. 23 ассистента.

В 1934 г. Институт получил право на присуждение ученой степени кандидата технических наук. За период с 1936 г. по 1947 г. защитили диссертации и получили ученые степени кандидата технических наук 24 чел., большинство из которых окончили наш Институт.

Общее количество инженеров, закончивших Институт, с распределением их по годам и специальностям

№ по пор.	Год выпуска	Специальности								Итого
		Механики	Технол.	Химики	Электрики	Эконом.	Тепло-тех.	Кон-струкция	Хлебо-пеки	
1	1926	—	8	—	—	—	—	—	—	8
2	1927	—	5	—	—	—	—	—	—	5
3	1928	—	8	8	—	—	—	—	—	16
4	1929	15	15	—	—	—	—	—	—	30
5	1930	22	51	—	—	—	—	—	—	73
6	1931	26	33	—	—	—	—	16	10	85
7	1932	3	33	—	—	—	20	—	—	56
8	1933	выпуска не было								
9	1934	3	132	16	23	—	—	—	—	174
10	1935	—	83	2	—	—	—	—	—	85
11	1936	—	80	13	—	15	—	—	—	108
12	1937	—	100	—	—	—	—	—	—	100
13	1938	252	12	17	—	55	—	—	—	336
14	1939	31	—	—	—	—	—	—	—	31
15	1940	66	62	38	—	—	—	—	—	166
16	1941	90	50	—	—	—	—	—	—	140
17	1942	46	19	—	—	—	—	—	—	65
18	1943	21	19	—	—	—	—	—	—	40
19	1944	22	14	—	—	—	—	—	—	36
20	1945	29	23	—	—	—	—	—	—	52
21	1946	17	16	—	—	—	—	—	—	33
22	1947	37	49	—	—	—	—	—	—	86
Итого . .		680	820	86	23	70	20	16	10	1725

За годы существования Института воспитались и научно-педагогические кадры, успешно работающие на участках подготовки кадров для нашей промышленности.

Заведуют кафедрами: 1) кафедрой технологического оборудования—канд. техн. наук, доцент Панченко А. В., 2) кафедрой элеваторно-складского хозяйства—канд. техн. наук, доцент Платонов П. Н., 3) кафедрой деталей машин—кандидат техн. наук, доцент Белецкий В. Я., успешно защитивший диссертацию на ученую степень доктора технических наук в феврале 1948 года.

Также успешно работают и ведут самостоятельные курсы: к. т. н., доцент Барер Г. О., декан механического факультета, к. т. н., доцент Дзядзио А. М., декан технологического факультета, доцент Рекайкин П. Н., доцент Ляторовский Б. Г., к. т. н., доцент Золотарев С. М., ст. преподаватели Белорусец Л. С., Кравченко И. К., Нохотович А. Я., Рашкован Г. А.

Ряд воспитанников Института успешно работают как научные работники и в других учебных заведениях: так, в Московском Пищевом Институте работают: к. т. н., доцент Наумов И. А., к. т. н., доцент Левягин Г. М., к. т. н., доцент Гинзбург М. Е., к. т. н. Шполянская.

В Московском Всесоюзном Научно-Исследовательском Институте зерна и продуктов его переработки: заместителем директора по научной работе работает к. т. н. Хусид С. Д.; старшими научными сотрудниками: к. т. н. Пальцев В. С., к. т. н. Гержой, к. т. н. Цеднировский, к. т. н. Мамбиш, Лейкин Я. И., Креймерман Г. И., Бакал.

В средних учебных заведениях (техникумах) Министерства Заготовок СССР работают: к. т. н. Галицкий Р. — директором Новочеркасского Мукомольно-элеваторного техникума, т. Вайсман М. Р. — зам. директора по учебной работе Куйбышевского Мукомольного техникума.

Одновременно с учебной работой коллектив научных работников Института непрерывно занимается научно-исследовательской работой, а также составлением учебников и учебных пособий по специальным предметам.

Общее количество научно-исследовательских работ, выполненных профессорско-преподавательским коллективом Института, составляет свыше 450\*, среди которых значительное количество работ имеет большое теоретическое и практическое значение. Результаты научно-исследовательской работы Института регулярно освещались в «Трудах Института», а также в ряде специальных журналов.

С 1928 г. по 1940 г. были изданы следующие труды Института и его воспитанников:

1) Вестник Научно-Технического Кружка при Одесском Мукомольном Политехникуме № 1, изд. Профкома Мукомольного Политехникума 1928 г. (95 стр.).

2) Известия Правления и Научно-Технического Кружка Одес-

\* Подробный библиографический список научно-исследовательских работ будет опубликован в специальном сборнике.

ского Политехникума Технологии Зерна и Муки № 1 (2). Изд. Полит. Техн. Зерна и Муки 1929 г. (100 стр.).

3) Известия Одесского Института Технологии Зерна и Муки № 2 (3). Изд. Инст. Т. З. и М. 1930 г. (95 стр.).

4) Вестник кафедр химии Одесского Ин-та Технологии Зерна и Муки им. И. В. Сталина. 1935 г. № 1. Март-апрель, 25 стр.

5) Труды Одесского Института Технологии Зерна и Муки им. И. В. Сталина. Госторгиздат, Москва, 1938 г. —134 стр. (Наркомзаг СССР).

Учебники и учебные пособия, написанные научными работниками Института, следующие:

1. Проф. Гиршсон В. Я. Введение в теорию основных мельничных механизмов. Одесса, Комитет и Профком Техникума Т. З. и М. 1927. 152 стр.

2. Проф. Гиршсон В. Я. Введение в теорию основных мельн. механизмов. Одесса. Изд. Одес. Механико-технологич. учебно-произв. комбината Т. З. и М. им. И. В. Сталина. 1931 г. 142 стр.

3. Проф. Гиршсон В. Я. Влияние зольности эндосперма на выход муки. М. Госторгиздат, 1938. 27 стр.

4. Жислин Я. М. Техническое пособие для помощника мастера и мастера крупозавода. 1944 г.

5. Гинзбург М. И. Крупяное производство. ч. I и II. 1938 г.

6. Хусид С. Д. Измельчение зерна на молотковых дробилках. 1947 г.

7. Левятин Г. М. Самотечный транспорт на мельницах и элеваторах. 1947 г.

8. Левятин Г. М. Кондиционирование воздуха и отопление мельниц. Под ред. проф. П. А. Козьмина М.—Л., Госторгиздат. 1930 г. 92 стр.

9. Левятин Г. М. Мойка зерна. М. Заготиздат. 1938. 48 страниц.

10. Левятин Г. М. Основы обработки зерна теплом., Под ред проф. П. А. Козьмина. М. Снабтехиздат. 1933. 72 стр.

11. Озолин Н. И., проф. Методы химического анализа зерна и продуктов его переработки. Под ред. Н. П. Козьминой. М. Заготиздат, 1941. 176 стр.

12. Острозецер Б. Г. Проектирование мельниц. Ч. I. М. Заготиздат, 1938. 246 стр.

13. Доц. Острозецер Б. Г. Проектирование мельниц Ч. II. Под ред. инж. И. М. Тульчинского. М. Заготиздат, 1940. 440 стр.

14. Доц. Панченко А. В. Вентиляционные установки мельниц и элеваторов. (Задачи установок, теория их). М. Заготиздат. 1938. 470 стр.

15. Доц. Панченко А. В. Эксплуатация вентиляционных установок мельниц. 1944 г.

16. Пальцев В. С. Исследование аспирации. 1937 г.

Наиболее важные научно-исследовательские работы, проведенные сотрудниками Института по заданиям промышленности:

1. Исследование кондиционирования на 52-й Гос. мельнице в г. Одессе (1934—36 гг.).

2. Переоборудование мельницы № 20 в Теткино, Курской обл., по схеме проф. Гиршсона В. Я. (1934—35 гг.).

3. Исследование вопроса о наилучшем использовании схемы проф. Гиршсона при 75% двухсортном мягком помоле, с определением оптимальных технологических показателей на мельнице № 5 в г. Саратове (1934—35 гг.).

4. Исследование вопроса об использовании схемы проф. Гиршсона при 72% помоле при высокой влажности зерна до 18—19% на первом дранье, с определением оптимальных техно-экономических показателей.

5. Проектное задание по Мелькомбинату в Москве, состоящее из мельницы, производительностью 800 тонн в сутки, и элеватора, емкостью 65000 тонн (1933 г.).

6. Исследовательские работы по уточнению отдельных этапов «Советской схемы помола» (1932—34 гг.).

7. Производство лабораторного исследования по кондиционированию зерна (1932 г.).

8. Устройство опытной станции по очистке моечных вод, а также проведение научно-исследовательских работ по химии, гидробиологии и санитарной технике моечных вод на указанной моечной станции (1932—36 гг.).

9. Электрификация мельничных машин путем частичного изменения существующих конструкций приводных механизмов. (1932 г.).

Работы, выполненные сотрудниками Института во время эвакуации:

1. Разработка методов сушки и переработки в муку высоковлажного зерна, полученного в 1941—42 гг. из районов Чкаловской обл. и Сибири.

2. Постройка крупощека на мелькомбинате № 2 в Ташкенте для переработки ячменя и проса в крупу. (1942—43 гг.).

3. Переоборудование мелькомбината № 1 в Ташкенте для переработки проса, овса, джугары и курмака в муку (1942—43 гг.).

4. Исследование в лабораторных условиях и на производстве влияния подсортировки зерна пшеницы III типа (местная Узбекистана) на зольность муки 1-го сорта при отборе 10% по существующей схеме 90% обойного помола. (1942—1943 гг.).

5. Механизация транспорта зерна и муки на мельзаводах треста № 1 в г. Ташкенте, № 4 в Федченко, № 5 в Фергане и № 6 в Андижане. (1942—44 гг.).

6. Проект типовой колхозной мельницы для Узбекистана (1943—44 гг.).

Перечисленные в пп. 1—6 работы выполняли доценты Института: Демидов П. Г., Острозецер Б. Г., Барер Г. О., Левятин Г. Я., Нузрин Г. Г.

Узбекский Трест Главмуки в письме от 22.VIII—44 г. за № 5 выразил Институту благодарность за помощь в работе Треста во время пребывания Института в г. Ташкенте с декабря 1941 г. по сентябрь 1944 г.

В июле месяце 1946 г. при Институте был организован научно-исследовательский сектор (НИС), объединивший руководство научно-исследовательской работой по заданиям промышленности (хоздоговорная тематика).

В настоящее время НИС выполняет ряд научно-исследовательских работ, имеющих актуальное значение для промышленности. Кроме научно-исследовательской работы, НИС'ом широко проводятся консультации по оказанию помощи промышленности с выездом научных работников на производство.

За хорошую организацию учебного процесса по подготовке кадров Институт неоднократно был отмечен приказом Министерства Заготовок СССР.

В 1933 г. Институт получил почетную грамоту по I туру Всесоюзного социалистического соревнования втузов, вузов и техникумов при редакции газеты «Комсомольская правда» и денежное вознаграждение в размере 20.000 руб.

В 1934 г. Институт получил почетную грамоту по II туру Всесоюзного социалистического соревнования втузов, вузов и техникумов при редакции газеты «Комсомольская правда» и денежное вознаграждение в размере 15.000 руб.

По итогам социалистического соревнования между втузами системы Наркомата Заготовок СССР в 1939—1940 учебном году Одесскому Институту Инженеров Мукомольной Промышленности и Элеваторного Хозяйства им. И. В. Сталина присуждено переходящее Красное Знамя Наркомата Заготовок Союза ССР.

В 1945 г. коллектив Института за хорошую работу по восстановлению учебной базы Института после Великой Отечественной войны был отмечен приказом Народного Комиссара Заготовок СССР т. Двинского награждением значками «Отличник Заготовок» — 8 человек и выделением средств для премирования студентов и преподавателей.

В 1946—1947 гг. преподавательский коллектив Института в количестве 41 человека был награжден медалями «За доблестный труд в Великой Отечественной войне».

Студенческий коллектив Института в дни Великой Отечественной войны отдал все свои силы, здоровье и жизнь на защиту дорогой Родины; 233 воспитанника Института возвратились к учебе в Институт, награжденные орденами и медалями за боевые заслуги, 64 — инвалиды Отечественной войны. Немалое количество студентов и преподавателей отдали свою жизнь в борьбе за свободу и независимость нашей великой Родины (Матиенко А. Т., Бялый Н. М., полковник Барятинский и другие).

Отмечая 25-летнюю деятельность Института, студенчество, профессорско-преподавательский коллектив с честью выполняют

возложенные на них задачи по быстрому возрождению учебной жизни Института, обеспечивающей подготовку высококвалифицированных специалистов для нашей социалистической Родины.

Приказом Министра Высшего Образования СССР т. Кафтanova С. В. от 24 февраля 1948 г. в день празднования 25-й годовщины непрерывной деятельности Института объявлена благодарность и премированы месячным окладом 7 руководящих работников Института, 10 работникам Института объявлена благодарность.

Приказом Министра Заготовок СССР т. Двинского Б. А. от 20 февраля 1948 г., отмечающим работу Института за 25 лет, награждены значком «Отличник мукомольно-крупяной промышленности» 9 руководящих работников Института.

Для участия в праздновании юбилея Института прибыли гости и бывшие воспитанники Института, среди них: Начальник Главного Управления ВУЗ'ами пищевой промышленности Министерства



Рис. 10

Высшего Образования доктор технических наук, профессор Тривятский Л. А., директор ВНИИЗ'а доктор химических наук, профессор Козьмина Н. П., завед. кафедрой мукомольного производства Московского Института Пищевой Промышленности доктор технических наук, профессор Куприц Я. Н., завед. кафедрой технологического оборудования канд. техн. наук, доцент Соколов А. Я.; воспитанники Института: канд. техн. наук, доцент Левятин Г. М., канд. техн. наук, доцент Гинзбург М. Е., работники Московского Пищевого Института; работники промышленности: нач. произв. отдела Востока Главмуки т. Ковнацкий, инженер Пойлишер, гл. инженер Свердловского Треста Главмуки т. Стрим-

бан Ю. М., начальник Харьковского Отдела Промзернопроекта т. Зорохович Л. Я., директор Днепропетровского Мельзавода Главмуки т. Подковенко, управляющий Молдавским Трестом Главмуки т. Елевич, гл. инженер Молдавского Треста Главмуки т. Берман С. М., заместитель председателя Техсовета



Рис. 11

Министерства Заготовок СССР т. Гурвич В. Л., начальник ГУУЗ'а Министерства Заготовок СССР т. Иванов В. А., начальник Учебного Отдела Главного Управления вузами Пищевой Промышленности т. Берковский И. О. и ряд других гостей и воспитанников Института, работающих в промышленности (рис. 10, 11).

На праздновании присутствовали гости партийных и советских организаций г. Одессы.

Проведенная Институтом учебно-методическая конференция с участием представителей промышленности и профессорско-преподавательского состава Московского Пищевого Института, внесла большой вклад в дело повышения качества подготовки специалистов для нашей социалистической промышленности.

#### Задачи института

После победного окончания Великой Отечественной войны, весь наш советский народ, под руководством нашей большевистской партии и лично товарища Сталина, приступил к восстановлению народного хозяйства и залечиванию ран, нанесенных войной, к построению коммунистического общества в нашей стране.

Большая роль в выполнении этой ответственной задачи принадлежит высшей школе. Высшая школа призвана готовить кадры, способные в любой обстановке найти правильное решение вопроса и провести его в жизнь.

Институт вступил во вторую четверть века своего существования. Прделанная работа за двадцать пять лет дает право предъявить к Институту сейчас более повышенные требования в деле подготовки кадров, их идейно-политического воспитания, воспитания в них чувства гордости и патриотизма к своей Родине. Все основания для этого имеются.

В нашем государстве развитие советского общества обусловлено социалистической системой хозяйства и направляется сознательной деятельностью людей. Исходя из этого, в нашей стране, где государство организует и направляет все отрасли хозяйства и культуры, кадры имеют особое значение.

Божди нашей партии Ленин и Сталин учат нас, что кадры являются самым драгоценным фондом нашей партии и государства.

М. И. Калинин подчеркивал, что только советское государство, выражающее коренные интересы народа, на деле заботится об образовании трудящихся, о поднятии их культурного и политического уровня. Всякое капиталистическое государство как огня боится просвещения и политического роста народа, так как это угрожает существованию эксплуататорского государства. Только наше советское государство заинтересовано в политическом и культурном росте народа. Подготовка и воспитание наших социалистических кадров является одним из важнейших участков всей нашей работы и естественно поэтому то большое внимание, которое уделяет наша партия этому вопросу. Индустриализация страны, которая осуществлялась под руководством товарища Сталина, естественно, потребовала значительной подготовки кадров для нашей промышленности. Товарищ Сталин учит нас, что развитие промышленности, особенно тяжелой, нельзя считать полностью разрешенным, если не будет разрешена проблема кадров.

Исключительное значение по вопросу о подготовке кадров имело выступление товарища Сталина на выпуске академиков Красной Армии в мае 1935 года. «Чтобы привести технику в движение, — говорил товарищ Сталин, — и использовать ее до дна, нужны люди, овладевшие техникой, нужны кадры, способные освоить и использовать эту технику по всем правилам искусства. Техника без людей, овладевших техникой, — мертва. Техника во главе с людьми, овладевшими техникой, может и должна дать чудеса. Если бы на наших первоклассных заводах и фабриках, в наших совхозах и колхозах, на нашем транспорте, в нашей Красной Армии имелось достаточное количество кадров, способных оседлать эту технику, страна наша получила бы эффекта втрое и вчетверо больше, чем она имеет теперь... Надо, наконец, понять, что из всех ценных капиталов, имеющихся в мире, самым ценным и самым решающим капиталом являются люди, кадры. Надо понять, что при наших нынешних условиях кадры решают все». Вот как

остро ставится вопрос о кадрах, о выращивании своей собственной интеллигенции. Нашей стране нужны не просто квалифицированные специалисты, а сознательные строители коммунизма.

В отчетном докладе на XVIII съезде ВКП(б) т. Сталин сказал: «Выращивание и формирование молодых кадров протекает у нас обычно по отдельным отраслям науки и техники, по специальностям. Это необходимо и целесообразно. Нет необходимости, чтобы специалист-медик был вместе с тем специалистом по физике или ботанике и наоборот. Но есть одна отрасль науки, знание которой должно быть обязательным для **большевиков** всех отраслей науки, — это марксистско-ленинская наука об обществе, о законах развития общества, о законах развития пролетарской революции, о законах развития социалистического строительства, о победе коммунизма».

Вот та основная задача, которая стоит перед высшей школой, перед всем профессорско-преподавательским составом в вопросах, связанных с подготовкой и воспитанием наших кадров. Без овладения марксистско-ленинской теорией любой самый крупный специалист может превратиться в ограниченного человека, замкнувшегося в узкий круг интересов своей профессии, и тем самым может сорвать любое важнейшее государственное мероприятие и нанести стране большой вред.

«Нужно признать как аксиому, — говорил товарищ Сталин на XVIII съезде ВКП(б), — что чем выше политический уровень и марксистско-ленинская сознательность работников любой отрасли государственной и партийной работы, тем выше и плодотворнее сама работа, тем эффективнее результаты работы и наоборот, — чем ниже политический уровень и марксистско-ленинская сознательность работников, тем вероятнее срывы и провалы в работе, тем вероятнее измельчение и вырождение этих работников в деяла, крохоборов, тем вероятнее их перерождение. Можно с уверенностью сказать, что если бы мы сумели подготовить идеологически наши кадры всех отраслей работы и закалить их политически в такой мере, чтобы они могли свободно ориентироваться во внутренней и международной обстановке, если бы мы сумели сделать их вполне зрелыми марксистами-ленинцами, способными решать без серьезных ошибок вопросы руководства страной, — то мы имели бы все основания считать девять десятых всех наших вопросов уже разрешенными».

Эти указания товарища Сталина были положены в основу подготовки наших кадров, ярким показателем чего является количественный и качественный рост нашей интеллигенции, рост руководящих кадров во всех отраслях нашей промышленности.

В годы Великой Отечественной войны большевистские кадры выдержали суровое испытание на фронте и в тылу, оказавшись на высоте своего положения.

После победоносного окончания войны перед всем нашим народом поставлены новые большие и ответственные задачи в области восстановления народного хозяйства.

В своей исторической речи на предвыборном собрании избирателей Сталинского избирательного округа г. Москвы товарищ Сталин наметил план развития всего народного хозяйства на ближайшее время и на более длительный период.

Выполнение этих задач требует дальнейшей подготовки высококвалифицированных кадров инженеров.

В чем величие и гордость советского инженера?

На этот вопрос в 1935 году дал замечательный ответ Г. К. Орджоникидзе: «Инженер — это творец, вооруженный наукой, который овладевает силами природы, подчиняет их своему разуму, своей воле и ставит на службу стране. Таким инженер является во всем мире».

Но единственно в нашей стране инженер вооружается знаниями и идет на предприятия, идет в горы и степи, в села и города с исключительной целью подчинить природу, все силы человека и все силы природы поставить на службу своему народу — своим рабочим, своим колхозникам...

Там, в Европе, в Америке, где угодно, инженер все свои знания, все свое умение отдает на благо самому ничтожному количеству населения, на благо богатеев. Он там является наемником капиталистов и работает на них. Здесь, у нас, инженер — это великий творец, который работает для своего рабочего, сам являясь рабочим, и для своего колхозника, сам являясь колхозником.

И вот наша страна, находясь на бурном подъеме, открывает огромный простор нашему инженерству».

Инженер-большевик знает силу науки и сумеет использовать ее достижения в производстве. Он во всей своей работе опирается на партийную организацию, на стахановцев, на весь коллектив. Инженер не должен находиться в плену старых приемов работы, он должен дерзать, искать, находить новое, проверять свои исследования и внедрять их в промышленность.

Эти чрезвычайно высокие требования, которые предъявляются к нашему советскому инженеру, должна выполнить советская высшая школа.

Чтобы обеспечить успех в подготовке специалистов, необходимо улучшить весь учебный процесс, повысить квалификацию преподавательских кадров, увеличить количество лабораторий и кабинетов, снабдив их современным оборудованием и учебными пособиями. Учебный процесс должен быть построен с таким расчетом, чтобы он отвечал современному уровню науки и техники, чтобы он отвечал тем требованиям, которые предъявляет государство к выпускникам высшей школы.

Хорошее освоение студентами основ науки связано с умелой организацией самостоятельной работы студентов, умением развить в них творческую мысль. Основой выполнения этого важнейшего условия является организация **семинарских занятий, практических работ** в лабораториях и кабинетах и производственного обучения студентов. Вне учебных занятий кафедры должны организовать

кружковую работу. Успешная работа научно-технических кружков и научных обществ, вовлечение в эти кружки значительного количества студентов, участие в работе этих кружков высококвалифицированных преподавателей может дать нам гарантию подготовки специалистов, обладающих не только знанием своего дела, но и обладающих навыками самостоятельной творческой работы.

Повышение качества подготовки специалистов невозможно без дальнейшего улучшения качества научной работы, направленной на решение важнейших вопросов, связанных с выполнением народно-хозяйственных задач.

В нашей стране, где при повседневной помощи партии и правительства наука является достоянием народа и признана служить его интересам, все помыслы советских ученых должны быть направлены на благо народа, на разрешение задач, связанных с развитием народного хозяйства. Связь науки с производством должна быть самой тесной.

Наличие распыленности в тематике является недочетом в нашей работе. Нередко планы научных исследований составляются, исходя не из общих задач развития науки для данной отрасли промышленности. В результате этого многие работы решаются чрезвычайно медленно, выполненные работы не внедряются в практику народного хозяйства.

В своей статье «10 лет работы высшей школы» министр высшего образования СССР тов. Кафтанов С. В. пишет, что «важнейшим средством активизации научной работы является смелая большевистская критика и самокритика, которая должна быть широко развернута среди ученых».

Критика и самокритика являются основным условием улучшения качества выполняемых научных работ в свете требований народного хозяйства и советского государства.

Этот важнейший раздел работы в нашем Институте еще не на должной высоте, и в новом 1948—1949 учебном году этот недостаток должен быть устранен. Нужно покончить с еще полностью не устраненными пережитками преклонения отдельных наших ученых перед иностранщиной, необходимо всячески освещать роль наших русских ученых, которые внесли много ценного в общую мировую науку, и поэтому наша отечественная наука должна стать достоянием студентов. Советская наука стала сильнее, чем когда-либо, и более самостоятельной, чем раньше или в прежние периоды истории. Организация широких научных дискуссий поможет устранить имеющиеся недостатки в ряде исследуемых научных вопросов.

Воспитание молодых научных кадров через аспирантуру является также одним из основных участков работы высшей школы. До начала Великой Отечественной войны в Институте было 23 аспиранта, из коих защитило диссертации 3 человека, 4 человека работают сейчас над диссертацией, остальные рабо-

тают в промышленности. После войны, с 1944 г. при Институте было 8 аспирантов, из которых закончили аспирантуру 3 человека, но диссертацию еще ни один не защитил.

Основной причиной такого неудовлетворительного состояния подготовки научных работников является недостаточное внимание со стороны учебной части и особенно кафедр работе с аспирантами; недостаточна работа также и в отборе кандидатов в аспирантуру. Все эти обстоятельства приводят к наличию тех недостатков, которые имеются на сегодняшний день.

Следующим очень важным участком работы, связанным с подготовкой высококвалифицированных специалистов, является подготовка высококачественных учебников и учебных пособий. После выступления тов. Молотова на совещании работников высшей школы о создании полноценных учебников в нашем Институте был издан ряд учебников по специальности, которые оказали неоценимую услугу в деле подготовки инженеров. Но сейчас, когда техника значительно двинулась вперед, когда наука дала ряд новых теорий, явилась большая потребность в переиздании старых и создании новых учебников, в первую очередь по специальностям: мукомольное производство, крупяное производство, элеваторное оборудование, элеваторно-складское хозяйство, проектирование мельниц и крупозаводов, аспирация мельзаводов и крупозаводов и ряд других учебников.

Необходимо написать новые учебники: по теории мельничных и крупяных машин, по технологии комбикормового производства, по ремонту и монтажу мельничных и крупяных машин, по истории и развитию конструкции мельничных и крупяных машин, по технологии мукомольно-крупяного производства и строительству мельниц.

Итак, большие задачи, которые сейчас стоят перед высшей школой в деле повышения качества подготовки специалистов и развития передовой науки, должны быть в ближайшее время выполнены. Одно из главных условий — это повышение идейно-теоретического уровня профессорско-преподавательского состава и студенчества.

Вся идейно-политическая работа Института должна быть направлена на преодоление пережитков капитализма, в сознании людей, воспитание преданности нашей молодежи партии Ленина—Сталина, нашему социалистическому Отечеству, делу построения коммунизма в нашей стране.

«Советская наука должна помогать партии и государству воспитывать народ в коммунистическом духе, формировать стойких и бодрых советских людей, не боящихся трудностей, умеющих их преодолевать, понимающих цели строительства новой жизни, до конца преданных великим идеям Ленина—Сталина. Деятели советской науки могут и должны сделать многое для дальнейшего развития производительных сил советского общества» (передовая газеты «Правда» от 8 августа 1948 г.).

Буржуазная наука и культура переживают сейчас период глубокого упадка и разложения. Большинство ученых волей или неволей служат капитализму и поэтому деятельность их становится все более антинародной. Глубокий кризис переживает теперь в капиталистических странах и высшая школа.

Разлагающейся буржуазной культуре противостоит культура советского общества, самая прогрессивная в мире.

В обязанность работников высшей школы должно входить: ограждение нашей молодежи от тлетворного влияния буржуазной культуры, идейное вооружение нашей молодежи для наступательной борьбы против буржуазной реакционной идеологии. Постановления ЦК ВКП(б) по идеологическим вопросам являются самым важным идейным оружием для работников высших учебных заведений.

Партийная, комсомольская и профсоюзная организации, профессорско-преподавательский коллектив ставят своей основной задачей в настоящее время дальнейшее повышение качества подготовки высококвалифицированных специалистов для нашей социалистической промышленности, воспитание молодых специалистов, преданных своей Родине, делу коммунизма, расширение научных исследований, имеющих большое теоретическое и промышленное значение, внедрение научных работ в промышленность, стопроцентный охват преподавательского коллектива научно-исследовательской работой с максимальным вовлечением в эту работу лучших студентов.

Коллектив Института осознает свою ответственность за тот участок работы, который ему доверяет партия и правительство, и примет все меры, чтобы оправдать это высокое доверие.

*Кандидат технических наук,  
доцент И. Г. ДЕМИДОВ*

### **СКОРОСТИ ПАРЕНИЯ И КОЭФИЦИЕНТЫ ОБТЕКАНИЯ ПРОДУКТОВ ДРОБЛЕНИЯ ЗЕРНА**

При проектировании мельничных машин, сортирующих продукты дробления зерна по добротности, посредством струи воздушного потока (вейки, аспирационные колонки и др.) необходимо знать скорости парения частиц зерна и коэффициенты обтекания их. Данные эти являются исходным положением для правильного проектирования указанных машин, так как не зная их, невозможно определить размеры сечений аспирирующих каналов, камер для сепарирования менее добротных частиц, а также органов, регулирующих воздушный режим машины. Исследование этого вопроса является особенно актуальным для организаций, проектирующих мельничные машины, так как данные эти отсутствуют в специальной литературе. Настоящая работа является продолжением ранее выполненной работы\*, и имеет своей целью ознакомить работников мукомольной промышленности с результатами, полученными по определению скорости парения и коэффициентов обтекания частиц зерна, а также с результатами определения влияния шелковых сит на уменьшение скорости воздушного потока при прохождении через сито. Определение скорости парения производилось на специальном приборе (рис. 1), описанном нами ранее, в первой работе. Опыты производились над основными продуктами дробления зерна пшеницы, различными по крупноте и добротности. По крупноте продукты фракционировались на следующие две группы: 1) 18/24; 24/30; 30/36; 36/42; 42/48; 48/54; 54/60, т. е. на фракции применительно к диапазону крупноты частиц продуктов, провеваемых на вейках; 2) 18/20; 24/26; 30/32; 36/38; 42/44; 46/48; 52/54; 58/60, т. е. на фракции, наиболее однородных по крупноте частиц. Продукты каждой фракции помещались на ситяной диафрагме соответствующего номера и подвергались воздействию струи воздушного потока, проходящего сквозь сито. Увлекаемые воздухом частицы, в зависимости от изменения физических свойств, а также от изменения скорости

\*. Док. Демидов П. Г. — Скорости парения и коэффициенты обтекания зерна, перерабатываемого в крупу. Журнал «Мукомолье», 1938 г., № 7, стр. 39

воздуха, осаждались в небольших камерах, (А. рис. 1), конической формы, установленных на определенном расстоянии от ситяной диафрагмы. В точках установки осадочных камер (сепараторов) производились замеры скорости воздуха, посредством кататермометра. Диаметр основания конических камер равен диаметру кататермометра, что создавало, относительно, одинаковые условия в отношении определения скорости воздушного потока, в данном сечении трубы.

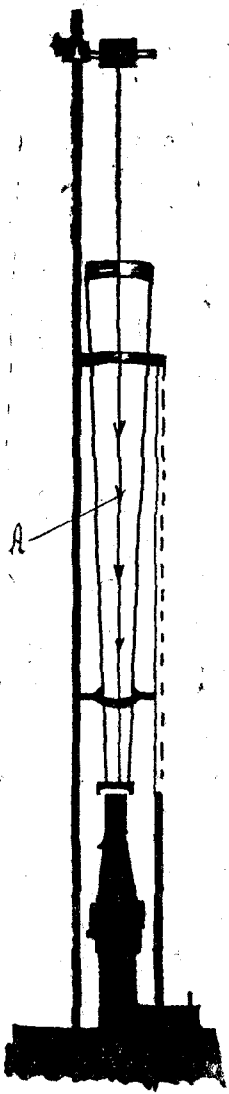


Рис. 1

Результаты определения влияния сита на уменьшение скорости воздуха, при прохождении последнего через сито, приведены в табл. 1 и диаграмме (рис. 2).

Уменьшение скорости воздуха в среднем составляет: для сит крупной крупы (от № 18 до № 30) — 26%; средней крупы (от № 30 по № 40) — 37%; мелкой крупы (от № 40 по № 50) — 43%; жестких дунстов (от № 50 по № 60) — 50%. Это обстоятельство необходимо учитывать как при проектировании веек, так и при регулировании режима работы их. При определении коэффициента обтекания как в нашей предыдущей работе, так и в настоящей нами принята формула:

$$P = \varphi F \gamma \frac{V_0^2}{g} \quad (1)$$

в которой:

$P$  — сила давления струи воздушного потока;

$\varphi$  — коэффициент обтекания, зависящий от формы тела и характера поверхности;

$\gamma$  — удельный вес воздуха ( $\text{кг/м}^3$ );

$F$  — площадь сечения тела, нормального к движению струи воздуха (Миделево сечение);

$g$  — ускорение силы тяжести;

$V_0$  — относительная скорость воздуха.

В этой формуле величина  $\varphi$  отнесена к двум динамическим напорам, что встречается и у ряда других авторов\*. Из формулы (1), при замене относительной скорости  $V_0$  значением скорости воздуха  $V$ , а также при

$P = G$ , находим выражение для определения коэффициента обтекания частиц:

$$\varphi = \frac{G}{\frac{\gamma}{g} V^2 F}, \quad (2)$$

где  $G$  — вес частицы продукта;

$\gamma$  — удельный вес воздуха ( $\text{кг/м}^3$ );

$g$  — ускорение силы тяжести;

$V$  — скорость воздуха при парении частицы продукта;

$F$  — Миделево сечение.

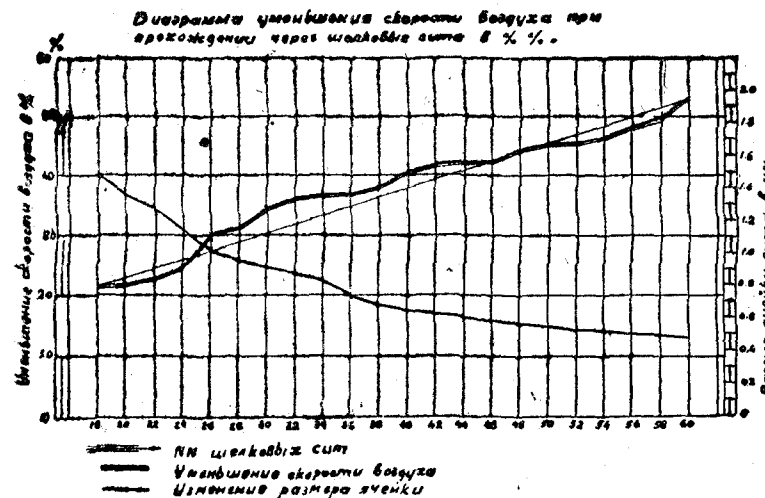


Рис. 2.

В наших опытах величина отношения  $\frac{\gamma}{g}$  равна 0,132. Таким образом, формула (2) при соответствующей замене величины примет следующий вид:

$$\varphi = \frac{G}{0,132 V^2 F}. \quad (3)$$

Как видно из формулы (3), для определения величины  $\varphi$  необходимо определить: вес частицы  $G$ , скорость парения  $V$  и величину Миделева сечения  $F$ . Величина  $\varphi$  определялась при максимальном и минимальном значениях величины  $F$ , при свободном полете частицы. Результаты определения величины  $\varphi$  и  $V$  приведены на табл. 2. Диаграмма (рис. 3) характеризует изменение указанных величин, в зависимости от степени крупноты частиц.

\* 1. Проф. Сливаковский А. О. «Конвейерные установки», часть IV, 1935. Пневматический транспорт, стр. 321.

2. Проф. Гиришсон В. Я. «Взвешенные скорости и коэффициент обтекания зерна». Журнал «Сов. Мук. и Хлеб.», 1929 г. № 9.

Как видно из диаграммы, с увеличением степени крупноты частиц величина  $\varphi$  резко падает, а  $V$  возрастает.

С целью определения скорости парения частиц различной степени крупноты и добротности, а также исследования процесса сортирования частиц по добротности были проведены опыты с

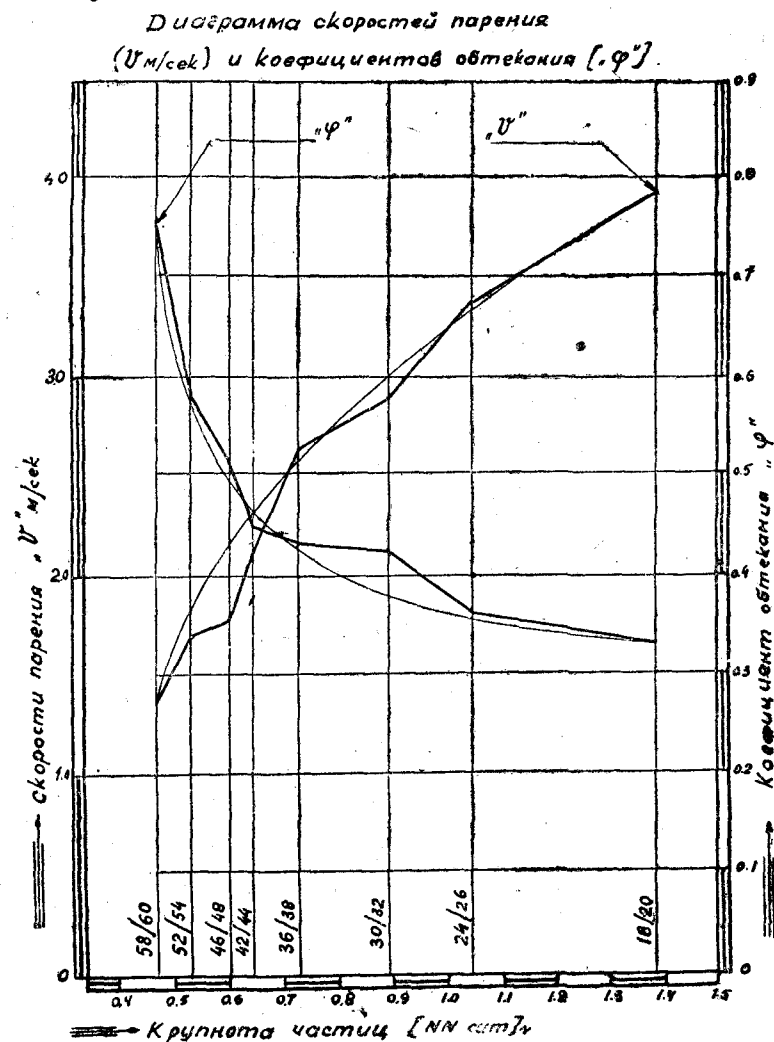


Рис. 3.

продуктами дробления зерна, наиболее однородными по крупноте своих частиц, и с продуктами, менее однородными, соответственно диапазону крупноты продуктов, провеваемых на вейках. Результа-

Таблица 1

Уменьшение скорости воздуха ( $v$ ) м/сек при прохождении через шелковые сита в %

№№ п/п	№№ сит		% снижения $V$			№№ п/п	№№ сит		% снижения $V$		
	нов.	стар.	мин.	макс.	средн.		нов.	стар.	мин.	макс.	средн.
1	7	18	20,0	22,0	21,0	12	6	40	36,0	43,0	40,9
2	8	20	19,0	24,0	22,0	13	—	42	36,0	47,0	41,5
3	—	22	20,0	25,0	22,5	14	7	44	41,0	45,0	42,6
4	9	24	22,0	26,0	23,7	15	8	46	41,0	46,5	43,2
5	10	26	29,0	33,0	31,7	16	9	48	45,0	47,0	46,0
6	11	28	29,5	35,0	32,2	17	—	50	45,0	48,0	46,6
7	—	30	33,0	36,5	34,8	18	20	52	43,0	50,0	46,8
8	12	32	34,0	38,0	36,0	19	21	54	47,0	49,0	47,9
9	3	34	35,0	38,0	36,6	20	22	56	48,0	50,0	49,0
10	4	36	35,7	39,5	36,8	21	—	58	50,0	52,0	51,0
11	5	38	35,0	40,0	37,8	22	23	60	50,0	57,0	53,0

Таблица 2

Величины:		58/60	52/54	46/48	42/44	36/38	30/32	24/26	18/20
Крупнота част. №№ сит.									
Вес крупинки $G$ мгр.	Мин.	0,015	0,029	0,031	0,041	0,088	0,172	0,310	0,582
	Макс.	0,019	0,033	0,035	0,054	0,101	0,211	0,407	0,747
	Сред.	0,016	0,031	0,033	0,047	0,096	0,185	0,348	0,640
Миделево сечение $F$ мм <sup>2</sup>	Мин.	0,070	0,110	0,146	0,140	0,210	0,320	0,500	0,890
	Макс.	0,102	0,182	0,207	0,210	0,305	0,485	0,840	1,310
	Сред.	0,087	0,140	0,162	0,180	0,245	0,395	0,675	0,970
Коэффициент обтекания $\varphi$	Мин.	1,55	1,16	0,97	1,08	1,31	1,39	0,81	0,79
	Макс.	0,55	0,26	0,22	0,27	0,25	0,22	0,19	0,16
	Сред.	0,76	0,58	0,51	0,45	0,43	0,43	0,36	0,33
Скорости парения $V$ м/сек.	Мин.	1,08	1,36	1,30	1,45	1,55	1,73	2,40	2,50
	Макс.	1,61	2,30	2,40	2,65	3,30	3,85	4,40	5,20
	Сред.	1,38	1,72	1,80	2,10	2,62	2,89	3,30	3,90

Таблица 3

Всота парения частицы над ситом в см		ХАРАКТЕРИСТИКА КРУПНОТЫ ЧАСТИЦ																							
		18/20		24/26		30/32		36/38		42/44		46/48		52/54		58/60									
		%	V	%	%	V	%	%	V	%	%	V	%	%	V	%	%	V							
		1	2	3	1	2	3	1	2	8	1	2	3	1	2	3	1	2	3						
1	20	28,0	1,0	5,2	41,0	0,72	4,4	19,0	0,44	3,8	22,5	0,48	3,3	37,0	0,34	2,65	18,0	0,53	2,4	30,0	0,35	2,3	27,5	0,41	1,6
2	35	21,0	1,24	4,0	26,0	0,90	3,2	26,5	0,46	3,1	19,0	0,54	3,0	13,0	0,37	2,3	17,5	0,62	1,7	14,2	0,50	1,5	17,0	0,59	1,4
3	50	21,0	1,58	2,5	18,0	0,91	2,4	23,0	0,53	1,7	12,8	0,55	1,5	11,5	0,49	1,4	15,5	0,64	1,3	13,2	0,55	1,3	17,7	0,62	1,0
4	65	12,0	1,96	1,8	6,3	1,33	1,7	21,5	0,54	1,4	21,0	0,55	1,2	11,5	0,52	1,0	18,0	0,71	0,8	32,0	0,59	0,8	25,0	0,65	0,6
5	80	84,5	2,85	1,46	3,9	2,4	1,3	5,8	1,19	1,1	19,0	0,61	0,92	12,0	1,40	0,78	24,0	0,78	0,7	5,8	0,74	0,7	7,8	1,13	0,5
6	100	3,5	3,34	1,12	4,8	2,79	1,0	4,2	3,06	0,88	5,7	3,32	0,77	15,0	2,40	0,64	7,0	2,95	0,6	4,8	0,89	4,5	5,0	1,16	0,4
Итого		100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—
Мин.		—	1,0	1,12	—	0,72	1,0	—	0,44	0,88	—	0,48	0,77	—	0,34	0,64	—	0,53	0,6	—	0,35	0,5	—	0,41	0,4
Макс.		—	3,34	5,2	—	2,79	4,4	—	3,06	3,8	—	3,32	3,3	—	2,40	2,65	—	2,95	2,4	—	0,89	2,3	—	1,16	1,6
Сред.		—	1,56	2,68	—	0,95	2,33	—	0,56	2,0	—	0,69	1,78	—	0,75	1,47	—	0,70	1,26	—	0,58	1,19	—	0,80	0,91

1. Количество продукта в %

2. Зольность в %

3. Скорость парения V м/сек.

Таблица 4.

п/п №№	Высота парения частицы над ситом в см	ХАРАКТЕРИСТИКА КРУПНОТЫ ЧАСТИЦ																							
		18/24			24/30			30/36			36/42			42/48			48/54			54/60			54/60		
		%	V	%	%	V	%	%	V	%	%	V	%	%	V	%	%	V	%	%	V	%	%	V	%
1	20 см.	21,0	0,82	4,4	23,0	0,51	4,3	31,5	0,53	3,7	30,0	0,50	3,4	29,5	0,58	2,4	30,0	0,51	2,3	57,0	0,50	1,61	—	—	—
2	35 см.	23,0	0,80	3,2	26,0	0,45	2,9	21,8	0,50	2,7	13,3	0,42	2,3	7,2	0,53	1,7	7,0	0,50	1,5	5,8	0,62	1,45	—	—	—
3	50 см.	28,0	0,87	2,7	20,0	0,57	2,6	16,2	0,42	2,2	7,7	0,43	1,9	4,9	0,35	1,4	6,6	0,42	1,4	5,8	0,52	1,08	—	—	—
4	65 см.	12,0	1,59	1,7	20,6	0,65	1,5	22,0	0,45	1,4	12,0	0,37	1,1	29,2	0,39	0,85	27,5	0,38	0,8	20,0	0,60	0,65	—	—	—
5	80 см.	4,0	2,18	1,3	7,7	0,61	1,1	6,3	1,05	1,0	24,0	0,43	0,85	26,1	0,50	0,71	24,0	0,51	0,67	8,5	1,50	0,49	—	—	—
6	100 см.	2,0	2,87	1,0	2,7	3,02	0,95	2,2	3,22	0,81	13,0	2,2	0,65	3,1	2,89	0,57	4,9	2,92	0,54	2,9	2,69	0,42	—	—	—
Итого	100	—	—	100	—	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	—	—	—
Мин.	—	0,82	1,0	—	0,45	0,95	—	0,42	0,81	—	0,37	0,65	—	0,35	0,57	—	0,38	0,54	—	0,50	0,42	—	—	—	—
Макс.	—	2,87	4,4	—	3,02	4,3	—	3,22	3,7	—	2,2	3,4	—	2,89	2,4	—	2,92	2,3	—	2,69	1,61	—	—	—	—
Сред.	—	0,98	2,4	—	0,75	2,2	—	0,70	1,9	—	0,70	1,7	—	0,62	1,2	—	0,59	1,1	—	0,68	0,9	—	—	—	—

1. Количество продукта в %

2. Зольность в %

3. Скорость парения V м/сек

ты этих исследований приведены в табл. 3 и 4 и на диаграммах (рис. 4 и 5).

На основании полученных результатов можно сделать следующие общие выводы:

1) Эффективность воздействия воздушного потока на процесс сортирования частиц по добротности зависит, главным образом,

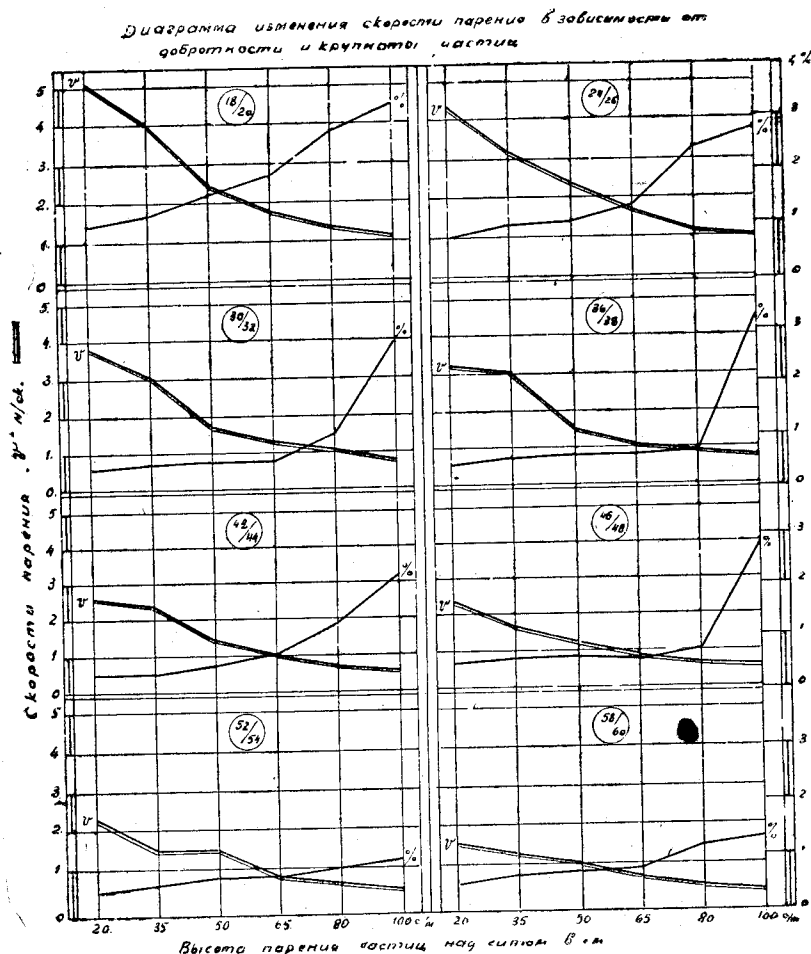


Рис. 4

от физических свойств оболочечных частиц (формы, величины и веса), обуславливающих удельную парусность частицы;

2) Чем более резко отличаются оболочечные частицы по своим физическим свойствам от добротных частиц, тем более эффективно происходит отделение их;

3) Степень однородности частиц провеваемого продукта по величине в значительной степени влияет на процесс сортирования частиц по добротности;

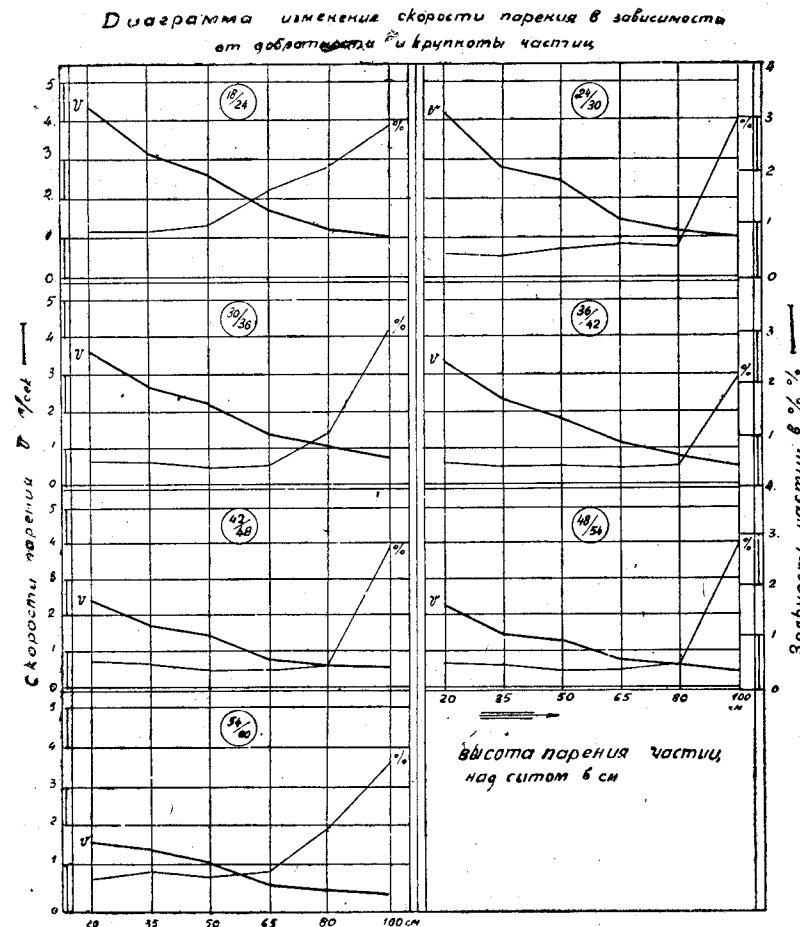


Рис. 5

4) Скорости парения и коэффициенты обтекания частиц продуктов дробления зерна зависят от крупноты и степени добротности частиц и с изменением последних резко изменяются. Средние значения коэффициентов обтекания для добротных крупочных частиц равны:

- а) для частиц крупной крупы 18/32  $\varphi = 0,37$ ;
- б) « « средней « 32/44  $\varphi = 0,44$ ;
- в) « « мелкой « 44/54  $\varphi = 0,51$ ;
- г) жестких дунстов 54/60  $\varphi = 0,67$ .

Средние значения скорости парения для добротных крупочных частиц равны:

- а) для частиц крупной крупы 18/32  $V = 3,36$  м/сек.
- б) « « средней « 32/44  $V = 2,54$  м/сек.
- в) « « мелкой « 44/54  $V = 1,87$  м/сек.
- г) жестких дунстов 54/60  $V = 1,55$  м/сек.

Средние значения скорости парения для отвеваемых оболочечных частиц (высокозольных) равны:

- а) для частиц 18/32 —  $V = 1,0$  м/сек.
- б) « « 32/44 —  $V = 0,76$  м/сек.
- в) « « 44/54 —  $V = 0,58$  м/сек.
- г) « « 54/60 —  $V = 0,45$  м/сек.

Приведенные данные позволяют определить высоты расположения лотков, собирающих сепарируемые частицы над ситом, в каждом отделении вейки.

Кандидат технических наук,  
доцент В. Я. БЕЛЕЦКИЙ

## ДВИЖЕНИЕ ПРОДУКТА ПО ГОРИЗОНТАЛЬНОМУ СИТУ РАССЕВА

1. Первое исследование движения материальной частицы на плоском сите отсева произведено великим русским ученым Николаем Егоровичем Жуковским. Как известно, плоское сито отсева совершает круговое поступательное движение, т. е. любая его точка описывает окружность. В основу своего исследования<sup>1</sup> Н. Е. Жуковский положил следующую гипотезу: материальная частица в своем движении по сити в течение каждого оборота приводного вала описывает окружность.

С помощью оригинального и чрезвычайно изящного геометрического метода Н. Е. Жуковский нашел, что радиус упомянутой окружности.

$$r_0 = \sqrt{r^2 - r_1^2}. \quad (1)$$

Здесь:

$r$  — радиус окружности, описываемый точкой сита отсева и  
 $r_1$  — радиус окружности — абсолютной траектории материальной частицы.

Причем, величина  $r_1$  в свою очередь определяется следующей формулой

$$r_1 = \frac{900}{n^2} f, \quad (2)$$

где:

$f$  — величина коэффициента трения частиц продукта о сито и  
 $n$  — число оборотов приводного вала отсева в минуту.

2. Сущность изложенного ниже исследования заключается в следующем. Ввиду того, что материальные частицы (продукт) поступают на сито тогда, когда оно уже находится в движении, то, рассматривая движение материальной частицы по сити отсева, следует учитывать соответственные так называемые «начальные условия движения». Другими словами, автору этой заметки

<sup>1</sup> Заметка о плоском отсеве, Бюллетень политехнического общества, № 8, 1896/97.

представляется, что при исследовании движения материальной частицы по ситу рассева следует исходить из того положения, что абсолютная скорость частицы в начальный момент ее движения по ситу равна нулю.

Если представить себе, что материальная частица и сито рассева обладают абсолютно гладкими поверхностями соприкосновения и, следовательно, скольжению материальной частицы по ситу ничто не противодействует, то тогда попавшая на горизонтальное сито рассева частица пребывала бы в состоянии абсолютного покоя. Очевидно, что характер относительного движения (а нас интересует только это движение) материальной частицы и горизонтального сита не изменится, если мы предположим, что сито неподвижно, а частица описывает по ситу окружность радиуса  $r$ . В этом случае величина ускорения (центростремительного) частицы, как известно из механики, будет равна  $\omega^2 r$ .

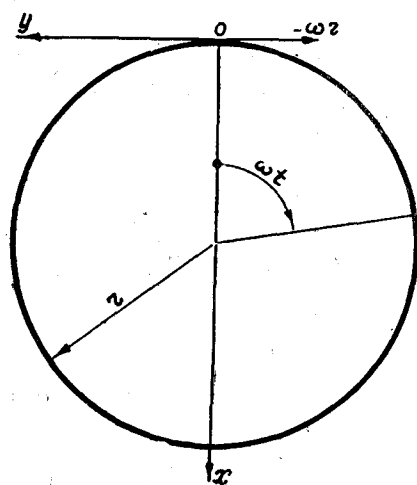


Рис. 1.

кулярным координатным осям (рис. 1)  $x$  и  $y$ :

$$m x'' = m \omega^2 r \cos \omega t - F \frac{x'}{\sqrt{(x')^2 + (y')^2}}, \quad (3)$$

$$m y'' = m \omega^2 r \sin \omega t - F \frac{y'}{\sqrt{(x')^2 + (y')^2}}. \quad (4)$$

Проинтегрировать эти дифференциальные уравнения при помощи известных функций, к сожалению, не удается. Это обстоятельство, собственно говоря, и побудило Н. Е. Жуковского ввести приведенную выше гипотезу, так как только таким путем ему удалось получить решение задачи в общем виде.

3. Из уравнений (3) и (4), которые можно переписать так:

$$x'' = \omega^2 r \cos \omega t - f g \frac{x'}{\sqrt{(x')^2 + (y')^2}} \quad (5)$$

$$y'' = \omega^2 r \sin \omega t - f g \frac{y'}{\sqrt{(x')^2 + (y')^2}} \quad (6)$$

следует, что поведение материальной частицы определяется следующими параметрами рассева: угловой скоростью приводного вала  $\omega$ , радиусом окружности, описываемой точкой кузова  $r$  и величиной коэффициента трения  $f$  продукта о сито.

Вследствие того, что мельничные рассевы имеют стандартную величину эксплуатационной угловой скорости приблизительно  $20 \frac{1}{\text{сек}}$ , и что в современных конструкциях самобалансирую-

щихся рассевов радиус окружности, описываемой точкой кузова, постоянен и равен  $r = 0,04$  м., то представляется целесообразным произвести численное интегрирование дифференциальных уравнений (5) и (6).

Разумеется, мы получим не общий, а частный результат, но имеющий большое практическое значение. Кроме того, это позволит нам сделать и некоторые выводы общего порядка.

Итак, подставляем в дифференциальные уравнения (5) и (6) следующие значения величин  $\omega$ ,  $r$  и  $f$ :  $\omega = 20 \frac{1}{\text{сек}}$ ,  $r = 0,04$  м и  $f = 0,5$ .

Для выполнения численного интегрирования делим один оборот приводного вала рассева на 60 частей, т. е. рассматриваем последовательные положения материальной частицы через каждые  $6^\circ$  поворота приводного вала, что соответствует интервалу времени

$$t = \frac{2 \cdot \pi}{60 \cdot \omega} = \frac{2 \pi}{60 \cdot 20} \cong 0,005 \text{ сек.}$$

Итак, принимаем приращение независимого переменного—времени, равным 0,005 сек.

Совмещая начало координатной системы (рис. 1) с какой-либо точкой контакта материальной частицы с ситом и ориентируя ось игреков в направлении, противоположном скорости точки сита в начальный момент контакта, имеем следующие значения начальных данных:

$$x_0 = 0; y_0 = 0; x'_0 = 0; y'_0 = -\omega r = -20 \cdot 0,4 = -0,8 \frac{\text{м}}{\text{сек.}}$$

Опуская все промежуточные расчеты, приводим ниже в таблице лишь ряд последовательных значений (соответствующих равным приращениям времени 0,005 сек.) составляющих скоростей материальной точки  $x'$  и  $y'$  и ее координат  $x$  и  $y$ .

$t$	$x'$	$y'$	$x$	$y$
0	0	-0,800	0,000	0
0,005	0,08	0,000	-0,004	0,080
0,010	0,154	-0,734	0,001	-0,008
0,015	0,225	-0,689	0,002	-0,012
0,020	0,29	-0,638	0,003	-0,016
0,025	0,35	-0,579	0,005	-0,019
0,030	0,401	-0,516	0,007	-0,022
0,035	0,450	-0,446	0,009	-0,024
0,040	0,486	-0,378	0,011	-0,026
0,045	0,517	-0,303	0,014	-0,028
0,050	0,539	-0,224	0,017	-0,029
0,055	0,551	-0,145	0,020	-0,030
0,060	0,556	-0,067	0,023	-0,030
0,065	0,55	0,013	0,026	-0,030
0,070	0,547	0,089	0,029	-0,030
0,075	0,529	0,161	0,032	-0,029
0,080	0,503	0,234	0,035	-0,028
0,085	0,475	0,298	0,037	-0,027
0,090	0,481	0,362	0,039	-0,025
0,095	0,386	0,420	0,041	-0,023
0,100	0,334	0,473	0,043	-0,021
0,105	0,282	0,525	0,045	-0,019
0,110	0,225	0,565	0,046	-0,016
0,115	0,163	0,599	0,047	-0,013
0,120	0,093	0,625	0,048	-0,010
0,125	0,026	0,643	0,048	-0,037
0,130	-0,046	0,646	0,048	-0,004
0,135	-0,117	0,650	0,048	-0,001
0,140	-0,190	0,654	0,048	0,002
0,145	-0,261	0,636	0,047	0,005
0,150	-0,333	0,611	0,046	0,008
0,155	-0,404	0,591	0,044	0,011
0,160	-0,465	0,558	0,042	0,014
0,165	-0,526	0,518	0,040	0,017
0,170	-0,583	0,478	0,037	0,019
0,175	-0,634	0,426	0,034	0,021
0,180	-0,680	0,369	0,031	0,023
0,185	-0,721	0,311	0,028	0,025
0,190	-0,750	0,244	0,025	0,026
0,195	-0,780	0,177	0,025	0,027
0,200	-0,790	0,098	0,017	0,028
0,205	-0,800	0,004	0,013	0,028

Из этой таблицы видно, что по истечении 0,205 сек., что соответствует повороту приводного вала на  $246^\circ$  (примерно на  $2/3$  оборота) скорость частицы по одной оси почти равна нулю ( $y' = 0,004 \frac{м}{сек}$ ), а по другой — равна  $0,8 \frac{м}{сек}$  ( $x' = 0,8 \frac{м}{сек}$ ).

Обратим внимание на этот факт наличия составляющей скорости материальной частицы вдоль одной координатной оси величиной в  $0,8 \frac{м}{сек}$  и отсутствия в то же время составляющей скорости

вдоль другой оси. Эти значения скоростей совпадают с приведенными выше начальными величинами составляющих скорости материальной частицы по осям координат.

Из сказанного следует, что мы имеем право по истечении 0,205 сек. рассматривать материальную частицу в качестве как бы вновь поступившей на сито, и поэтому совместить начало координат с положением ранее избранной на материальной частице точки и изменить в соответствии с условием  $x'_0 = 0$  и  $y'_0 = -0,8 \frac{м}{сек}$

наименование и направление осей координат. Ясно, что через последующие 0,205 сек. материальная частица вновь опишет траекторию, идентичную по виду ранее полученной, и т. д.

Беря значения координат  $x$  и  $y$  из таблицы, строим (рис. 2) кривую  $ABC$ . Для последующих 0,205 сек. имеем траекторию  $CDE$ . Затем получим траекторию  $EAF$  и т. д. Из рис. 2 видно, что по истечении приблизительно 5,70 сек. или через  $9/5$  оборота приводного вала материальная частица вновь возвращается в «исходное» положение — точку  $A$ . Следовательно, при вышеприведенных расчетных величинах  $\omega$ ,  $r$  и  $f$  периодом свободного (не искаженного гребешками) движения материальной частицы по ситу рассева является время  $9/5$  оборота приводного вала и при этом частица описывает петлевидную замкнутую кривую (рис. 2)  $ADBECDFEA$ .

Для сравнения на рис. 2 пунктирными линиями нанесена окружность радиуса  $r_0$ , которую описала бы на сите материальная частица, если бы ее движение действительно подчинялось условиям, выраженным формулами (1) и (2), при

$$\omega = 20 \frac{1}{сек}, r = 0,04 м. и f = 0,5.$$

Из рис. 2 ясно видно, что величины:  $\omega$ ,  $r$  и  $f$  — в действитель-

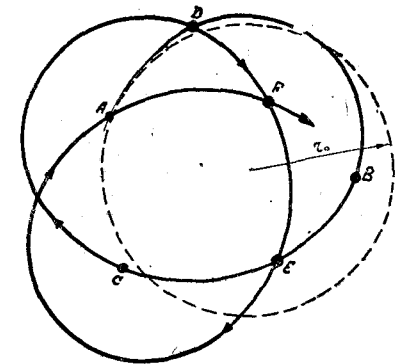


Рис. 2.

ности определяют и вид траектории частицы в ее движении по ситу.

4. В настоящее время общепринято считать, что если число оборотов приводного вала в минуту не больше, чем величина

$$n_k = 30 \sqrt{\frac{f}{r}}, \quad (7)$$

то материальная частица якобы не способна скользить по горизонтальному ситу.

Исходя из основного приведенного в п. 2 фактического положения, а именно, что материальная частица попадает не на неподвижное, а на движущееся сито, следует подвергнуть проверке насколько реально утверждение, связанное с зависимостью (7).

Здесь необходимо напомнить, что формула (7) получается в предположении, что материальная частица движется совместно с ситом и рассматривается вопрос, при каких обстоятельствах она начнет скользить по ситу. Но, согласно вышеизложенному, нам следует предварительно выяснить следующий основной вопрос. Поскольку материальная частица фактически попадает на движущееся сито и, следовательно, первичное скольжение частицы по ситу является, так сказать, естественным, то, прежде всего очевидно необходимо ответить на вопрос: когда прекратится первоначальное скольжение материальной частицы по ситу, — а затем лишь можно рассуждать по поводу возможности или невозможности нового (вторичного) скольжения.

Совершенно ясно, что прекращение скольжения частицы по ситу означает, что скорость этого скольжения равна нулю. Следовательно, начальные условия скольжения материальной частицы, подобно выше рассмотренному в п. 3, таковы:

$$x_0 = 0; \quad y_0 = 0; \quad x'_0 = 0; \quad y'_0 = -\omega r.$$

Конечные условия —

$$x'_k = 0 \text{ и } y'_k = 0.$$

Во всех произведенных численных интегрированиях дифференциальных уравнений (5) и (6) при условии, что угловая скорость меньше, чем соответствующая числу оборотов  $n_k$  по формуле (7), нам не удалось обнаружить, чтобы обе составляющие скорости  $x'$  и  $y'$  одновременно приняли нулевое значение.

Следовательно, материальная частица при отсутствии гребешков (гонков) никогда не движется совместно с ситом, а всегда скользит по нему.

## ВЫВОДЫ

1. Продукт при отсутствии гонков движется по ситу при любой скорости вращения приводного вала рассева;

2. Траектория движения частицы по ситу не окружность, как это принято думать, а петлевидная замкнутая кривая;

(Ясно, что и траектория абсолютного движения частицы продукта также не окружность);

3. Предложенные до сих пор теоретические обоснования для выбора расстояния между гонками сита и ширины каналов, как основанные на предположении круговой траектории частиц, нуждаются в существенной и коренной переработке.

Кандидат технических наук,  
доцент П. Н. ПЛАТОНОВ

## ДВИЖЕНИЕ СЫПУЧИХ ТЕЛ В ВЕРТИКАЛЬНЫХ САМОТЕЧНЫХ ТРУБАХ

Использование скорости падения сыпучих тел, при выходе их из труб, находит широкое применение в технике, в особенности в элеваторной.

Установка специальных направляющих аппаратов, цель которых — изменить скорость сыпучего тела в желаемом направлении, дает возможность энергию падения сыпучего тела обратить на механизацию работ по заполнению емкостей (вагонов, трюмов пароходов или барж).

Между тем условия движения сыпучих тел в вертикальных трубах, где основную роль играет сопротивление воздушной среды, до сих пор не изучены.

Имеющиеся работы в этой области [1] посвящены рассмотрению условий движения отдельного зерна в шахте и выводы, полученные при этом исследовании, не могут быть распространены на движение сыпучего тела — смеси отдельных частиц.

С целью выяснения характера движения сыпучего тела в вертикальных трубах, автором было проведено исследование этого вопроса для сыпучего тела — пшеницы.

### Сопротивление воздушной среды

При падении сыпучего тела в вертикальных трубах связь между отдельными падающими зернами, в виде сил трения, отсутствует и, следовательно, каждая отдельная частица испытывает при падении сопротивление воздушной среды. Следовательно, при движении сыпучего тела в этих условиях можем рассматривать движение отдельной частицы.

При движении отдельных частиц сыпучего тела по трубе режим воздушной среды в трубе будет отличаться от режима окружающего трубу воздуха и наличие того либо иного режима в трубе будет сказываться на сопротивлении воздушной среды падающим частицам сыпучего тела.

Обычно различают два режима воздушных потоков, характеризующих состояние воздушной среды — ламинарный и турбулентный.

При движении сыпучего тела по вертикальным трубам будет иметь место турбулентный режим, ибо падение частиц сыпучего тела вызывает завихрение воздуха, которое, в силу неразрывности воздушной среды, будет передано всему объему воздуха, заполняющему трубу. Кроме сказанного, наличие турбулентного режима воздушной среды в трубе, омывающей падающие частицы, подтверждает наличие условия, определяющего турбулентный режим,

$$d v = 0,015 \div 0,5 \left( \frac{M^2}{\text{сек}} \right),$$

где  $d$  — эквивалентный диаметр частицы ( $M$ ),

$v$  — скорость движения частицы  $\left( \frac{M}{\text{сек}} \right)$ ,

которое в нашем случае имеет место уже после прохождения частицами пути, равного 1 м.

На основании вышеизложенного, сопротивление воздушной среды падающим частицам сыпучего тела, для обычно встречающихся на практике скоростей падения, может быть принято по известной формуле Ньютона [2].

$$R = k \rho F_m v^2, \quad (1)$$

где  $k$  — коэффициент сопротивления частицы сыпучего тела в условиях падения ее в массе частиц;

$\rho = \frac{\gamma}{g}$  — плотность воздуха  $\frac{\text{кг сек}^2}{M^4}$ ;

$\gamma$  — удельный вес воздуха  $\left( \frac{\text{кг}}{M^3} \right)$ ;

$F_m$  — площадь миделева сечения частицы ( $M^2$ ).

Принимая сопротивление воздушной среды падающей частицы по формуле Ньютона и допуская следующие предположения:

- 1) сыпучее тело рассматривается, как однородное, т. е. состоящее из частиц, имеющих средний размер и вес;
- 2) движение частиц в трубе происходит без ударов друг о друга и трения о стенки трубы, — можем составить уравнение движения частиц, падающих в вертикальной самотечной трубе,

$$m \frac{d v}{d t} = G - R, \quad (2)$$

где  $G$  — средний вес отдельной частицы.

Подставляя значение  $R$  из уравнения (1) в уравнение (2) и полагая  $G = mg$ , получим:

$$m \frac{d v}{d t} = m g - k \rho F_m v^2. \quad (3)$$

Принимая для нашего случая, когда число Рейнольдса колеб-

лется в пределах  $Re=1,1 \cdot 10^3$  до  $7,0 \cdot 10^4$ , коэффициент  $k = \text{const}$  [3], что соответствует фактически наблюдаемым скоростям движения частиц, — получим:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{k \rho F_m}{m} \left( \frac{mg}{k \rho F_m} - v^2 \right). \quad (4)$$

Полагая

$$\frac{k \rho F_m}{m} = b \quad \text{и} \quad \frac{mg}{k \rho F_m} = n^2,$$

получим из уравнения (4) после подстановки

$$\frac{dv}{dt} = b(n^2 - v^2). \quad (5)$$

Интегрируя уравнение (5) при начальных условиях  $t = 0$ ,  $v = 0$  и  $h = 0$  ( $h$  — высота падения частиц сыпучего тела), получим:

$$v = \frac{dh}{dt} = b \frac{e^{bnt} - 1}{e^{bnt} + 1}. \quad (6)$$

Интегрируя в тех же условиях уравнение (6), получим:

$$h = \frac{1}{b} \ln ch(bnt). \quad (7)$$

Исключая время из уравнений (6) и (7), получим:

$$v = n \sqrt{1 - e^{-\frac{2gh}{n^2}}}. \quad (8)$$

Разлагая второй член подкоренного выражения уравнения (8) в ряд и отбрасывая члены ряда после третьего, получим:

$$e^{-\frac{2gh}{n^2}} = 1 - \frac{2gh}{n^2} + \frac{2g^2h^2}{n^4}.$$

Подставив полученное значение в уравнение (8), получим:

$$v = \sqrt{\left(1 - \frac{gh}{n^2}\right) 2gh}. \quad (9)$$

Полагая  $1 - \frac{gh}{n^2} = c^2$ , получим:

$$v = c \sqrt{2gh}. \quad (10)$$

Уравнение (10) даст зависимость скорости движения частиц сыпучего тела от сопротивления среды, которое учитывается коэффициентом  $c$  и скоростью падения частиц в безвоздушном пространстве.

Находя экспериментальным путем величину  $c$  для данного режима воздушной среды, можем подобрать такой режим, при котором получаются желаемые скорости выхода частиц сыпучего тела из самотечной трубы, обеспечивающие работу гравитационного триммера.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Автором настоящей работы был поставлен целый ряд опытов на лабораторной установке с дальнейшей проверкой полученных результатов в производственных условиях.

Целью проведения опытов было:

- 1) исследование состояния воздушной среды в трубе при движении в ней сыпучего тела;
- 2) определение влияния состояния воздушной среды в трубе на скорость движения сыпучего тела;
- 3) экспериментальное определение коэффициента  $c$  для различных режимов воздушной среды в трубе.

Экспериментальная часть работы была проведена на специально построенной установке высотой 12 м, диаметр трубы — 100 мм. Для снятия характеристики воздушной среды в трубе через каждый метр длины были впаяны штуцеры, соединенные с микроманометрами. Скорость движения сыпучего тела в трубе определялась через один метр по длине трубопровода [4].

Для опытов была взята пшеница, предварительно очищенная на ситах, с объемным весом  $0,78 \text{ т/м}^3$ .

Для оценки работы вертикальной самотечной трубы была принята плотность загрузки  $\tau$ , характеризующая количество зерна, проходящего через сечение трубы в единицу времени, и равная

$$\tau = \frac{Q}{F} \left( \frac{T}{\text{м}^2 \text{ сек}} \right),$$

где  $Q$  — секундная производительность трубы  $\left( \frac{T}{\text{сек}} \right)$   
 $F$  — площадь поперечного сечения трубы ( $\text{м}^2$ ).

## Состояние воздушной среды в трубе

Как показали опыты, при движении зерна в трубе состояние воздушной среды в трубе отличается от обычно принимаемого.

Зерновой поток, двигаясь по трубе, герметизированной по длине от окружающего ее воздуха, оказывает на воздух, заключенный в трубе, действие, аналогичное действию поршня, движущегося в цилиндре. В силу того, что скорость движения зерна изменяется, воздействие зерна на воздух, заключенный в трубе, также будет изменяться, так как изменяется площадь сечения трубы, занимаемая падающим зерном.

При установившемся процессе, в силу взаимодействия падающего зерна и воздуха, в трубе создается разрежение (рис. 1), на поддержание которого расходуется часть энергии падающего зер-

на, что находит свое отражение на изменении скорости падения зерна.

Чем меньше  $\tau$ , тем больше  $\mu$

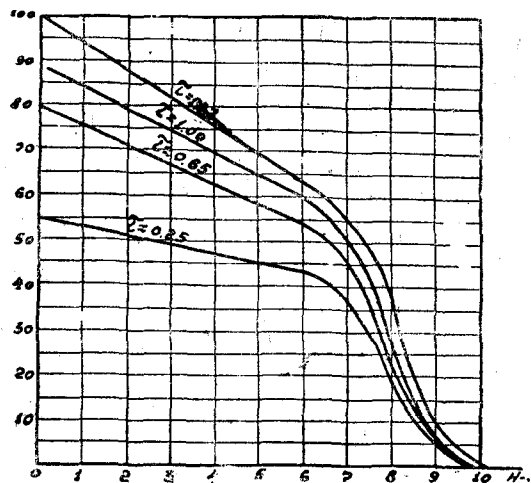


Рис. 1

плотности загрузки  $\tau$ , разрежение в трубе возрастает и, следовательно, возрастает сопротивление движению зерна.

Лобовое сопротивление движению зерна зависит, в основном, от формы отдельных зерен и измерить его величину мы не имеем возможности. Сопротивление, вызываемое разрежением воздушной среды в трубе при движении зерна, может быть уменьшено по нашему желанию. Следовательно, для увеличения скорости зерна мы должны итти по пути создания таких установок, в которых это сопротивление было бы сведено к минимальному.

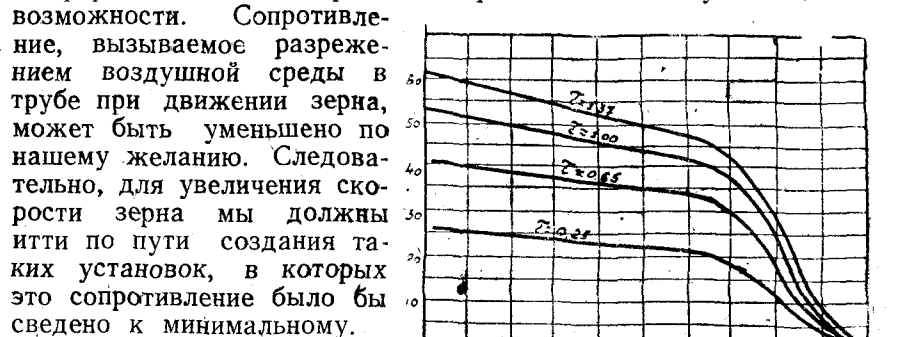


Рис. 2

Снижение разрежения в трубе может быть осуществлено двумя методами: уменьшением плотности загрузки трубы и нарушением герметичности трубы путем ее соединения с окружающей воздушной средой.

Первый метод для получения заметного эффекта потребует значительного увеличения размеров трубы (площади поперечного сечения) и поэтому не может быть принят.

Рассматривая взаимодействие зерна и среды в любом сечении по длине трубы, можем сделать вывод, что наряду с обычным лобовым сопротивлением, испытываемым отдельными зернами, здесь еще имеет место дополнительное сопротивление, расходуемое на создание, а затем и поддержание разрежения в трубе.

Следовательно, в рассматриваемом случае скорость падения зерна будет ниже, чем при падении в неограниченной воздушной среде. При увеличении

Второй метод даст возможность достичь желаемых результатов, при сохранении принятых размеров трубы, путем введения некоторых конструктивных изменений в детали трубы.

При исследовании был принят второй метод, который был осуществлен путем соединения трубы с окружающей воздушной средой посредством входного коллектора в верхней части трубы.

Результаты опытов с трубой, лишенной герметичности, показали, что с увеличением количества засасываемого воздуха в трубу разрежение в ней падает (рис. 2). При этом, как показали опыты, количество воздуха, засасываемого в трубу, не есть величина постоянная, а зависит, в свою очередь, от плотности загрузки трубы (рис. 3). Эта зависимость объясняется тем, что воздух при входе в трубу должен преодолеть сопротивление решетки, которая образуется из частиц падающего зерна. Вполне понятно, что густота этой «решетки» находится в прямой зависимости от плотности загрузки трубы.

Если обозначить через  $\mu$  объемный коэффициент смеси, который характеризует количество засасываемого воздуха в трубу по отношению к объемной производительности последней, т. е.

$$\mu = \frac{V_b}{V_z},$$

где  $V_b$  — секундный объем воздуха, засасываемого в трубу;

$V_z$  — секундный объем зерна, проходящего через данное сечение трубы,

то на основании данных, полученных опытным путем, зависимость коэффициента смеси  $\mu$  от плотности загрузки  $\tau$  может быть выражена кривой по рис. 3.

Следовательно, при увеличении плотности нагрузки и для получения большего значения необходимо увеличивать число точек соединения трубы с окружающей воздушной средой, принимая их не менее двух.

### Характер движения зерна в трубе

Опыты по определению скорости зерна в вертикальной трубе производились при рассмотренных выше режимах воздуха.

При движении зерна в изолированной трубе энергия падаю-

шего зерна частично расходовалась, как было указано выше, на преодоление сопротивления воздушной среды и сопротивления, вызванного наличием разрежения в трубе.

Характер изменения скорости зерна в этом случае наблюдается следующий: вначале скорость зерна возрастает, затем по мере роста сопротивления, являющегося результатом созданного разрежения, замедляется, стремясь к некоторому пределу, эквивалентному скорости парения зерна (рис. 4).

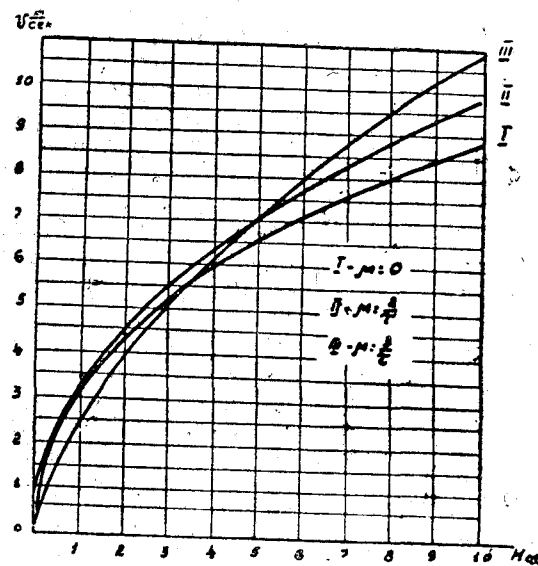


Рис. 4

При движении зерна в трубе, в которой разрежение уменьшено за счет подвода в нее воздуха через специальные отверстия, характер изменения скорости зерна отличается от ранее рассмотренного. В начальный момент скорость зерна растет медленнее, чем в первом случае, так как в этот момент энергия падающего зерна расходуется на подсос воздуха в трубу и сообщение засосанным объемом воздуха определенной скорости и при дальнейшем движении часть энергии падающего зерна расходуется на поддержание скорости движения воздуха. Наличие движения воз-

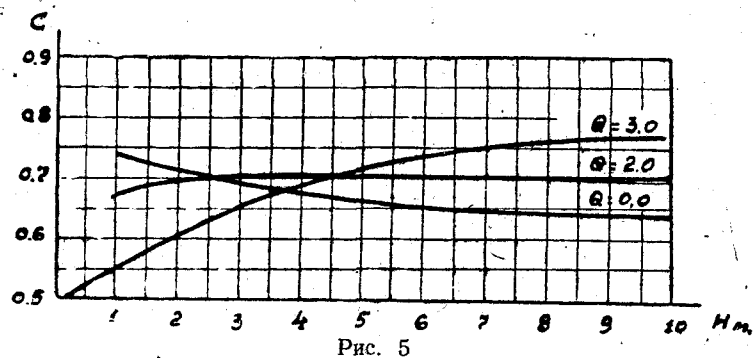


Рис. 5

духа в трубе, в этом случае, уменьшает относительную скорость движения зерна, в силу чего уменьшается сопротивление воздушной среды падающему зерну, что создает условия для дальней-

шего увеличения скорости движения зерна в трубе. При этом, как нетрудно показать, скорость движения зерна будет увеличиваться в зависимости от увеличения коэффициента смеси  $\mu$  (рис. 4).

На основании данных, полученных при опыте, подтверждающих вышесказанное, можно сделать вывод, что в том случае, когда по условиям эксплуатации необходимо иметь минимальную скорость, надлежит применять трубы, изолированные от окружающего воздуха.

Для получения максимальной выходной скорости при выходе из трубы при минимальной высоте, как это имеет место в элеваторной практике, надлежит применять трубы с подводом воздуха, добиваясь получения при этом максимальных значений коэффициента смеси  $\mu$ .

На основании данных опытов (рис. 4) для различных условий получаем значение коэффициента  $c$  уравнения (10) (рис. 5).

Как видно из рис. 5, значение коэффициента  $c$  зависит, с одной стороны, от пути движения зерна и, с другой стороны, от коэффициента смеси  $\mu$ .

При увеличении высоты трубы величина коэффициента  $c$  стремится к определенному пределу, который, с достаточной для практики точностью, можно принимать постоянным.

Так, для обычно встречающихся на практике вертикальных труб с плотностью загрузки  $\tau = 1 \left( \frac{T}{\text{м}^3 \text{сек}} \right)$  коэффициент  $c$  может быть принят равным:

$\mu = 0,0$	1	2	3	4
$c = 0,65$	0,68	0,71	0,75	0,78.

В заключение можно сделать следующие выводы:

1. При движении зерна в вертикальных трубах, изолированных по длине от окружающей среды, в последних развивается разрежение, вызывающее дополнительное сопротивление движущемуся зерну.
2. Величина разрежения в трубе зависит от плотности загрузки последней.
3. При нарушении герметичности трубы разрежение в ней падает, что создает условия для увеличения скорости движения зерна.
4. Скорость движения зерна в вертикальной трубе может быть определена по уравнению:

$$v = c \sqrt{2gh},$$

где коэффициент  $c$  зависит от степени разрежения в трубе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. И. И. Безручкин. Аэродинамические свойства зерна. Труды Московского дома ученых. Вып. II. Сепарирование сыпучих тел. Изд. АН СССР, 1937 г.
2. Н. Е. Жуковский. Теоретические основы воздухоплавания, Госиздат, 1925 г.
3. Л. Прандтль. О. Тимьенс. Гидро- и аэродинамика, т. II, ОНТИ, 1935 г.
4. П. Н. Платонов. Опыты исследования зерновых потоков в самотечных трубах. 1946 г. (диссертация).

Кандидат технических наук,  
доцент П. Н. ПЛАТОНОВ

## ОСОБЕННОСТИ ДВИЖЕНИЯ СЫПУЧИХ ТЕЛ В ЖЕЛОБАХ

1. В данной статье рассматривается предлагаемая автором гипотеза о движении идеально сыпучего тела по желобам.

2. На основании предлагаемой гипотезы выведены основные уравнения движения сыпучих тел по желобам.

3. Полученные теоретическим путем зависимости были проверены экспериментом, подтверждающим предлагаемую гипотезу.

4. Из теоретических положений и данных эксперимента делаются выводы применительно к гравитационным установкам для перемещения сыпучих тел.

При исследовании движения сыпучих тел по рабочим органам машины и в установках гравитационного транспорта необходимо правильно оценивать явления как качественно, так и количественно.

Каких-либо строгих научных положений, определяющих характер движения сыпучих тел по желобам, до сих пор нет. Применяемые многими авторами упрощения, при которых сыпучее тело уподобляется твердому телу, далеко не отражают реальную действительность.

Многочисленные наблюдения над движениями сыпучих тел по желобам, при различных условиях, позволили нам несколько вскрыть характер явлений, сопутствующих этому движению, на этом основании дать совершенно новую трактовку вопроса и выдвинуть гипотезу, которая позволяет оценивать явления, имеющие место при движении.

В нашей статье ограничимся рассмотрением движения только «идеально» сыпучего тела, под этим термином будем понимать сыпучее тело, у которого отсутствует либо почти отсутствует межзерновое сцепление и имеет место только межзерновое трение (внутреннее трение).

При движении сыпучего тела по поверхности возникают силы трения между телом и поверхностью и между отдельными частицами сыпучего тела!

Условимся называть: первые силы — силами внешнего трения и их будем характеризовать, соответственно, коэффициентом внешнего трения  $\rho_0 = \operatorname{tg} \rho_0$ , и вторые силы — силами внутреннего трения и их будем характеризовать, соответственно, коэффициентом внутреннего трения  $\mu = \operatorname{tg} \rho$  ( $\rho_0$  и  $\rho$  — углы трения).

Рассмотрим движение сыпучего тела по желобу, наклоненному под углом  $\alpha$  к горизонту рис. 1.

При различных значениях угла  $\alpha$  могут иметь место различные случаи соотношения  $\alpha$  и углов  $\rho_0$  и  $\rho$ .

В нашей работе ограничимся наиболее интересующими случаями, при которых будет движение, а именно:

$$1) \rho > \alpha > \rho_0, \quad (1)$$

$$2) \alpha > \rho > \rho_0. \quad (2)$$

Одним из основных свойств рассматриваемого сыпучего тела является способность частиц, благодаря трению между ними, сохранять равновесие в пределах, обуславливаемых величиной внутренних сил трения.

Исходя из этого основного свойства сыпучего тела, условия изменения углов наклона желоба (1) и (2) выбраны так, что в первом случае (1) углы наклона не превышают значения угла внутреннего трения и во втором случае (2) углы наклона превышают значение угла внутреннего трения.

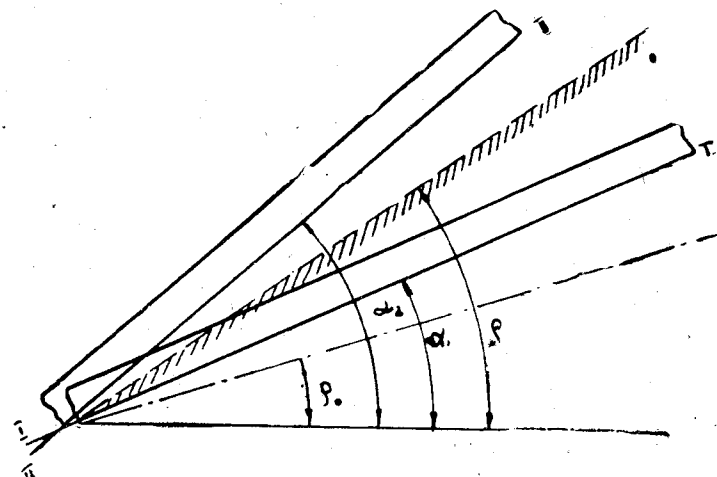


Рис. 1

На рис. 1 показаны эти две основные области изменения углов наклона желобов.

По сделанному выше определению желоб I—I лежит в первой области; заштрихованный объем сыпучего тела может скользить по этому желобу, не изменяя своей формы, т. е. двигаться по такому желобу, обладая всеми свойствами сыпучего тела, находящегося в покое, т. к. имеет место внутреннее равновесие сыпучего тела.

Если увеличить угол наклона желоба от значения  $\alpha_1$  до  $\alpha_2$  (желоб II—II на рис. 1), то сохранение внутреннего равновесия сы-

пучевого тела станет невозможным вследствие того, что частицы сыпучего тела будут перемещаться не только по плоскости желоба, но и друг относительно друга, находясь под действием составляющих сил тяжести больших сил связи (трения).

Таким образом, первая область изменения угла  $\alpha$  — условие (1) — является областью движения сыпучих тел без нарушения внутренних связей, вторая область изменения угла  $\alpha$  — условие (2) — область движения с нарушением внутренних связей сыпучего тела.

Условимся называть первый вид движения связанным движением и второй вид — не связанным движением сыпучего тела.

### Связанное движение

В силу вышесказанного, сыпучее тело, при этом виде движения, перемещаясь по желобу, будет оказывать давление на дно и стенки желоба. Давление на стенки желоба будем считать пропорциональным давлению на дно, коэффициент пропорциональности  $k$  в свою очередь, зависит от свойств сыпучего тела (угла внутреннего трения, однородности, формы частиц и т. д.).

Рассмотрим движение по желобу выделенного объема  $\tau$  (рис. 2). На выделенный объем действует сила тяжести  $G = mg$ .

Разлагая силу тяжести на направления, совпадающие с осью желоба и нормальное к оси желоба, получим

$$\bar{G} = \bar{S} + \bar{N},$$

где

$$S = mg \sin \alpha; N = mg \cos \alpha.$$

Под действием силы  $N$  на дне и боковых стенках желоба возникают силы трения, равные

$$mg \mu_0 \cos \alpha + mg k \mu_0 \cos \alpha.$$

Тогда по закону живых сил:

$$\frac{m(v^2 - v_0^2)}{2} = mgl [\sin \alpha - (1+k)\mu_0 \cos \alpha],$$

откуда при  $1+k = \varepsilon_0$

$$v = \sqrt{2gl(\sin \alpha - \varepsilon_0 \mu_0 \cos \alpha) + v_0^2}, \quad (3)$$

где  $v$  — скорость движения объема  $\tau$  на длине  $l$ ,

$v_0$  — начальная скорость.

Коэффициент  $\varepsilon_0$ , как это нетрудно показать, зависит от формы

поперечного сечения желоба и, на этом основании, назван нами коэффициентом формы.

### Несвязанное движение

В соответствии с принятыми условиями, при несвязанном движении внутреннее равновесие частиц сыпучего тела будет нарушено. Частицы сыпучего тела, лишенные связей, будут совершать движение по желобу и относительно друг друга. Следовательно, состояние сыпучего тела, при этих условиях, будет отличным от обычного.

В силу того, что частицы сыпучего тела получали возможность перемещаться относительно друг друга, давление на боковые стенки, а следовательно и трение о боковые стенки не будет иметь место. Но наличие относительного движения частиц вводит в действие новые силы — силы межзернового трения, которые необходимо учитывать при этом виде движения.

Ввиду того, что законы изменения сил внутреннего трения частиц сыпучего тела не изучены и сами явления не исследованы, будем учитывать эти внутренние силы трения как часть внешних сил трения коэффициентом  $\lambda$ .

Тогда по закону живых сил для системы материальных точек

$$\frac{m(v^2 - v_0^2)}{2} = \int_0^l dW_1 + \int_0^l dW_2, \quad (4)$$

где  $dW_1$  — сумма работ внешних сил на элементарном участке;

$dW_2$  — сумма работ внутренних сил на элементарном участке.

Подставив в уравнение (4) значения  $dW_1$  и  $dW_2$  и проинтегрировав его в указанных пределах, получим:

$$v^2 - v_0^2 = 2gl [\sin \alpha - \mu_0 (1 + \lambda) \cos \alpha],$$

откуда

$$v = \sqrt{2gl(\sin \alpha - \varepsilon \mu_0 \cos \alpha) + v_0^2}, \quad (5)$$

где

$$1 + \lambda = \varepsilon.$$

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Автором настоящей работы был поставлен целый ряд опытов в течение 1939 — 1941 гг. и 1944 г. Целью проведения опытов было:

- 1) проверка выдвигаемых положений о характере движения сыпучего тела и их соответствие реальной действительности;
- 2) определение зависимости коэффициента формы для связанного и несвязанного движения сыпучего тела;
- 3) определение оптимальных условий, обеспечивающих перемещение сыпучего тела по наклонным желобам и трубам.

Для опытов было взято сыпучее тело — пшеница, тщательно очищенная от мелких примесей, которая характеризуется следу-

ющими показателями: объемный вес  $\gamma = 0,79 \text{ т/м}^3$ , угол внутреннего трения  $28^\circ$ , влажность 12,5%, размеры зерен по длине от 5,25 до 8,5 мм, толщина и ширина 2,0 до 3,8 мм.

Опыты проводились на специальной установке, которая позволяла придавать испытуемому желобу углы наклона от  $20^\circ$  до  $45^\circ$ , изменять форму поперечного сечения желоба, изменять высоту слоя движущегося сыпучего тела.

Для определения скорости движения сыпучего тела применялись следующие методы: 1) фотографирование движения окрашенного в черный цвет зерна при определенной, заранее точно измеренной, скорости затвора объектива, 2) при помощи специально изготовленной вертушки, погружаемой лопастями в сыпучее тело.

Опыты были поставлены при углах наклона желоба к горизонту  $\alpha = 20^\circ$  до  $\alpha = 40^\circ$ , при изменении их через каждые  $0,5^\circ$ . Форма поперечного сечения желобов при испытании была выбрана прямоугольная и круглая, как наиболее чаще встречающаяся на практике.

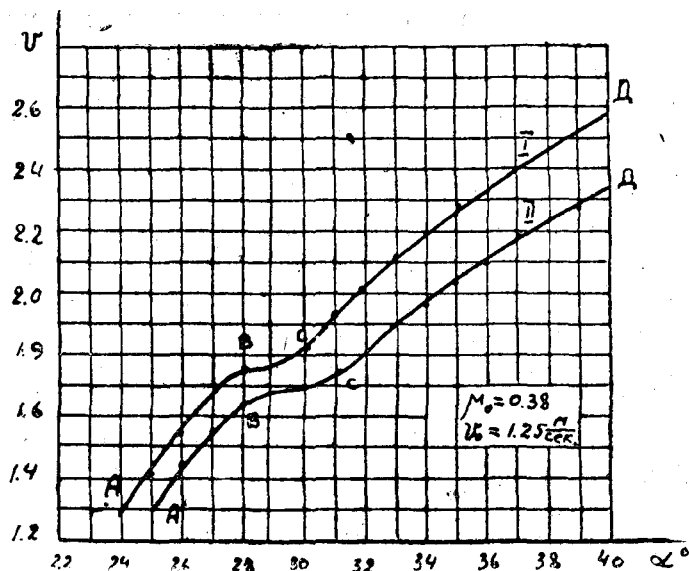


Рис. 3. Кривая I — для прямоугольного сечения.  
Кривая II — для круглого сечения.

Результаты опытов, показывающие зависимость приращения скорости сыпучего тела, движущегося в желобе, на длине, равной 1 м, которое будем в дальнейшем называть удельным приращением скорости от углов наклона, при постоянной для всех значений угла наклона высоте слоя в желобе, приведены на рис. 3.

Из рис. 3 видно, что увеличение угла наклона желоба к горизонту  $\alpha$  влечет за собою увеличение удельного приращения ско-

рости до определенного значения угла  $\alpha$  (участок AB). При некоторых значениях  $\alpha$  удельное приращение скорости почти постоянно (участок BC). При дальнейшем увеличении угла  $\alpha$  удельное приращение скорости вновь возрастает (участок CD).

Поэтому, основываясь на различных закономерностях, определяющих зависимость удельного приращения скорости от углов наклона, рассмотрим движение сыпучего тела, определяемое участками AB, BC и CD (рис. 3).

Участок AB — ему соответствует область изменения углов  $\alpha$  в границах  $\rho \gg \alpha \gg \rho_0$ ,

где  $\rho$  — угол внутреннего трения сыпучего тела;

$\rho_0$  — угол внешнего трения сыпучего тела;

участок BC — область изменения углов  $\alpha$  в границах  $\alpha_1 \gg \alpha \gg \rho$ ;

участок CD — область изменения углов  $\alpha$  в границах  $\alpha_2 > \alpha_1$ .

Характер движения и явления, наблюдаемые при движении сыпучего тела, отличны для каждого из ранее указанного участка.

Для изучения характера движения сыпучего тела в желобах, наклоненных под различными углами к горизонту, рассмотрим результаты опытов для каждой области изменения углов  $\alpha$  в отдельности.

#### Область изменения углов $\alpha$ $\rho \gg \alpha \gg \rho_0$ (связанное движение)

Характерным для сыпучего тела, движущегося по желобу в этой области изменения угла  $\alpha$ , является:

1) отсутствие взаимного перемещения частиц сыпучего тела относительно друг друга (связанное состояние);

2) зависимость удельного приращения скорости, при данном угле наклона, от высоты движущегося слоя сыпучего тела.

Отсутствие взаимного перемещения частиц сыпучего тела и наличие влияния на удельную скорость высоты слоя движущегося по желобу сыпучего тела указывает на то, что при рассматриваемом движении, наряду с силами трения о дно желоба, действуют силы трения о боковые стенки желоба. Следовательно, сыпучее тело движется по желобу при условиях, которые соответствуют условиям связанного движения.

Отсюда можно сделать вывод, что сделанное нами предположение полностью подтверждается опытом. При этом границы, определяющие наличие связанного движения при движении сыпучего тела по желобу, соответствуют границам, ранее принятым.

Наличие горизонтального давления на боковые стенки желоба подтверждается опытом.

Если обозначим коэффициент заполнения желоба  $\psi$  — отношение высоты слоя сыпучего тела в желобе к ширине желоба, т. е.

$$\psi = \frac{h}{b} \text{ для прямоугольного сечения;}$$

$$\psi = \frac{h}{d} \text{ для круглого сечения,}$$

получим на основании данных опыта зависимость предельных значений  $\psi$  для углов  $\alpha$ , лежащих в области связанного движения (рис. 4), при которых скорость сыпучего тела в желобе по всей длине равна, т. е. движение носит равномерный характер.

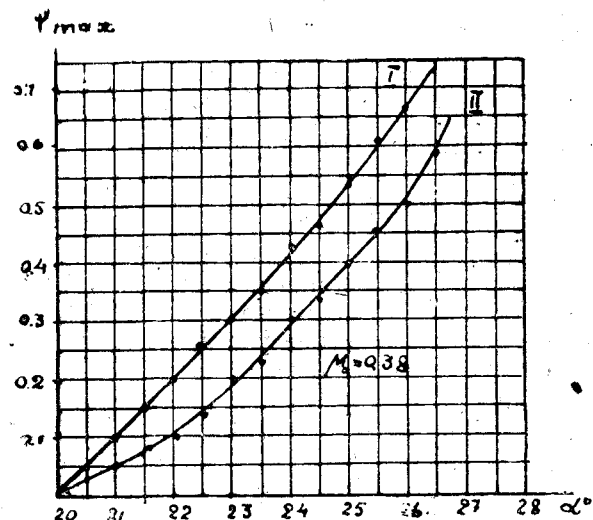


Рис. 4. Кривая I — для прямоугольного сечения; Кривая II — для круглого сечения.

углов наклона  $\alpha$  при различных коэффициентах заполнения.

На этих графиках кривые построены по уравнению (3), в котором значение  $\epsilon_0$  взято из графика рис. 6. Как видно из рис. 6 и 7, полученные при опыте точки близко ложатся к кривым.

Область изменения углов  $\alpha_1 \geq \alpha \geq \rho$

Отличительной чертой характера движения сыпучего тела в этой области является:

1) нарушение связей между частицами сыпучего тела, которое обнаруживается при  $\alpha = \rho$  и ярко выражено при  $\alpha < \alpha_1$ ;

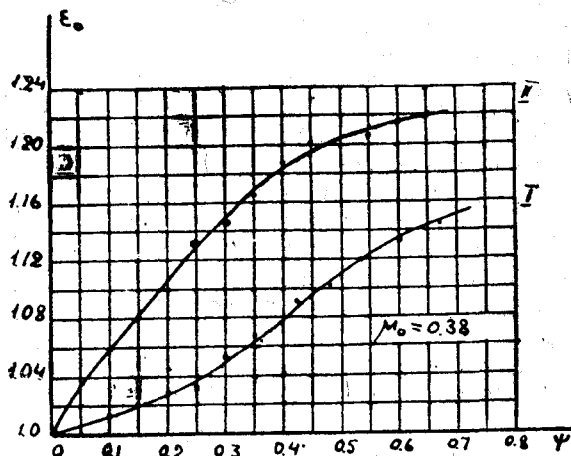


Рис. 5. Кривая I — для прямоугольного сечения; Кривая II — для круглого сечения.

При значениях  $\psi > \psi_{max}$  движение носит характер замедленного, при  $\psi < \psi_{max}$  движение ускоренное.

На основании данных рис. 4 построена графическая зависимость коэффициента формы  $\epsilon_0$  от коэффициента заполнения  $\psi$  (рис. 5).

Рис. 6 и 7 дают представление о зависимости удельного приращения скорости сыпучего тела от

2) отсутствие влияния высоты движущегося слоя сыпучего тела на скорость движения;

3) отсутствие удельного приращения скорости при увеличении угла наклона.

Явления, характерные для этой области изменения угла  $\alpha$ , указывают на то, что здесь имеет место переход от одного вида движения к другому, т. е. переход от связанного движения к несвязанному.

Появление межзернового трения оказывает существенное влияние на удельное приращение скорости, сводя ее к нулю. Энергия потока при увеличении углов наклона почти полностью расходуется на преодоление как ранее существующих сопротивлений, так и вновь появившегося — межзернового трения.

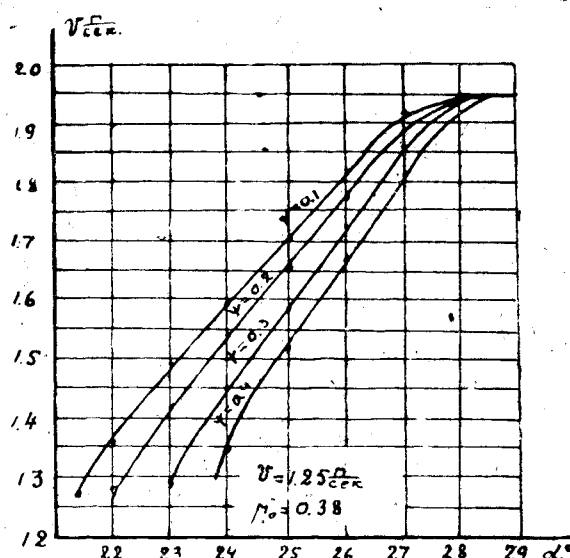


Рис. 6. Прямоугольное сечение желоба

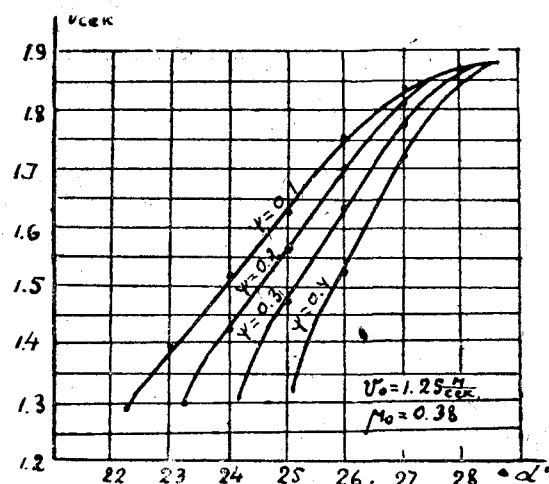


Рис. 7. Круглое сечение желоба

Движение в области изменения угла  $\alpha > \alpha_1 \geq \rho$  представляет большой интерес и подлежит дальнейшему исследованию.

Область изменения угла  $\alpha > \alpha_1$  (несвязанное движение)

Характерным для сыпучего тела, движущегося по жело-

бу в этой области изменения угла  $\alpha$ , является:

1) полное отсутствие связей между частицами сыпучего тела (несвязанное состояние);

2) независимость скорости сыпучего тела от высоты слоя материала в желобе.

Независимость скорости движения сыпучего тела от высоты слоя при нарушении внутренних связей в сыпучем теле говорит

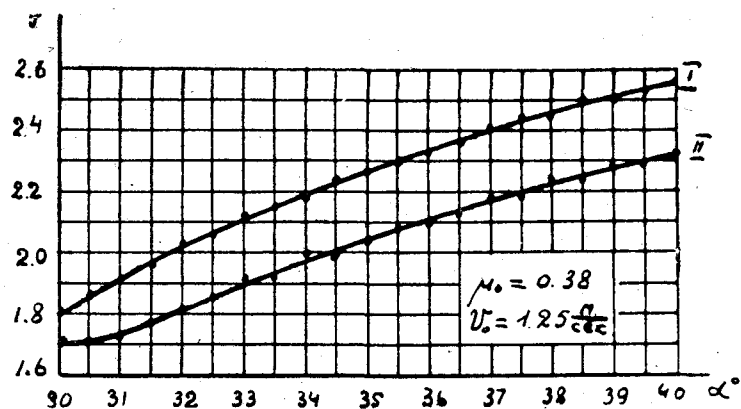


Рис. 8. Кривая I — для прямоугольного сечения;  
Кривая II — для круглого сечения.

о новых свойствах последнего. Частицы сыпучего тела, потеряв связь между собой, уже не в состоянии передавать давление в горизонтальной плоскости, и, следовательно, здесь сыпучее тело теряет свои свойства, которые ему присущи в равновесии. Энергия потока расходуется на преодоление трения сыпучего тела о дно, которое также носит иной характер, чем при связанном движении, и на преодоление межзернового трения. Следовательно, при этом случае имеем условия, которые соответствуют принятому нами определению несвязанного движения.

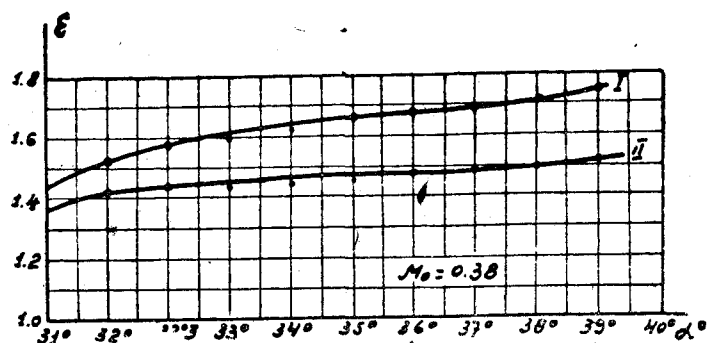


Рис. 9. Кривая I — для прямоугольного сечения;  
Кривая II — для круглого сечения.

Рис. 8 дает представление о зависимости приращения удельной скорости от угла наклона.

При несвязанном движении также имеет место зависимость удельной скорости от формы поперечного сечения желоба рис. 8, что дает возможность, пользуясь уравнением (5) и полученными данными при опытах, получить значение коэффициента  $\epsilon$ .

Рис. 9 дает представление о зависимости коэффициента  $\epsilon$  от угла наклона  $\alpha$ .

Величина  $\epsilon$  с увеличением угла  $\alpha$  незначительно увеличивается, и для практических расчетов может быть принята постоянной.

Полученные результаты при экспериментальном исследовании подтверждают правильность выдвигаемых положений о характере движения сыпучего тела по желобам и трубам и позволяет сделать следующие выводы:

1. При движении сыпучего тела по желобу либо трубе имеют место два основных вида движения — связанное и несвязанное.

2. При связанном движении скорость движения сыпучего тела зависит от угла наклона, формы поперечного сечения и коэффициента заполнения трубы-желоба.

3. При связанном движении имеется закономерная связь между максимальным коэффициентом заполнения и углом наклона желоба-трубы; при превышении коэффициента заполнения выше максимального движение сыпучего тела по желобу не может быть осуществимо.

4. При несвязанном движении скорость сыпучего тела зависит от углов наклона и формы поперечного сечения желоба.

5. Коэффициент формы при связанном движении зависит от коэффициента заполнения желоба-трубы и угла наклона желоба; при несвязанном движении коэффициент формы зависит только от угла наклона и без большой погрешности может быть принят в расчетах постоянным.

6. Наивыгоднейшей формой поперечного сечения желоба-трубы, при которой коэффициент формы имеет наименьшее значение, является прямоугольная.

7. Для перемещения сыпучих тел по желобам-трубам, для бесперебойной работы должно быть принято несвязанное движение. Следовательно, минимальный угол наклона желобов-труб должен приниматься большим возможного угла внутреннего трения перемещаемого сыпучего тела.

Кандидат биологических наук,  
доцент С. З. ХАЙТ

### КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОФЛОРЫ ПРИ ХРАНЕНИИ МУКИ

Оболочки зерен хлебных злаков несут на себе значительное количество разнообразных микробов<sup>7</sup>, которые при помоле в большем или меньшем количестве попадают в муку. Эти микробы являются, при определенных условиях, причиной порчи муки и печеного хлеба. Среди микробов муки можно найти вегетативные формы и споры<sup>9</sup>.

Количество микробов в муке зависит от различных факторов. Одним из таких факторов, как можно было думать, является присутствие в муке элементов оболочек.

Для выяснения этого вопроса нами была исследована свежемолотая пшеничная мука следующих выходов: 30%, 72%, 96%. В ней определялись влажность, общее количество бактерий, количество бактериальных спор, количество плесеней. Кроме того, выяснялась способность муки давать после выпечки ослизнение хлеба.

Общее количество бактерий определялось посевом разведенной в стерильной воде муки в мясопептонный агар (МПА) в чашках Петри. Выросшие при 30°C колонии подсчитывались через 48 час. Количество бактериальных спор устанавливалось посевом муки, пастеризованной при 80° в течение 10 минут, в МПА. Учет плесеней производился посевом в суслоагар. Для исследования способности муки к ослизнению печеного хлеба производилась пробная выпечка безопарным способом. Для этого из 1200 г муки замешивалось на прессованных дрожжах тесто, из которого выпекалось три формовых хлеба.

После выпечки и остывания хлеба заворачивали в плотную бумагу, а затем во влажные салфетки, чтобы предохранить их от высыхания, и ставили в термостат при 35° — 37°C. Через каждые 24 часа один из хлебов надрезался. О картофельной (синонимы: слизевой, тягучей) болезни мы судили по слизистости мякиша, потемнению его и неприятному специфическому запаху.

Результаты исследования помещены в табл. 1, 2, 3.

Таблица 1  
Исследование свежемолотой 30%-ной пшеничной муки

Дата определения	Влажность	Кол. бакт. в 1 г муки	Кол. бакт. спор. в 1 г муки	Кол. плес. в 1 г. муки	Ослизнение хлеба из этой муки
9.V—1935 г.	—	84.000	150	—	Не ослизн. в теч. 72 ч.
11.X—1935 г.	—	12.000	80	—	" " " "
16.XI—1936 г.	16,5	11.000	50	350	" " " "
27.XI—1936 г.	14,7	42.000	120	300	" " " "
8.XII—1936 г.	15,2	16.000	90	170	" " " "
27.II—1937 г.	—	40.000	130	360	" " " "

Таблица 2  
Свежемолотая 72%-ная пшеничная мука

Дата определения	Влажность	Кол. бакт. в 1 г муки	Кол. бакт. спор. в 1 г муки	Кол. плес. в 1 г. муки	Ослизнение хлеба
9.V—1935 г.	—	165000	165	—	Не ослизн. в теч. 72 ч.
11.X—1935 г.	—	142000	160	—	" " " "
26.XI—1936 г.	15,6	53000	120	400	" " " "
27.XI—1936 г.	15,2	76000	180	1300	" " " "
8.XII—1936 г.	15,3	67000	230	600	" " " "
27.II—1937 г.	—	110000	130	1200	" " " "

Таблица 3  
Свежемолотая 96%-ная пшеничная мука

Дата определения	Влажность	Кол. бакт. в 1 г муки	Кол. бакт. спор. в 1 г муки	Кол. плес. в 1 г. муки	Ослизнение хлеба
7.XII—1936 г.	14,6	770000	600	3800	Не ослизн. в теч. 72 ч.
5.I—1937 г.	—	550000	650	3200	" " " "
9.II—1937 г.	—	250000	800	3600	" " " "
15.II—1937 г.	—	350000	—	—	" " " "

Как видно из приведенных данных, количество микробов в муке находится в прямой зависимости от выхода муки, т. е. от попадания оболочек зерна. Высший сорт муки (30%) содержит

наименьшее количество бактерий: от 11000 — 80000 в 1 г. Количество бактериальных спор в 1 г такой муки колебалось в пределах от 50 до 150. В 72%-ной муке мы нашли от 53000 — 165000 бактерий и от 120 до 230 бактериальных спор в 1 г муки.

Наконец, 96%-ная мука содержала от 250000 до 770000 бактерий и от 500 до 800 бактериальных спор в 1 г. муки.

Интересно отметить, что ни один образец свежесмолотой муки не обнаружил способности вызывать слизевую болезнь хлеба, несмотря на значительное количество спор в некоторых образцах этой муки. Близкие данные встречаются в работе Войткевича<sup>2</sup>. По его наблюдениям, мука из нового урожая (очевидно, свежесмолотая) дала низкий процент заболевания хлеба. Как известно, слизевая болезнь хлеба вызывается бактериями из группы картофельной палочки (*Bacillus mesentericus*). Споры последней попадают в хлеб из муки (Геннеберг)<sup>8</sup>, причем остаются в мякише жизнеспособными, так как температура внутри хлеба при выпечке не превышает, по наблюдениям Неймана<sup>6</sup>, 100°C. При повышенной температуре хранения хлеба и высокой влажности его эти споры прорастают, и развивающиеся вегетативные формы бактерий вызывают вышеуказанную болезнь.

Свежесмолотая мука не всегда обладает достаточно хорошими хлебопекарными качествами. При нормальном хранении в ней происходит целый ряд изменений («созревание муки»), которые приводят к улучшению ее пекарных качеств. Как показала проф. Козьмина<sup>4</sup>, «созревание» значительно ускоряется при повышении температуры хранения (30 — 45°C).

Наряду с изменением пекарных свойств муки, при ее хранении наблюдается и количественное изменение микрофлоры. Нерациональное хранение муки (при повышенной влажности) может вызвать энергичное развитие микробов. Так, в опытах Войткевича общее количество бактерий с 527000 в нормальной муке возросло до 5776000 при 3-дневном хранении во влажной камере. Влажность муки при этом возросла с 8% до 12%. При более длительном хранении такой муки может произойти порча ее, а затем частичное отмирание бактерий под влиянием повышенной кислотности или продуктов жизнедеятельности. Такое явление имело, повидимому, место в работе Израильского и Козаковой<sup>3</sup>, где в испорченной муке с повышенной кислотностью, хранившейся 2 года, наблюдалось чрезвычайно малое количество микробов. К сожалению, авторы не приводят данных о периодическом изменении числа микробов в исследованной ими муке.

Как было указано выше, правильное хранение муки часто приводит к улучшению ее технологических свойств. Для выяснения вопроса о том, что происходит при этом с микробиологическим населением, нами была взята свежесмолотая пшеничная мука 30%, 72% и 96% выходов из здорового доброкачественного зерна. Мука насыпалась в стерильные холщевые мешки по 20 кг в каждый. Хранение муки проводилось в двух вариантах. Одна часть муки всех указанных выходов хранилась в помещении ла-

боратории, температура которой колебалась от 11° до 15°C. Другая часть была поставлена в термостаты при 35° — 37°C. Через определенные промежутки времени из муки брали пробы, в которых определялись, по уже описанной методике, влажность, общее количество бактерий в 1 г, количество бактериальных спор и способность к ослизнению печеного хлеба.

Опыты, поставленные в разные годы, дали близкие результаты, приведенные в следующих таблицах.

Таблица 4  
Хранение 30%-ной пшеничной муки—9/V—23/VI 1935 г.

Продол- жительн. опыта в днях	Колич. бакт. в 1 г. муки		Колич. бакт. спор. в 1 г. муки		Ослизнение печеного хлеба	
	11—15°	35—37°	11—15°	35—37°	11—15°	35—37°
5 дней	84000	84000	150	150	Не ослизн. в теч. 72 ч.	
10 "	—	57000	200	230	"	"
19 "	60000	51000	200	200	"	"
25 "	44000	9000	300	400	"	"
31 "	34000	4500	350	350	—	—
38 "	32000	3200	300	500	—	—
45 "	15000	2400	400	400	Фрукт. запах	Фрукт. запах
	7200	2200	500	700	то же	через 24 ч. Специф. запах —72 ч. розов. цвет мякиша

Таблица 5  
Хранение 30%-ной пшеничной муки—11/X—18/XI 1935 г.

Продол- жительн. опыта в днях	Колич. бакт. в 1 г. муки		Колич. бакт. спор. в 1 г. муки		Ослизнение печеного хлеба	
	11—15°	35—37°	11—15°	35—37°	11—15°	35—37°
13 дней	12000	12000	80	80	Не ослизн. в теч. 72 ч.	
26 "	8000	4000	100	150	"	"
38 "	6000	4000	150	200	"	"
	4000	2000	400	500	Фрукт. запах	Через 72 ч. специф. запах

Таблица 6

Хранение 30%-ной пшеничной муки от 8/XII 1936 г. — 29/I 1937 г.

Продолжит. опыта в днях	Влажность		Кол. бакт. в 1 г муки		Колич. бакт. спор в 1 г муки		Ослизнение печеного хлеба	
	11—15°	35—37°	11—15°	35—37°	11—15°	35—37°	11—15°	35—37°
До хранения	15,2	15,2	16000	16000	90	90	Не ослизн. в теч. 72 ч.	
6 дней	14,7	11,5	13000	8000	150	250	"	"
12 "	14,5	11,1	10000	4500	150	200	"	"
18 "	14,35	10,85	11000	4000	350	500	"	"
26 "	14,15	9,1	10000	4000	600	600	Через 72 час. фрукт. запах	
36 "	14,05	9,1	8800	4300	500	500	Через 72 ч. фрукт. запах	48 ч. фрукт. зап.
43 "	13,9	9,0	8000	4000	600	700	"	72 ч. специф. запах
52 "	13,0	8,7	6600	2600	700	900	72 ч. спец. зап.	то же

Результаты исследования показали, что в процессе 52-дневного хранения 30%-ной муки влажность ее все время уменьшалась: при температуре лаборатории с 15,2% до 13% и при температуре термостата с 15,2% до 8,7%. Общее количество бактерий падало, что особенно было заметно при повышенной температуре хранения.

В этом случае первоначальное число бактерий — 16000 в 1 г (табл. 6) через 52 дня уменьшилось до 2600. В то же время количество бактерий при температуре хранения 11—15°C упало с 16000 до 6600. Также уменьшение общего количества бактерий шло параллельно с высушиванием муки и, вероятно, от него зависело. При высушивании нестойкие вегетативные формы бактерий частично отмирают. Что касается спор, то количество их определенно возрастало во всех образцах хранимой муки. Так, первоначальное количество в 90 спор в 1 г муки через 52 дня дошло до 700 спор при 15°C и до 900 спор при 37°C хранения (табл. 6).

Увеличение количества спор при уменьшении общего количества бактерий может быть объяснено переходом вегетативных форм в споры под влиянием высушивания. Это подтверждается еще тем, что внешний вид колоний на чашках Петри при последовательных посевах муки изменялся. В первые дни хранения муки вырастали разнообразные колонии, среди которых было много белых и желтых, состоящих из коротких палочек и кокков. Но

уже через месяц хранения муки значительное количество колоний состояло из споровых палочек, причем внешне колонии весьма напоминали колонии *Bacillus mesentericus*.

Способность к ослизнению печеного хлеба во всех исследованных образцах 30%-ной пшеничной муки оказалась очень слабой. Из табл. 6 видно, что после 36 дней хранения муки при 11—15°C и через 26 дней хранения при 35—37°C наблюдалось появление фруктового запаха в хлебе. Через 52 дня хранения муки при 11—15°C и через 43 дня при 35—37°C (табл. 6) хлеб при 72-часовой выдержке в термостате стал издавать специфический запах, как при картофельном заболевании, но без слизи и потемнения мякиша. Это указывало на практическую полную доброкачественность муки в отношении картофельного (слизевого) заболевания хлеба.

Таблица 7

Хранение 72%-ной пшеничной муки—11/X—18/XI 1935 г.

Продолжител. опыта в днях	Колич. бакт. в 1 г муки		Колич. бакт. спор. в 1 г муки		Ослизнение печеного хлеба	
	11—15°	35—37°	11—15°	35—37°	11—15°	35—37°
До хранения	165000	165000	130	130	Не ослизн. в теч. 72 ч.	
13 дней	60000	9000	100	325	"	"
26 "	20000	4300	360	540	Не ослизн. в теч. 72 ч.	Специф. запах через 72 ч.
38 "	8000	1300	400	540	Спец. зап.	Специф. запах через 24 ч.

При хранении 72-ной муки также наблюдалось уменьшение общего количества бактерий, параллельно с уменьшением влажности (табл. 8). За 52 дня хранения общее количество бактерий с 51000 снизилось до 22000 при 11—15°C и до 3000 при 35—37°C. В то же время увеличилось количество спор: со 150 в 1 г свежесмолотой муки до 900 при 11—15°C и до 1200 спор при 35—37°C. Увеличение количества спор можно объяснить так же, как и для 30%-ной муки, частичным отмиранием вегетативных форм и переходом некоторых из них в споры.

Свежесмолотая 72-ная мука не давала ослизнения хлеба. Но при хранении муки, вместе с падением влажности, уменьшением общего количества бактерий и увеличением числа спор замечалось усиление способности к картофельному заболеванию хлеба. Так, через 18 дней хранения муки при 37°C (табл. 8) выпеченный из нее хлеб по истечении 72 часов обнаруживал специфический запах. После 26 дней хранения муки в хлебе из этой муки запах и ослизнение замечались через 48 часов, а после 52 дней хранения — уже через 24 часа. Таким образом, в 72-ной муке появилась способность к ослизнению хлеба.

Таблица 8  
Хранение 72%-ной пшеничной муки—8/XII 1936 г. до 29/I 1937 г.

Продолжит. опыта в днях	Влажность		Кол. бакт. в 1 г муки		Кол. бакт. спор. в 1 г. муки		Ослизнение печеного хлеба	
	11—15°	35—37°	11—15°	35—37°	11—15°	35—37°	11—15°	35—37°
6 дней	15,3	15,3	51000	51000	150	150	Не ослизн. в теч. 72 ч.	
12 "	14,8	11,05	44000	36000	300	400	" " " "	
18 "	14,6	10,1	27000	21000	400	500	" " " "	
26 "	14,55	9,4	28000	19000	550	600	Не ослизн. в теч. 72 ч.	72 ч. специф. запах
36 "	14,55	9,05	27000	14000	600	1000	72 ч. специф. запах	48 ч. специф. запах и ослизн.
44 "	14,25	7,7	24000	15000	550	1300		
52 "	14,0	6,75	26000	4600	700	1300	Спец. запах 24 ч.	Ослизнение через 48 ч.
	13,7	6,5	22000	3000	900	1300	Спец. запах и влажн. мякиша через 24 ч.	Ослизнение через 24 ч.

При хранении 96%-ной муки (см. табл. 9) наблюдалась та же картина, что и в предыдущих опытах с 30% и 72%-ной мукой: падение влажности, уменьшение общего количества бактерий и увеличение количества бактериальных спор. Одновременно усиливалась способность к ослизнению печеного хлеба из этой муки. Так, уже через 13 дней хранения муки хлеб ослизнился через 48 часов. После же 37 дней хранения муки хлеб уже через 24 часа обнаруживал все свойства больного хлеба: темнокоричневый цвет мякиша, специфически неприятный запах, слизистость мякиша с образованием нитей.

Если сопоставить степень заболевания хлеба из разной муки с общим количеством бактерий, то можно видеть, что между ними нет непосредственной зависимости. Такие же данные мы находим в работе Войткевича. Он даже отмечает, что ослизнение хлеба в большей степени проявлялось при меньшем общем количестве бактерий в муке.

В отношении же спор в муке замечается определенная зависимость между их количеством и ослизнением хлеба.

Такая мысль была высказана Геннебергом, но не подтверждена экспериментально. Минимальное количество спор, необходимое для проявления болезни, или «единица инфекции», по выражению Николаева<sup>5</sup>, устанавливалось разными авторами. Так, например,

Таблица 9  
Хранение 96%-ной пшеничной муки—7/XII 1936 г. — 15/II 1937 г.

Продолжит. опыта в днях	Влажность		Кол. бакт. в 1 г муки		Колич. бакт. спор. в 1 г. муки		Ослизнение хлеба	
	11—15°	35—37°	11—15°	35—37°	11—15°	35—37°	11—15°	35—37°
7 дней	14,6	14,6	770000	770000	600	600	Не ослизн. в теч. 72 ч.	Не ослизн. в теч. 72 ч.
13 "	13,5	11,45	550000	185000	800	900	Специф. запах через 72 ч. и влажн. мякиша	Специф. зап. через 72 ч.
19 "	13,0	8,7	570000	118000	1400	1550		Ослизнение через 48 ч.
27 "	13,45	8,4	550000	75000	1600	1500	То же	То же
37 "	13,3	7,25	400000	50000	1550	1600	То же	Ослизнение через 48 ч.
44 "	13,2	6,85	—	67000	1900	1800	Ослизн. через 48 ч.	Ослизнение через 24 ч. потемнение мякиша, запах
53 "	13,0	6,8	330000	50000	2000	2100	Ослизн. через 24 ч.	То же
	12,6	6,6	115000	50000	2000	2200	То же	То же

Рождественский, Медвинская и Середенко<sup>9</sup> предлагают придерживаться таких градаций при бактериальной оценке муки: до 10 спор в 1 г муки — слабо зараженная, от 10—100 в 1 г муки — мука средней зараженности, более 100 спор в 1 г — очень зараженная. Такое малое количество спор нам не приходилось наблюдать ни в одном из исследованных в течение нескольких лет образцов муки. В работе Войткевича также указаны значительные большие количества спор (700—3500). Thomann<sup>10</sup> указывает, что из муки, которая давала в августе ослизлившийся хлеб, им выделено 2 зародыша *Bacillus mesentericus* из 0,0025 см<sup>3</sup> муки, весом 0,0014 г. При пересчете это дает 1429 зародышей картофельной палочки на 1 г муки. К сожалению, из работы Thomann'a невозможно определить, были ли это только споры или также вегетативные формы. В нашей работе специфический запах хлеба наблюдался при наличии 500—900 спор в 1 г муки, а ослизнение при наличии 1000 спор и более.

Таким образом, в процессе нормального хранения муки происходит уменьшение общего числа бактерий и увеличение числа

спор. При этом возрастает потенциальная опасность ослизнения хлеба, полученного из такой муки. С этим обстоятельством необходимо особенно считаться в летнее время, когда происходит быстрое высыхание муки и связанное с этим увеличение количества спор. Повышение же температуры при хранении выпеченного хлеба благоприятствует развитию спор группы *Bacillus mesentericus* и ослизнению хлеба.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Количество микробов в свежесмолотой пшеничной муке различных выходов оказалось в прямой зависимости от выхода муки.

30%-ная мука содержала: от 11000—80000 бакт., от 50 до 150 бактер. спор и от 170—360 плесеней.

72%-ная мука содержала: от 53000—165000 бакт., от 120 до 230 бакт. спор и от 400—1300 плесеней.

96%-ная мука содержала: от 250000 до 770000 бакт., от 500 до 800 бакт. спор и от 3200 до 3800 плесеней.

2. Нормальная свежесмолотая мука всех указанных выходов не вызывала картофельного заболевания хлеба.

3. При хранении муки 30%, 72% и 96%-ных выходов наблюдалось понижение влажности, уменьшение количества бактерий и увеличение числа бактериальных спор.

4. После 52 дней хранения 30%-ной муки в выпеченном из нее хлебе появлялся через 72 часа специфический запах без других признаков картофельного заболевания.

Хлеб из 72%-ной муки 26—44 дневного хранения обнаруживал через 48 часов все признаки картофельного заболевания: специфический запах, потемнение и ослизнение мякиша.

В хлебе из 96%-ной муки все признаки картофельного заболевания появлялись уже через 13 дней хранения муки.

5. Была обнаружена зависимость между количеством бактериальных спор в муке и ослизнением печеного хлеба из этой муки. Специфический запах в хлебе без других признаков картофельного заболевания наблюдался при наличии 500—800 бактериальных спор в 1 г муки. Резко выраженная картина ослизнения — при наличии 1000 спор и более в 1 г муки.

6. Все указанные изменения наступали при 35—37°C быстрее, чем при 11—15°C.

7. При нормальном хранении муки возрастает, особенно в летнее время, потенциальная опасность ослизнения хлеба из этой муки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бойко Е., Рождественский В., Медвинська Л., Середенко Л. Збудники ослизнення хліба та боротьба з ними. 1936.
2. Войткевич А. Ф. Вестник Бакт.-Агрон. Станции. 1926 № 4.

3. Израильский В. и Козакова. Труды ВНИИЗ'а. 1934 в. 13.
4. Козьмина Н. П. Советское мукомолье и хлебопечение. 1935 № 1.
5. Николаев В. А. Микробиология болезней хлеба. 1932.
6. Нейман М. П. Зерно и хлеб. 1935.
7. Dügge li. Centr. f. Bakt. II Abt. 12. 1904, p. 602, 695. 13. 1904, p. 56. 198
8. Henneberg. Handbuch der gährungs bacteriologie. 1926. В. П.
9. Lafahr. Handbuch der technischen Mycologie.
10. Thomann. J. Centr. f. Bakt. II Abt. B. 6. 1900.

Кандидат технических наук,  
доцент В. Я. БЕЛЕЦКИЙ

## КИНЕТОСТАТИКА САМОБАЛАНСИРУЮЩИХСЯ РАССЕВОВ

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Как известно, самобалансирующимися расसेвами называются такие расसेвы, у которых уравнивание силы инерции, развиваемой кузовом, силой инерции груза-противовеса происходит автоматически.

Все самобалансирующиеся расसेвы могут быть разделены на следующие три основных типа:

1. Рассев с грузом-противовесом, опирающимся на кузов (рис. 1.).

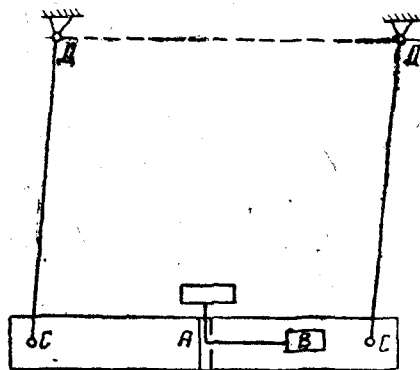


Рис. 1.

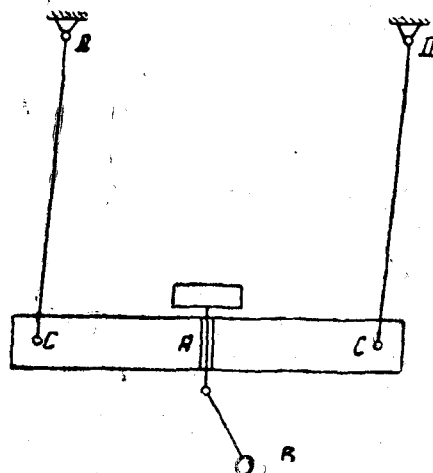


Рис. 2.

2. Рассев с переменным радиусом вращения центра тяжести груза-противовеса (рис. 2).

3. Рассев с грузом-противовесом, закрепленным на подвешенном независимо от кузова приводном валу (рис. 3).

Теоретические исследования процесса самоуравнивания производились доктором технических наук, проф. К. Э. Рэрихом [1], проф. В. И. Ильченко и Грауманом.

Первые два автора, опираясь в своих работах на известный закон механики, исходили из того, что механизм рассева будет уравновешен только в том случае, когда центр тяжести всего механизма остается неподвижным относительно земной поверхности. Грауман же пользовался так называемыми уравнениями Лагранже второго рода. Следует отметить, что работа Граумана отличается исключительной громоздкостью и изобилует пространными (иногда лишены физического интереса) математическими выкладками.

Как будет показано ниже, как в работе В. И. Ильченко, так и в работе Граумана допущено слишком вольное обращение с некоторыми уравнениями, в результате чего они пришли к неверным выводам.

При выборе метода для исследования сущности явления самобалансирования рассева нужно, по нашему мнению, принять во внимание следующее.

Рассев не материальная точка и не единичное твердое тело, а механизм. Поэтому, даже по соображениям чисто методологическим, исследование его (в частности самобалансирования) должно производиться методами не теоретической механики, а хорошо разработанными в настоящее время методами теории механизмов и машин.

### 2. МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящей работе определяются равновесные положения механизма рассева при помощи известных из курса теории механизмов и машин приведенных к точке механизма сил.

Под приведенной к данной точке механизма силой понимают силу, работа которой на рассматриваемом возможном перемещении равна сумме работ всех сил, приложенных к механизму ([2] стр. 952).

Определение приведенной силы обычно производится на основании известной «теоремы Жуковского о жестком рычаге». Согласно этой теореме [3], величина приведенной силы, направление и точка приложения которой заданы, находится следующим путем. Во-первых, строится повернутый план скоростей механизма, во-вторых, все как реально действующие на звенья механизма силы, так и фиктивные силы инерции переносятся в одноименные (точкам приложения этих сил на механизме) точки плана скоростей и, в-третьих, рассматривая план скоростей как жесткий шарнирно опертый в полюсе плана рычаг, находят сумму моментов всех

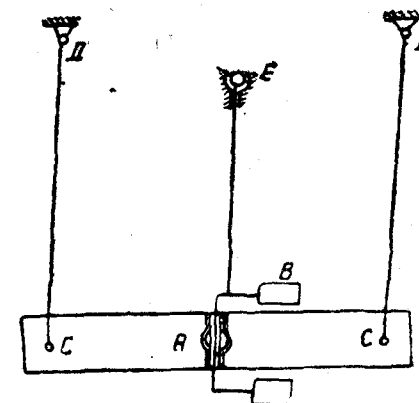


Рис. 3.

сил, перенесенных с механизма на рычаг, относительно полюса и делят эту сумму на плечо приведенной силы. Полученный результат дает искомую величину приведенной силы.

### 3. РАССЕВ С ГРУЗОМ-ПРОТИВОВЕСОМ, ОПИРАЮЩИМСЯ НА КУЗОВ

#### а) Кинестатика рассева

Совершенно очевидно, что для выяснения вопроса о зависимости между величинами угловой скорости  $\omega$  приводного вала и радиусом  $r$  окружности, описываемой точкой кузова, достаточно рассмотреть возможное перемещение механизма рассева в вертикальной плоскости (рис. 4), содержащей центры тяжести кузова  $A$  и груза  $B$ .

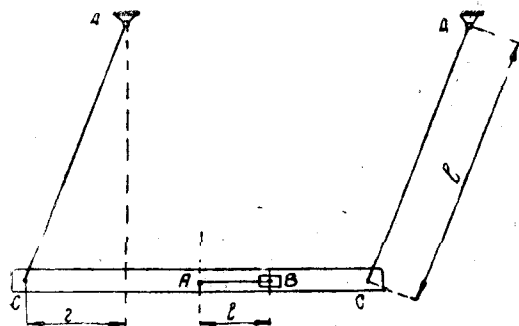


Рис. 4.

Уравнение равновесия сил, действующих на механизм рассева, имеет следующий вид:

$$\sum \bar{P} = 0 \quad (1)$$

В это уравнение в число действующих сил должны быть включены также и силы инерции.

На механизм рассева действуют сила тяжести кузова  $G_k$  и сила тяжести груза-противовеса  $G_r$ . Силу инерции кузова обозначим через  $P_k$ , а силу инерции груза через  $P_r$ . Силами инерции тяг, на которых подвешен кузов, можно пренебречь, так как их массы малы по сравнению с массами кузова и груза.

Обе перечисленные силы инерции горизонтальны и по известным формулам центробежных сил соответственно равны:

$$P_k = \frac{G_k}{g} \omega^2 r \quad (2)$$

и

$$P_r = \frac{G_r}{g} \omega^2 (e - r). \quad (3)$$

Здесь  $e$  — расстояние между центрами тяжести кузова и груза; оно равно (см. рис. 4) длине отрезка  $(AB)$ .

Определим величину приведенной к точке кузова горизонтальной силы  $P_{пв}'$  от весов кузова и груза. Для этого построим повернутый план скоростей (рис. 5) механизма рассева.

Этот план скоростей удобно строить в так называемом масштабе кривошипа. Тогда линейная возможная скорость любой точки кузова в упомянутой вертикальной плоскости будет представлена на плане скоростей отрезком  $(pa)$ , равным длине подвесок кузова  $l$ , и параллельным этим подвескам.

Ввиду того, что кузов рассева движется поступательно, то совершенно ясно, что отрезок  $(pa)$  определяет также и возможную линейную (повернутую) скорость центра тяжести груза-противовеса. Следовательно:  $(pb) = (pa)$ .

Далее, переносим в соответствующие точки повернутого плана (расцениваемого теперь как жесткий рычаг) силы  $G_k$  и  $G_r$  и определяем сумму моментов этих сил относительно точки  $p$  — полюса плана скоростей.

Эта сумма (см. рис. 5) равна:

$$G \cdot r,$$

где  $G = G_k + G_r$  есть полный вес рассева.

Поэтому горизонтальная приведенная к точке кузова сила веса

$$P'_{пв} = \frac{r}{h} G, \quad (4)$$

где  $h$ , как это видно из рис. 5, есть плечо силы  $P'_{пв}$ .

Для определения горизонтальной, приведенной к точке кузова, силы инерции  $P'_{пи}$ , переносим силы  $P_k$  и  $P_r$  в точки «а» и «б» плана согласно «теореме Жуковского о жестком рычаге».

Сумма моментов этих сил, приложенных к плану-рычагу, относительно его полюса — точки  $p$  равна:

$$(P_k - P_r) h.$$

Следовательно,

$$P'_{пи} = (P_k - P_r) \cdot \frac{h}{h} = P_k - P_r,$$

или, в силу зависимостей (2) и (3),

$$P'_{пи} = \frac{\omega^2}{g} (G \cdot r - G_r \cdot e). \quad (5)$$

Принимая во внимание, что силы  $P'_{пв}$  и  $P'_{пи}$  (рис. 5) направлены по одной и той же прямой, заключаем, что векторное уравнение (1) обращается в скалярное

$$\sum P = 0. \quad (6)$$

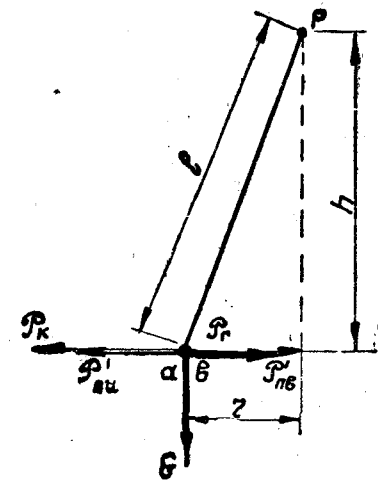


Рис. 5.

С другой стороны, очевидно, что

$$\Sigma P = P'_{\text{пи}} - P'_{\text{пв}},$$

и следовательно, условие равновесия механизма рассева при данном значении угловой скорости  $\omega$  выражается следующим уравнением:

$$P'_{\text{пв}} - P'_{\text{пи}} = 0. \quad (7)$$

Приведенная сила  $P'_{\text{пв}}$  может быть названа горизонтальной восстанавливающей силой рассева. В самом деле, чтобы отклонить неподвижный механизм рассева в горизонтальном направлении на некоторую величину  $r$ , к нему нужно приложить силу, равную и обратную силе  $P'_{\text{пв}}$ .

Подставляя в уравнение (7) значения  $P'_{\text{пв}}$  и  $P'_{\text{пи}}$  из уравнений (4) и (5), получаем:

$$\frac{\omega^2}{g}(G \cdot r - G_r \cdot e) = \frac{r}{h} G. \quad (8)$$

Произведя очевидные упрощения и разрешая это уравнение относительно радиуса кузова  $r$ , имеем:

$$r = \frac{G_r}{G} \cdot \frac{e}{1 - \frac{g}{\omega^2 h}}. \quad (9)$$

Из рис. 5 видно, что в тех случаях, когда радиус рассева  $r$  достаточно мал, можно, конечно, без сколь угодно ощутимой для практических расчетов погрешности принять  $h = l$ .

При этом условии ( $h=l$ ) взамен формулы (9) можно пользоваться следующей:

$$r = \frac{G_r}{G} \cdot \frac{e}{1 - \frac{g}{\omega^2 l}}. \quad (10)$$

По причинам, которые вскоре станут ясными, подчеркиваем еще раз, что формула (10) есть частный вид общей формулы (9). По формуле (10) можно определять величины радиуса колебаний кузова рассева лишь до тех пор, пока соблюдается принятое предположение об ограниченности величины  $r$  сравнительно с длиной подвески  $l$ .

В силу этого существующее до сих пор положение, когда частная формула (10) кладется в основу исследований, авторы которых разрешают себе делать из этой формулы выводы самого общего свойства, следует признать, безусловно, ошибочным.

Так, например, В. И. Ильченко [2] получил формулу, совпадающую с вышеприведенной формулой (10), но не получил формулу в общем виде (9).

Полагая в формуле (10)  $\omega^2 = \frac{g}{l}$ , В. И. Ильченко заключает,

что радиус колебаний кузова становится равным бесконечности. А так как значение угловой скорости  $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$  совпадает с известной величиной критической угловой скорости  $\omega_k$  для математического маятника, то на этом основании он приходит к выводу, что, следовательно, при  $\omega = \omega_k$  имеет место явление резонанса, а значит рассматриваемый рассев должен быть назван резонансным рассевом.

Между тем, как уже отмечено выше, формулой (10) нельзя пользоваться не только при  $r$ , стремящемся к бесконечности, но даже и при достаточно большом (соизмеримом с длиной подвески) значении его, а именно, когда пренебречь расхождением между результатами подсчетов, получаемых по «точной» формуле (9) и по приближенной формуле (10), уже нельзя.

Возвращаясь к основной формуле (9), легко заметить, что в таком виде она непригодна для определения величины  $r$ , так как величина отношения  $\frac{g}{h}$ , находящаяся в правой части формулы (9), сама зависит от  $r$ .

В самом деле (см. рис. 5)

$$h = \sqrt{l^2 - r^2}.$$

Поэтому формулу (9) нужно соответствующим образом преобразовать, а именно: заменить  $h$  его значением через  $r$  и разрешить уравнение (9) относительно  $r$ . Но так как при этом получается уравнение четвертой степени, то удобнее разрешить уравнение (9) относительно величины  $\omega^2$ , а именно — представить его в следующем виде:

$$\omega^2 = \frac{g}{\left(1 - \frac{e}{r} \cdot \frac{G_r}{G}\right) \sqrt{l^2 - r^2}}. \quad (11)$$

Эта точная и представленная в общем виде зависимость позволяет сделать нижеследующие выводы относительно граничных равновесных положений механизма рассева:

1. При  $\omega = 0$  и  $r = 0$ .

2. При  $\omega = \infty$ ,  $r = l$ , либо  $r = r_0 = \frac{G_r}{G} e$ .

Таким образом, ни при каком значении угловой скорости  $\omega$  приводного вала рассева радиус колебаний его не стремится к бесконечности, а может достигнуть самое большое длины подвесок.

Следовательно, совершенно бесспорно, что о появлении резонанса рассева под влиянием упомянутых сил и не приходится говорить.

3. При малых значениях угловой скорости кузов отклонен не так, как это показано на рис. 4 и 5, а в прямо противоположном направлении (рис. 6). Поэтому, в соответствии с зависимостью (11), будем в дальнейшем считать радиус  $r$  при отклонении кузова, так как показано на рис. 5, положительным, а при отклонении в противоположную сторону (рис. 6) — отрицательным.

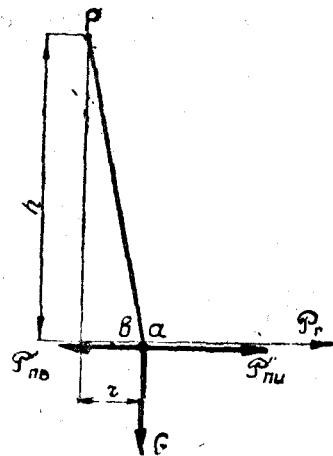


Рис. 6.

Пользуясь уравнением (11), можно построить две кривые зависимости радиуса колебаний кузова рассева от значения угловой скорости приводного вала.

Приведенные на рис. 7 графики построены для рассева с обычными параметрами:  $e = 250$  мм,  $l = 2000$  мм и  $\frac{G_r}{G} = 0,2$ .

Поскольку эти графики дают зависимость между угловой скоростью и тем радиусом колебания кузова рассева, при котором устанавливается равновесное положение механизма рассева, то эти кривые целесообразно именовать: равновесные кривые рассева.

Если провести вертикальную прямую  $b'ab''$ , касательную к верхней равновесной кривой, то получим отрезок  $(Oa)$ , определяющий некоторую угловую скорость, которую мы назовем минимальной угловой скоростью и обозначим через  $\omega_{\min}$ .

Из рис. 7 ясно видно, что при всех угловых скоростях  $\omega$ , меньших  $\omega_{\min}$ , равновесное положение рассева при положительных значениях радиуса колебаний  $r$  не существуют.

С помощью уравнения (4) можно построить график зависимости приведенной силы веса  $P'_{пв}$  от радиуса колебаний кузова, что и выполнено на рис. 8.

Напомним, что  $P'_{пв}$  соответствует отклонению кузова так, как это показано на рис. 5. При отклонении кузова согласно рис. 6 находим, что приведенная сила веса

$$P''_{пв} = \frac{r}{h} \cdot G. \quad (12)$$

На рис. 8 изображен также и график  $P''_{пв} = f_1(-r)$ .

В теории регуляторов<sup>1</sup> аналогичные графики носят название характеристик регулятора, поэтому мы предлагаем называть графики  $P'_{пв} = f(+r)$  и  $P''_{пв} = f_1(-r)$  характеристиками самобалансирующихся рассевов.

<sup>1</sup> См. например [2]

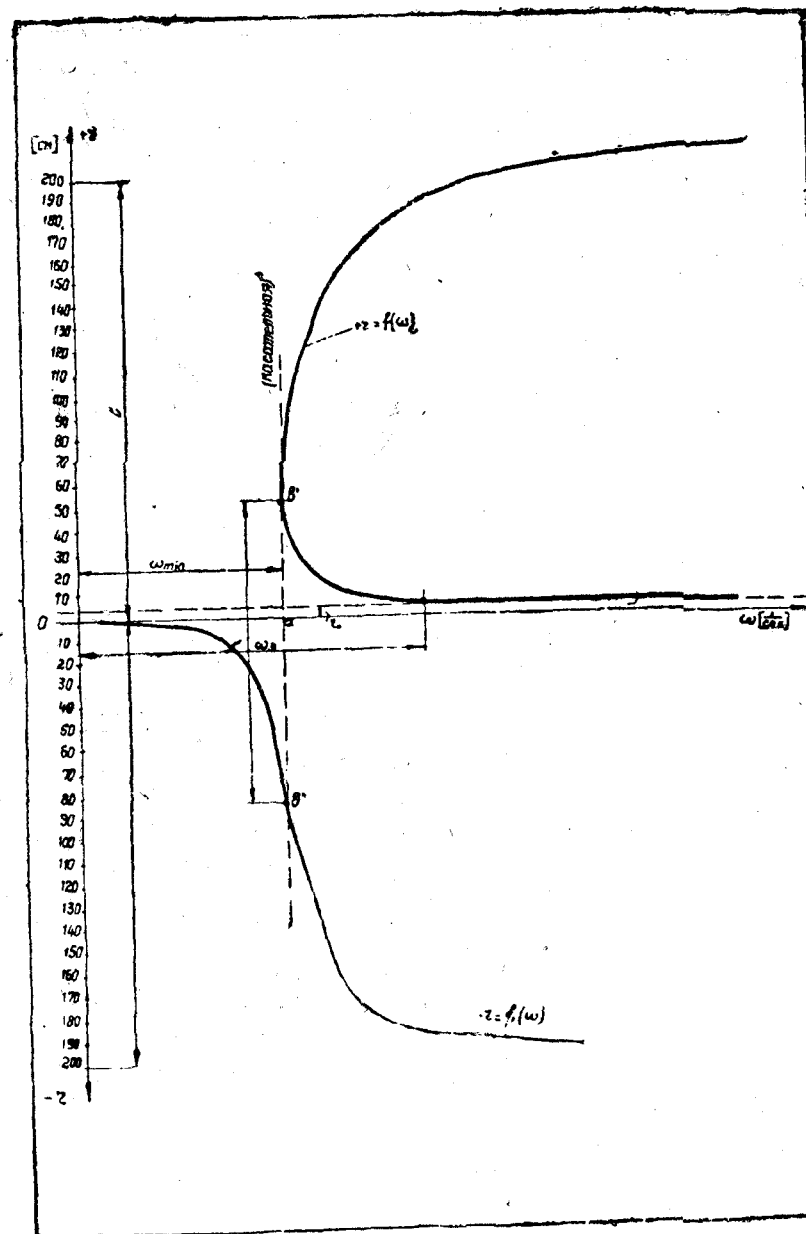


Рис. 7

## б) Устойчивость расцева

Располагая обеими характеристиками расцева (рис. 8), одной для таких случаев отклонения кузова, когда радиус его колебаний положителен, и второй — когда радиус отрицателен, можно установить некоторые особенности самобалансного расцева рассматриваемого типа и выяснить вопрос об устойчивости его равновесных положений.

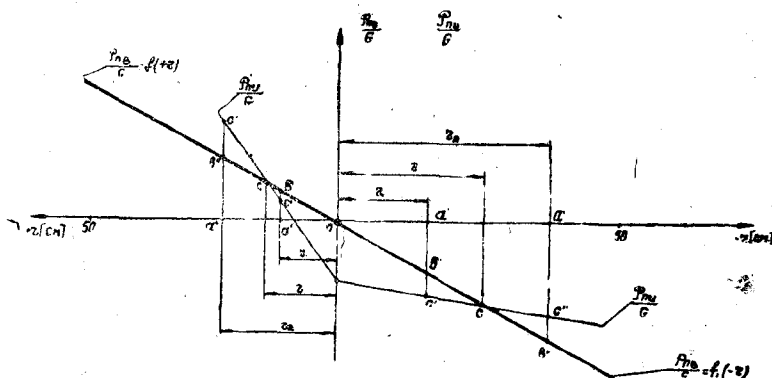


Рис. 8.

Обратим внимание на то, что в случае отклонения кузова согласно рис. 6, приведенная горизонтальная сила инерции его  $P''_{\text{ин}}$ , в отличие от силы  $P'_{\text{ин}}$  [см. выражение (5)] равна:

$$P''_{\text{ин}} = \frac{\omega^2}{g} (G \cdot r + G_r \cdot e). \quad (13)$$

Из уравнений (5) и (13) следует, что графики сил  $P'_{\text{ин}}$  и  $P''_{\text{ин}}$  при постоянной угловой скорости вращения приводного вала — есть прямые линии, не проходящие через начало координат.

На рис. 8 эти линии построены для одного из частных значений угловой скорости  $\omega$ . Точки „с“ и „d“ пересечения этих линий соответственно с графиками  $P'_{\text{пв}}$  и  $P''_{\text{пв}}$ , очевидно, определяют равновесные положения механизма расцева. Посмотрим — будут ли эти положения равновесия устойчивыми?

Начнем с левых графиков (рис. 8). Предположим, что расцев, который в данный момент колеблется, имея радиус  $+r$ , выведен какой-то внешней силой из состояния равновесия так, что радиус его колебаний стал равным  $r_1 < r$ . Представленный затем самому себе, расцев окажется под действием приведенной силы веса  $P'_{\text{пв}}$  — восстанавливающей силы, большей, чем приведенная сила инерции  $P'_{\text{ин}}$ : отрезок  $(a'b')$ , определяющий величину первой силы, больше, чем отрезок  $(a'c')$ , определяющий величину второй силы. Следовательно, ясно, что радиус колебаний кузова устремится к нулю и перейдет в область отрицательных радиусов колебаний.

Если же вывести расцев из состояния равновесия таким образом, чтобы радиус колебания  $r_2$  стал большим, чем  $r$ , то поскольку отрезок  $(a''b'')$  меньше, чем отрезок  $(a''c'')$ , то и  $P'_{\text{пв}} > P'_{\text{ин}}$ , а поэтому радиус колебаний кузова будет возрастать, стремясь к величине  $r=l$ .

Таким образом, равновесие расцева при его колебаниях с так названным положительным радиусом будет неустойчивым.

Аналогичным путем нетрудно убедиться (рис. 8), что, если радиус колебаний расцева отрицателен, то равновесное положение расцева будет устойчивым.

## в) Влияние режима разбега приводного вала расцева на характер установившихся колебаний кузова

Из практики достоверно известно, что при эксплуатационной угловой скорости  $\omega_3$  радиусы колебаний кузова расцева в сравнении с длинами их подвесок — невелики. Так например, при длине подвесок  $l=2000$  мм, отношении  $\frac{G_r}{G}=0,2$  и  $\omega_3=18$ , сек. радиус колебаний кузова равен приблизительно 45 мм.

Обратившись к равновесным кривым (рис. 7), усматриваем, что колебания расцева совершаются с положительными радиусами, т. е. центр тяжести кузова вращается вокруг точки, лежащей между ним и центром тяжести груза-противовеса. Если предположить, что радиус колебаний отрицателен, то равновесное положение, когда  $\omega=\omega_3$ , получилось бы при  $r=l$  что, как уже отмечалось, не соответствует действительности.

Ввиду того, что в начальный момент пуска расцева в ход подвески его занимают вертикальное положение ( $r=0$ ), то ясно, что в первую очередь будет развиваться центробежная сила инерции груза  $P_r$  (рис. 6), под влиянием которой кузов начинает отклоняться в сторону отрицательного направления радиуса колебаний. Но, как только кузов отклонился, сразу же появляется, конечно, центробежная сила  $P_k$  кузова, которая в этом случае не только не уравновешивает силу  $P_r$ , а наоборот, помогает ей (рис. 6) отклонить кузов еще больше.

Итак, при пуске расцева в ход его кузов обязательно отклоняется в ту сторону, где расположен груз-противовес. Если к сказанному еще добавить то, что, как это видно из рис. 7, при  $\omega < \omega_{\text{млп}}$  в положительной области вообще нет равновесных положений, а угловая скорость приводного вала расцева в период разбега проходит все значения от нуля до эксплуатационной  $\omega_3$ , то возникает естественный недоуменный вопрос: каким же образом радиус колебаний кузова, в конце концов, при  $\omega=\omega_3$  становится положительным?

Единственным объяснением этого факта может, повидимому, послужить лишь характер (режим) разбега собственно вала и кузова расцева.

В самом деле, приводной вал расцева достигает эксплуата-

ционной угловой скорости чрезвычайно быстро, но разбег кузова, благодаря наличию определенной нечувствительности его, начинается с некоторым опозданием по отношению к началу разбега вала. Не вызывает сомнения и то, что период разбега (неустановившееся движение) кузова отличается как по своему закону, так и по своей продолжительности от периода разбега приводного вала.

Ввиду того, что режимы разбега вала и кузова различны, то ясно, что равновесный радиус колебаний  $r$  не поспевает за соответствующей ему угловой скоростью. Поэтому кузов будет совершать малые колебания, в результате которых, повидимому, и происходит сдвиг фаз на  $180^\circ$  между возмущающей силой (силами инерции груза-противовеса и кузова, направленными (рис. 6) в сторону груза) и отклонениями кузова.

Когда происходит сдвиг фаз колебаний на  $180^\circ$ , то кузов начинает отклоняться в направлении, противоположном первоначальному, указанному на рис. 6. И так как к этому времени (при быстром разбеге вала), угловая скорость вала уже равна  $\omega$ , и, следовательно (см. рис. 7), существуют равновесные положения при положительных радиусах колебаний, то этот радиус и станет установившимся равновесным радиусом колебаний.

Приведенное объяснение того бесспорного факта, что радиус колебаний фактически мал (приблизительно 45 мм) является, по нашему мнению, единственно возможным.

Если бы период разбега вала был достаточно продолжительным, то режим разбега кузова по своему характеру весьма приближался бы к режиму разбега вала: никаких колебаний, сопровождающихся упомянутым сдвигом фаз, не было бы, радиус колебаний изменялся бы по закону нижней кривой рис. 7 и при  $\omega = \omega_0$  стремился бы к достижению длины подвески.

Остановимся еще кратко и на режиме выбега.

В качестве исходного факта примем, что в данный момент времени радиус колебания кузова положителен и начинается процесс выбега.

Так как во время выбега движущая энергия выключена и убывание угловой скорости вращения вала происходит лишь под влиянием сил сопротивления (трения в подшипниках, сил упругости подвесок, сопротивления воздушной среды, оказываемого колеблющемуся кузову), т. е. достаточно медленно, то никаких колебаний кузова не произойдет, и радиус  $r$  начнет постепенно (см. верхнюю кривую рис. 7) возрастать. Но когда  $\omega$  достигнет значения  $\omega_{min}$ , то рост положительного радиуса прекратится, а при дальнейшем убывании  $\omega$  рассев резко отклонится из положительной области в отрицательную и радиус его колебания будет убывать по закону нижней кривой рис. 7, т. е. кривой  $bo$ .

Следовательно, при выбеге рассева в тот момент, когда  $\omega$  становится равным  $\omega_{min}$ , радиус колебаний резко изменяет свое направление и величину с  $+r'$  до  $-r''$ , в результате чего может произойти обрыв подвесок.

Заметим, что, как известно, в практике действительно наблюдались неоднократные случаи обрыва подвесок в период выбега рассева.

Это обстоятельство побудило конструкторов проектировать рассевы, у которых радиус вращения груза-противовеса переменный (рис. 2).

До сих пор применение таких рассевов объяснялось тем, что при этом, якобы, удастся избежать резонанса. Но резонанса избегать вовсе не нужно, ибо он и появиться, как доказано выше, под влиянием рассмотренных сил не может.

Действительная причина, побудившая применять упомянутые рассевы, заключается, конечно, в ином, а именно в том, что в начальный момент пуска радиус вращения груза-противовеса будет мал, а поэтому и величина центробежной силы  $P_r$ , отклоняющей кузов в отрицательном направлении, будет меньше. Разумеется, роль такого груза-противовеса в процессе выбега также весьма положительна.

### г) Выводы

1. Любому значению угловой скорости  $\omega$  вращения приводного вала рассева с грузом-противовесом, опертом на кузов, меньшему, чем некоторая угловая скорость  $\omega_{min}$  (рис. 7) соответствует вполне определенный равновесный радиус колебаний кузова.

2. Если угловая скорость  $\omega > \omega_{min}$ , то существуют два возможных равновесных радиуса колебаний кузова; при одном из них получаем устойчивое равновесие кузова, при другом — неустойчивое.

Поэтому при эксплуатационной угловой скорости  $\omega$ , которая в осуществленных конструкциях больше  $\omega_{min}$ , радиус колебаний кузова в зависимости от режима разбега приводного вала может иметь два различных значения:

а) в том случае, когда пуск рассева в ход совершается так, что угловая скорость приводного вала непрерывно и интенсивно возрастает до величины  $\omega_0$ , радиус колебаний рассева мало отличается от величины

$$r_0 = \frac{G_r}{G} e;$$

б) если же период разбега велик, т. е. угловая скорость  $\omega$  нарастает медленно, то радиус колебаний стремится стать равным длине подвески кузова.

3. При выбеге рассева в тот момент, когда  $\omega = \omega_{min}$ , радиус колебаний резко изменяет свое направление и величину (см. рис. 7) с  $+r'_k$  до  $-r''_k$ .

В этот момент возможен обрыв подвесок.

4. Распространенная «теория», заключающаяся в том, что радиус колебаний рассева с грузом-противовесом, опирающимся на кузов, при определенной (критической) величине угловой скорости



Это уравнение остается справедливым при любом значении величины  $r$  и любых соотношениях между длиной вала и подвесок. Давая  $r$  ряд последовательных значений и построив соответствующие каждому новому положению механизма *ДСАВ* (рис. 9) планы-рычаги, получим кривую зависимостей между  $\omega$  и  $r$ , т. е. равновесную кривую. Однако, поскольку вал рассева вращается с вполне определенной угловой скоростью  $\omega = \omega_3$ , то ограничимся здесь лишь самым существенным.

Во-первых, из формулы (16) следует, что радиус колебаний кузова никак не может стать бесконечно большим и, следовательно, вопреки Грауману рассев с грузами, закрепленными на его независимо от кузова подвешенном приводном валу, не имеет области резонанса.

Ограничиваясь малыми значениями величины радиуса колебания кузова  $r$  и обозначая расстояние между центром тяжести груза и «точкой» подвеса вала, т. е. расстояние *ЕВ* рис. 9, через  $l_r$  можно, очевидно (рис. 10), приближенно принять, что

$$h = H = l \quad \text{и} \quad x = (e - r) \frac{l_r}{l}. \quad (18)$$

В этом случае формула (16) может быть представлена в следующем частном, справедливом только для малых значений радиуса  $r$  виде:

$$r = \frac{\left(\omega^2 - \frac{g}{l_r}\right) e}{\omega^2 \cdot \frac{G_k}{G_r} - \frac{g}{l} \frac{G_k}{G_r} - \frac{g}{l_r}}. \quad (19)$$

Так как при эксплуатационной угловой скорости  $\omega_3$  радиус колебаний  $r$  невелик, то его можно определить по формуле (19).

Однако Грауман, получивший формулу, аналогичную формуле (19), расценивает ее не как частный, а как общий случай, а поэтому приходит к совершенно неверному выводу: когда знаменатель дроби (19) равен нулю, то, якобы,  $r = \infty$ .

#### б). Устойчивость рассева

В § 5 установлено, что при пуске в ход рассева с грузами-противовесами, опирающимися на кузов, последний отклоняется в ту сторону, где расположен центр тяжести груза. Посмотрим, имеет ли это место и в данном случае, когда груз-противовес укреплен на валу, подвешенном независимо от кузова.

Сравнивая выражения (4) и (14) для приведенных сил весов, обратим внимание на то, что в первом случае сила  $P'_{\text{пр}}$  никогда не может равняться нулю, в то время как во втором случае при неподвижном расसेве она будет равна нулю.

Согласно формулы (14) и условия (17), отклонение подвески кузова от вертикали при  $\omega = 0$  равно:

$$r_0 = \frac{e}{\frac{G_k}{G_r} \cdot \frac{l_r}{l} + 1}. \quad (20)$$

Выясним, может ли радиус колебаний кузова при любом режиме работы рассева, т. е. как при установившемся, так и при неустановившемся движении его, оставаться неизменным? Поскольку величина  $r_0$ , определяемая формулой (20), мала, можно вместо формулы (17) воспользоваться формулой (19).

Сопоставляя формулы (20) и (19), видим, что они дают одно и то же значение величины радиуса колебания кузова, который будет неизменным и независимым от величины угловой скорости  $\omega$ , если выполнено условие  $l = l_r$ .

#### в). Выводы

1. Если длина тяг кузова равна расстоянию центра тяжести груза до точки подвеса вала, то радиус колебаний кузова при всех условиях (от  $\omega = 0$  до  $\omega = \infty$ ) сохраняет свою величину неизменной и равной:

$$r_0 = \frac{G_r}{G} e.$$

2. Если вышеупомянутое условие не выполнено, то рассев с грузом-противовесом, не опирающимся на кузов, ведет себя так же, как и рассев с грузом-противовесом, опирающимся на кузов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. К. Э. Рерих. Динамика свободно колеблющихся рассевов. Русский Мельник, №—12, 1912 г.
2. И. И. Артоболевский. Курс теории механизмов и машин, 1945 г.
3. Н. Е. Жуковский. Сведение динамических задач о кинематической цепи к задачам о рычаге. Полное собрание сочинений, ч. I, 1937 г.

Кандидат технических наук,  
доцент А. В. ПАНЧЕНКО

## ВОПРОСЫ БОРЬБЫ С РАЗРЕЖЕНИЕМ В ЗДАНИЯХ МЕЛЬНИЦ И КРУПЯНЫХ ЗАВОДОВ

(Доклад, прочитанный на 2-й научной сессии Института в 1940 г.)

### 1. Причины наличия разрежения в зданиях предприятий и отрицательные стороны его

На подавляющем большинстве существующих мельниц и крупозаводов аспирируемый от оборудования воздух, после очистки его матерчатыми фильтрами, выбрасывается все же наружу, т. е. за пределы здания.

Совершенно понятно, что при такой схеме вентиляционных установок, которую назовем разомкнутой, в отличие от замкнутой, точно такое количество воздуха, какое выбрасывается наружу, должно поступать внутрь помещения.

В том наиболее распространенном на существующих предприятиях случае, когда весь воздух выбрасывается наружу, часовой воздухообмен доходит до 10, а иногда и более объемов помещения. Если бы в холодное время года попытаться подогревать эти колоссальные объемы воздуха от наружных отрицательных температур до  $+12^{\circ}$  —  $+15^{\circ}$ , то для этого пришлось бы затрачивать количества топлива, мало отличающиеся от затрачиваемых на весь процесс переработки зерна. Поэтому поступающий в помещение воздух обычно не подогревается и в зданиях элеваторов и зерноочистительных отделений устанавливается температура, почти не отличающаяся от наружной; в зданиях мельниц и крупозаводов устанавливается температура воздуха в среднем на  $10^{\circ}$  —  $15^{\circ}$  выше наружной, что происходит за счет тепловыделений от работающего оборудования.

Наиболее теплым является обычно помещение размольного отделения мельниц вследствие того, что соотношение между энергией, затрачиваемой в нем, и количеством аспирируемого воздуха значительно больше, чем для зерноочистительного отделения.

Но и тепловыделений размольного отделения недостаточно для поддержания в нем температур порядка  $+12^{\circ}$  —  $+15^{\circ}$  для районов с низкой наружной расчетной температурой.

Это обстоятельство является одной из основных причин, заставляющих стремиться к осуществлению рециркуляции аспири-

руемого воздуха, при которой воздух после фильтров должен подвергнуться дополнительной обработке, состоящей во вторичной очистке и подсушивании его.

Установки такого рода еще не освоены в нашей промышленности, но имеют перспективы широкого распространения, как дающие возможность поддерживать в здании мельницы температуру и влажность воздуха, наиболее благоприятствующие процессу переработки зерна в муку (по литературным данным: относительная влажность — 60%, температура от  $+15^{\circ}$  до  $+25^{\circ}\text{C}$ ).

Второй недостаток вентиляционных установок с разомкнутым циклом, выводящих наружу аспирируемый от оборудования воздух, состоит в том, что в помещении предприятия создается разрежение, достигающее в некоторых случаях 15 — 25 мм вод. ст. Лишь только благодаря наличию разрежения в здании, воздух может снаружи проникать в помещение в необходимых для аспирации машин количествах.

Разрежение это внешне выражается в затрудненном открывании наружных дверей, в усиленном дутье через все щели и отверстия, ведущие наружу. Наружный воздух, врывающийся под влиянием большого напора внутрь помещения, действует подобно сквознякам, повышает число простудных заболеваний среди рабочих.

Однако эти нежелательные явления, вызываемые наличием большого разрежения в здании, не являются единственными. Наличие заметного разрежения в здании понижает аспирируемые от оборудования объемы воздуха.

### 2. Влияние разрежения в здании на работу вентиляционных установок и затрату мощности ими

Обстоятельство это становится ясным в деталях из рассмотрения рис. 1. Предположим, что спроектирована сеть, которая должна отсасывать от оборудования 6000 м<sup>3</sup>/час; расчет этой сети без учета разрежения в здании показал, что полный напор вентилятора должен быть равен 75 мм вод. ст. Расчетная характеристика этой сети, изображенная кривой I, пересекается с характеристикой вентилятора (кривая III) в точке 1, определяющей собой необходимое число оборотов вентилятора, равное  $n$  об/мин., которое при отсутствии разрежения в помещении могло бы обеспечить отсос 6000 м<sup>3</sup>/час.

В действительности же, если в здании господствует разрежение ( $H_{\text{зд}}$ ), то найденного числа оборотов вентилятора ( $n$ ) будет недостаточно для перемещения желательных 6000 м<sup>3</sup>/час. Если, например, разрежение в здании будет составлять 20 мм вод. ст., то рабочей точкой будет не точка 1, а точка 2, соответствующая 6000 м<sup>3</sup>/час и  $H_{\text{в}} = 75 + 20 = 95$  мм вод. ст. Через точку 2 пройдет фактическая характеристика сети, изображенная кривой II. Ясно, что необходимое число оборотов  $n_1$  будет больше найденного ранее  $n$ .

Пропорционально величине разрежения в здании возрастет при

этом и мощность, затрачиваемая вентиляционными установками (точная прямая пропорциональность в большинстве случаев несколько нарушается изменением к.п.д. вентилятора при переходе с режима I на режим II).

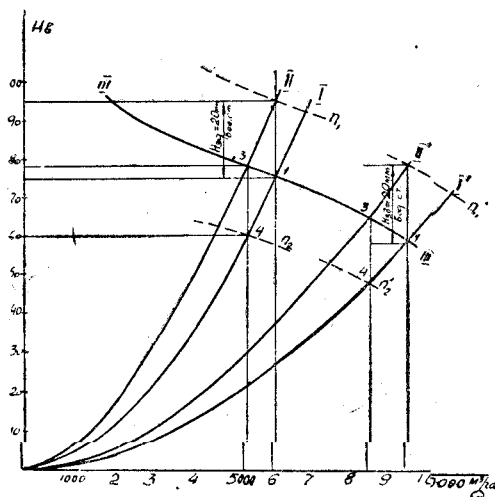


Рис. 1. Влияние разрежения в здании на работу оборотов (точка 4), меньшем напоре и, следовательно, при меньшей затрате мощности вентиляционными установками.

Таким образом, наличие разрежения в здании вызывает либо понижение аспирируемых объемов воздуха, либо повышение затрат мощности для отсасывания заданных объемов воздуха.

Величины понижения аспирируемых объемов или повышения затрат мощности определяются соотношениями в направлении кривых, характеризующих сеть и вентилятор, как это видно из рассмотрения построения, аналогичного описанному выше и изображенному на том же рис. 1 с правой стороны ее (цифры со знаком «штрих»).

Применяя изложенное выше построение, возможно решать практические вопросы, связанные с наличием разрежения в здании. При проектировании обязательно необходимо предусмотреть осуществление мероприятий, обеспечивающих невозможность образования сколько-нибудь значительного разрежения в помещениях, где установлено аспирируемое оборудование; пренебрежение этим обстоятельством не дает возможности при выполнении вентиляционных установок достигнуть показателей, предусмотренных проектом.

### 3. Способы уменьшения и уничтожения разрежения в здании

Исключить возникновение большого разрежения в здании предприятия возможно следующими мероприятиями:

1) обеспечением достаточно свободного притока наружного воздуха в помещения, где установлено аспирируемое оборудование;

2) осуществлением рециркуляции аспирируемого от оборудования воздуха;

3) подачей наружного воздуха трубами непосредственно в аспирируемые машины, т. е. осуществлением так называемого организованного притока воздуха к машинам<sup>1</sup>.

При осуществлении первого из перечисленных мероприятий в помещении предприятия установится все же некоторое, относительно небольшое разрежение, тем меньшее, чем большее количество приточных отверстий предусмотрено для притока воздуха. Метод определения количества приточных отверстий по заданной величине предельно-допустимого разрежения в помещении предприятия изложен ниже. Предельно-допустимым для наших предприятий разрежением следует считать 3—5 мм вод. ст.

Полностью избежать разрежения в здании при осуществлении первого из перечисленных мероприятий возможно путем установки в приточных отверстиях для наружного воздуха осевых вентиляторов, подающих воздух в помещение, что, однако, нельзя считать экономичным и удобным в эксплуатации.

Осуществление рециркуляции воздуха, аспирируемого от оборудования, обеспечивает полное отсутствие разрежения в здании лишь только, конечно, в случае возврата всего объема воздуха в помещение.

Такого рода полная рециркуляция воздуха осуществлялась на прежних мельницах, оборудованных исключительно нагнетательными вертикально-рукавными фильтрами. При этом в помещениях предприятий наблюдалась большая запыленность воздуха, в десятки раз превышающая действующую ныне норму запыленности воздуха (5—10 мг/м<sup>3</sup>). Кроме того, в размольных отделениях мельниц при осуществлении полной рециркуляции аспирируемого воздуха наблюдалась усиленная конденсация влаги на окнах, кровле и даже стенах. Внутренние части подоконников этих предприятий делались круто-покатыми и снабжались канавками, отводившими воду в бачки или ведра, устанавливавшиеся на полу под каждым окном. Обычные железные кровли подобных предприятий подвергались быстрому разрушению ржавчиной, деревянные части крыши в короткий срок разрушались под действием влаги, с внутренних поверхностей кровли текло, капли конденсировавшейся влаги орошали верхний этаж предприятий, приводя его в антисанитарное состояние, вызывая порчу оборудования. Явлений этих можно было избежать лишь только путем надежной тепловой изоляции кровель.

<sup>1</sup>) Детальнее см. в статье инж. С. Н. Бендерского „Организованный подвод воздуха в машинах при аспирации мельниц“ („Сов. мукомолье и хлебопечение“, 1931 г., № 2) и в книге инж. Пальцева „Исследование аспирации“, 1937 г.

Положительными сторонами этих предприятий с осуществлением полной рециркуляции аспирируемого воздуха являлись следующие: в помещениях мельниц, расположенных даже в районах с холодной зимой, было достаточно тепло, высокая абсолютная и относительная влажность воздуха обеспечивали большую эластичность оболочек зерна на всем протяжении процесса помола, что благоприятно влияет на качество и выход высоких сортов муки, разрежение в помещении предприятия, и все отрицательные явления, связанные с ним, полностью отсутствовали.

При осуществлении частичной рециркуляции, т. е. при выводе части аспирируемого воздуха наружу, все указанные выше отрицательные явления будут наблюдаться в тем меньшей степени, чем больше процент выбрасываемого наружу воздуха; но вместе с этим в такой же степени уменьшается влияние положительных сторон рециркуляции воздуха.

С распространением всасывающих фильтров на наших предприятиях, переставших после революции быть предметом импорта, подавляющее большинство наших предприятий полностью отказалось от рециркуляции аспирируемого воздуха.

Полный отказ от рециркуляции уменьшил запыленность воздуха в производственных помещениях мельниц, но одновременно вызвал понижение температуры и влажности воздуха, нежелательную зависимость их от наружных температур и большое разрежение в зданиях предприятий.

Понижение температуры воздуха в помещении мельницы вызывает конденсацию влаги в машинах, образование тестовых корок, а иногда, например в вальцовых станках при «горячем» режиме помола, и клейстеризацию; конденсация влаги вызывает закупорку чашек сит, уменьшает их севкость, понижает производительность предприятия. Под влиянием конденсации влаги закупориваются иногда некоторые самотечные трубы, нарушается нормальный ход технологического процесса, нарушается установившийся баланс помола. Конденсация влаги в воздуховодах и вызванное этим образование тестовых корок внутри труб уменьшает их поперечное сечение и объем отсасываемого от оборудования воздуха, резко снижая эффект аспирации.

Под влиянием этих отрицательных сторон полного отсутствия рециркуляции аспирируемого воздуха работники нашей отрасли промышленности начали вновь склоняться к мысли о необходимости осуществления рециркуляции. Но рециркуляция эта осуществляется ныне на новой основе, а именно с применением кондиционирования рециркулирующего воздуха, состоящего из вторичной очистки воздуха от пыли после всасывающих фильтров и гигротермической обработки его (подсушивание или увлажнение, охлаждение и нагрев, смешивание с наружным воздухом), обеспечивающей необходимые температуры и влажность воздуха в помещении. Подобные установки осуществлены на мельнице им. Кирова в Ленинграде, пущенной в ход весной 1939 г.

На ряде предприятий осуществляется рециркуляция аспирируе-

мого воздуха без обработки воздуха после всасывающих фильтров. Данными для вполне обоснованного и уверенного проектирования такого рода установок мы не располагаем в настоящее время. Замечание это относится к расчетам, связанным с обеспечением в производственных помещениях нужных температур, влажности воздуха и запыленности его, не превышающей установленной нормы.

Вследствие этого при проектировании подобной рециркуляции аспирируемого воздуха следует предусмотреть возможность осуществления ее для каждой из имеющихся вентиляционных установок, несмотря на то, что одновременная полная рециркуляция воздуха всех установок обычно не является необходимой; уже в процессе эксплуатации опытным путем могут быть определены условия, при которых возможно осуществление рециркуляции, полной или частичной, для тех или иных установок без возникновения явлений конденсации влаги на стенах и кровле, без заметного повышения запыленности воздуха.

Объем рециркулирующего воздуха может быть тем выше, чем менее теплопроводны эти элементы наружных ограждений, в связи с чем следует рекомендовать двойное остекление, возможное и при одинарных оконных рамах. Объем рециркулирующего воздуха может быть тем выше, чем более эффективна работа всасывающих фильтров в смысле полноты очистки воздуха от пыли. Уже из этого ясно, что ответ на вопрос об объеме рециркуляции может быть найден опытным путем в процессе эксплуатации предприятия и будет зависеть в частности от конструкции здания (его тепловой характеристики), климатических условий и от эффективности работы фильтров.

#### 4. Проектирование рециркуляции аспирируемого воздуха без вторичного обеспыливания его мокрым путем

Проектируя возврат аспирируемого от оборудования воздуха в помещения предприятия, необходимо осуществить его таким образом, чтобы рабочие предприятия не ощущали дутья. Для этого необходимо, чтобы в зоне преимущественного местопребывания людей скорости воздушных потоков не превышали 0,4—0,5 м/сек.

Следовательно, аспирируемый воздух желательно возвращать, подавая его в верхние зоны помещения, под потолок, с возможно меньшими скоростями. Простейший способ осуществления рециркуляции аспирируемого воздуха изображен на рис. 2 (поперечный разрез по зданию).

На выхлопном отверстии вентилятора устанавливается тройник 1, состоящий из труб прямоугольного сечения (по размерам выхлопного отверстия вентилятора); в тройнике 1 установлен поворотный клапан 2 с рукояткой для управления им, выведенной наружу; крайние положения поворотного клапана отмечены буквами *a* и *b*; в положении *b* воздух после всасывающего фильтра направляется в рециркуляционный диффузор 4, который может быть направле-

вдоль здания (а) или поперёк его (положение *б*, показанное пунктиром).

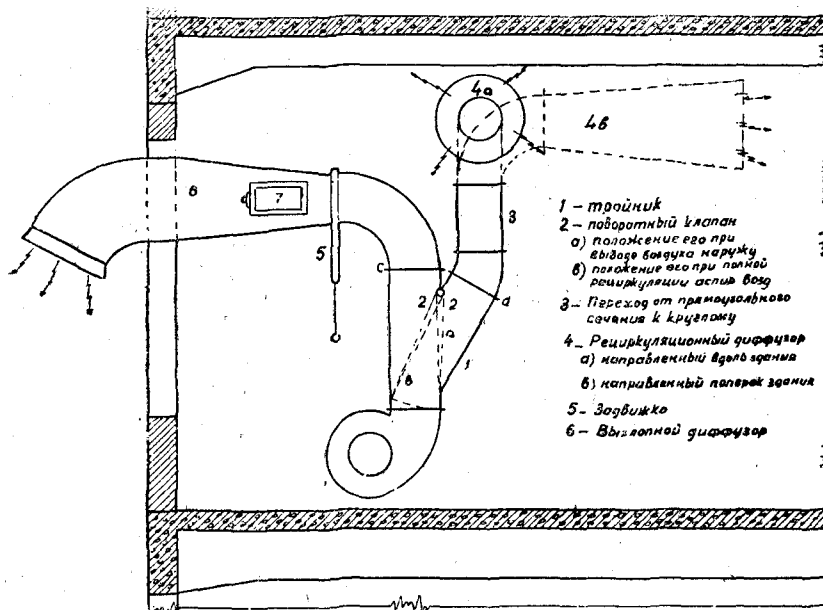


Рис. 2. Подача воздуха, аспирируемого от оборудования, в здание при помощи диффузора.

Первое положение диффузора (а), т. е. вдоль здания, следует предпочесть второму (б), ибо при относительно узких зданиях наших мельниц и крупозаводов (10—14 м) приточный факел рециркулирующего воздуха на небольшом расстоянии от выходного отверстия диффузора встречает препятствие в виде продольной стены, как показано на рис. 3, что вызывает вихревые потоки в помещении и ощущение дутья в некоторых частях этажа. Не следует забывать, что скорость по оси приточного факела убывает весьма медленно и на расстоянии пяти калибров (диаметров) от плоскости выхлопа равна 0,9 скорости в сечении выхлопа, и даже на расстоянии 10 калибров равна все же 0,6 этой скорости<sup>1)</sup>. В связи с этим у продольной стены, с которой встречается приточный факел, будут наблюдаться весьма ощутимые скорости воздуха (рис. 3). Кроме того, на внутренней поверхности этой стены возможна конденсация влаги. Обстоятельства эти указывают на желательность направления рециркуляционного диффузора вдоль здания, как показано на рис. 2 (4-а).

Из этих же соображений следует располагать рециркуляционный диффузор таким образом, чтобы выход воздуха из него не

<sup>1)</sup> Подробнее см., например, в книге автора „Вентиляционные установки“, стр. 242—243.

был стеснен близко расположенным оборудованием (всасывающими фильтрами, рядом самотасок и т. п.).

Поворотный клапан 2 (рис. 2), находясь в положении *б*, с одной стороны будет омываться рециркулирующим теплым и влажным воздухом, а с другой стороны будет зимой подвержен влиянию наружного холодного воздуха, вследствие чего на поверхности его неизбежна конденсация влаги при низких наружных тем-

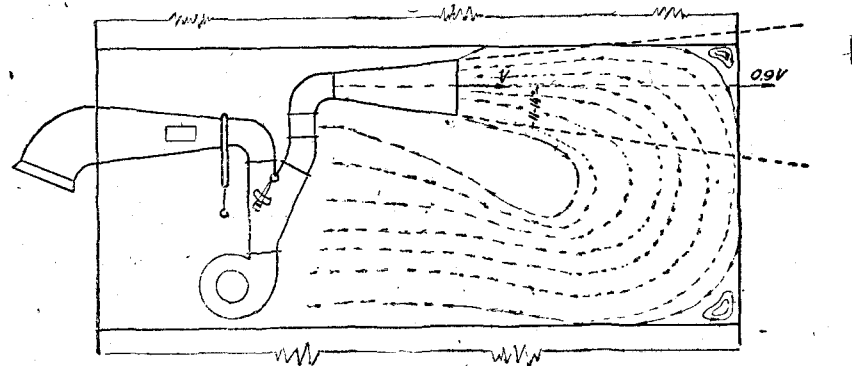


Рис. 3. Схема приточного факела рециркулирующего воздуха при установке диффузора поперек здания

пературах, стекание капель воды в вентилятор, возможно также образование тестовых корок, которые, отваливаясь, могут также попадать в вентилятор. Учитывая это, следует поворотный клапан делать утепленным, либо устанавливать задвижку 3 в малом сечении выхлопного диффузора 6, которая при положении *б* поворотного клапана должна быть закрытой. При очень низких зимних температурах полезно одновременное применение обоих указанных мероприятий.

Вместо поворотного клапана в сечениях *с* и *д* тройника могут быть установлены задвижки, связанные между собой таким образом, чтобы при выдвигании одной из них настолько же двигалась в трубу другая. В крайнем случае возможно снабдить два кармана для этих задвижек лишь одной заслонкой. Последний вариант менее желателен, ибо при выводе воздуха наружу, если он после фильтра оказывается чрезмерно запыленным, часть воздуха через щель для заслонки будет все же поступать в здание.

В выхлопном диффузоре 6 должно быть предусмотрено устройство люка 7, необходимого для герметизации при газации здания с целью дезинсекции<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Необходимо учесть требования пожарного надзора, располагая приточный диффузор так, чтобы в зоне действия его не были расположены легковосгорящие части (напр. рукавки нагнетательных фильтров), окрашивая деревянные самотечные трубы в зоне притока невосгораемой краской, устанавливая

Скорость выхода воздуха из рециркуляционного диффузора следует проектировать по возможности меньшей, — настолько малой, насколько это позволяет конкретная обстановка. Если для выхлопного диффузора нерационально понижать скорость выхода менее 6—7 м/сек., то рециркуляционные диффузоры, во избежание ощущений дутья, следует проектировать на меньшие скорости выхода. Однако, угол раскрытия диффузора не следует увеличивать сверх 20—25°. Длина диффузора  $l$  определяется величинами его большего ( $D$ ) и меньшего ( $d$ ) диаметров и принятым углом раскрытия ( $\delta$ ):

$$l = \frac{D - d}{2 \operatorname{tg} \frac{\delta}{2}}$$

Для обеспечения большей равномерности обогрева помещения рециркулирующим воздухом, а также для уменьшения возможности конденсации влаги на наружных ограждениях здания, желательно подавать воздух по возможности ближе к середине пролета здания.

Для распределения воздуха, подаваемого вентилятором в помещении одного какого-либо этажа, на которых установлено аспирируемое оборудование, необходимо при проектировании предусмотреть устройство отверстий в полах. Общая площадь этих отверстий в каждом из перекрытий может быть определенной по объему воздуха, который нужно подать на данный этаж, и скорости воздуха в рециркуляционном отверстии; нежелательно, чтобы скорость эта была более 1 м/сек.

Рециркуляционные отверстия в перекрытиях следует распределять равномерно по длине здания, устраивая их в таких участках пола, которые относительно редко посещаются рабочими (например, в промежутках между норями, установленными у продольных стен мельницы или крупозавода). В отверстиях этих следует установить прочные решетки из полосового железа, поставленного на ребро (рис. 4).

Количество рециркуляционных отверстий определится величиной общей необходимой площади, найденной, как указано ниже, и размерами каждого отверстия, устанавливаемыми конкретно в применении к конструкции здания и расположению оборудования в нем.

в начале приточного воздуховода клапан, автоматически закрывающийся при повышении температуры воздуха, либо искрогасительные устройства. Несмотря на то, что при возгорании рукавов всасывающего фильтра наружу выбрасывается не огонь, а задымленный воздух повышенной температуры, мероприятия эти следует для абсолютной безопасности считать обязательными. С точки зрения своевременной локализации очага возгорания выхлоп внутрь здания имеет даже преимущества, ибо нам известен ряд случаев, в которых возгорание не было своевременно замечено, так как задымленный воздух выбрасывался наружу. Аспирационные установки со всасывающими фильтрами и выхлопом наружу обычно маскируют возгорание, что — крайне опасно. (Автор).

Общая площадь рециркуляционных отверстий в каждом полу должна быть не меньше

$$F \geq \frac{Q}{60 p v} \text{ м}^2,$$

где  $Q$  — объем воздуха, поступающего на данный этаж в м³/мин.;  
 $p$  — отношение живого сечения рециркуляционного отверстия к его общей площади и  
 $v$  — скорость, принятая в плоскости рециркуляционного отверстия ( $\sim 1$  м/сек.).

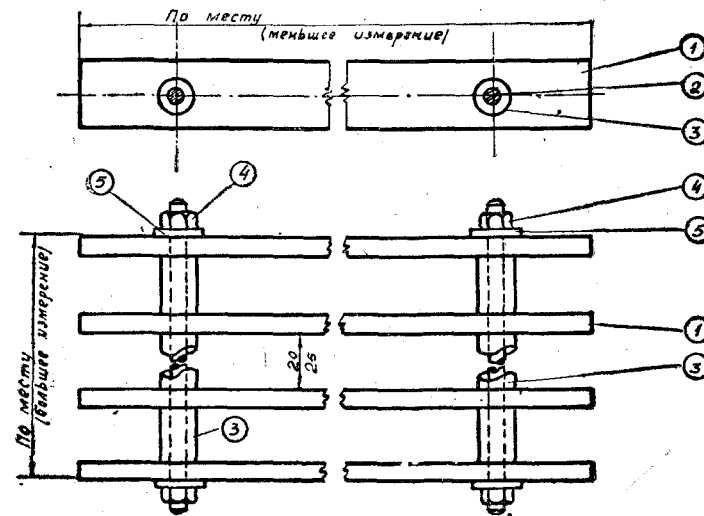


Рис. 4. Рециркуляционная решетка

Более равномерного распределения рециркулирующего воздуха по этажу и полного уничтожения ощущений дутья возможно достигнуть, применяя, вместо диффузора, приточный воздуховод, расположенный под потолком этажа.

Примеры конструкций приточных воздуховодов показаны на рис. 5.

Приточные воздуховоды выполняются с круглым, квадратным или прямоугольным поперечным сечением; последние два вида поперечных сечений применяются обычно тогда, когда воздух выводится в помещение через сетки или жалюзи, как показано на рис. 5-а; наличие прямых стенок упрощает постановку жалюзи или сеток.

На рис. 5-в и 5-с показаны примеры конструкций приточных воздуховодов с непрерывной подачей по всей длине воздуховода. На рис. 5-д изображен приточный воздуховод с приточными патрубками, обеспечивающими небольшую скорость притока при до-

статочной пропускной способности; детальнее конструкция приточного патрубка показана нами на рис. 5-е.

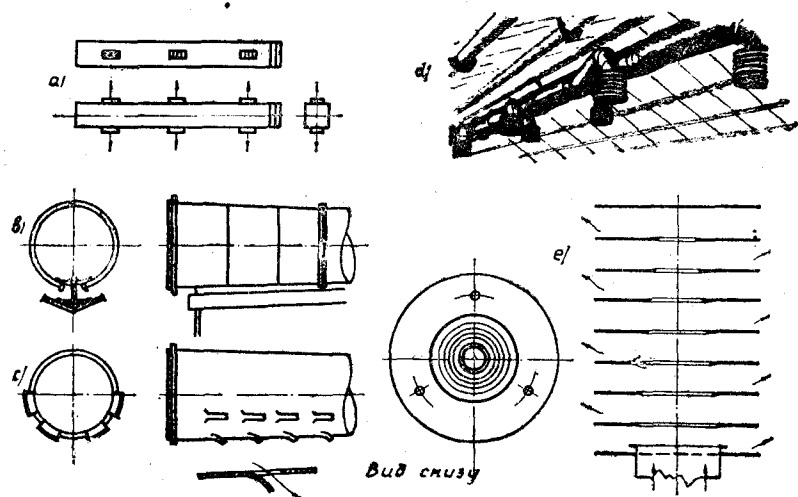


Рис. 5. Виды приточных воздуховодов

Величина площади поперечного сечения приточного воздуховода определяется объемом перемещаемого воздуха и скоростью его, которую желательно принимать небольшой, по возможности ближе к экономически-оптимальной, учитывая, что в приточном воздуховоде перемещается в достаточной степени обеспыленный воздух; против экономически-оптимальной скорости воздуха следует увеличивать лишь тогда, когда проектируемый воздуховод явно громоздок для имеющихся конкретных условий.

Общую площадь приточных отверстий и количество их следует определять, ориентируясь на скорость выхода воздуха, не превышающую 1,0—1,5 м/сек.

Проектируя приточный воздуховод для рециркулирующего воздуха, необходимо проверить потери давления в нем, которые не должны превышать потерь напора, возникающих при выхлопе воздуха наружу. Этим обстоятельством определяется предельная длина приточного воздуховода. В этом случае, если соблюдение указанного равенства потерь давления оказывается затруднительным, то возможно допустить некоторое превышение потерь давления в приточном воздуховоде над потерями в выхлопном, составляющее не более 5 мм. вод. ст. В этом случае объем воздуха, аспирируемого от оборудования, будет несколько понижаться при осуществлении рециркуляции, если давление в здании поддерживается постоянным. Возможное понижение аспирируемых объемов, однако, незначительно и легко может быть проверено изложенным выше методом при помощи характеристики вентилятора.

При осуществлении рециркуляции необходимо иметь в виду нежелательную возможность конденсации влаги на стенах здания. С этой точки зрения наименее желательна рециркуляция воздуха, аспирируемого от вальцовых станков; воздух этот наиболее ценен в тепловом отношении, но он несет с собой весьма большое количество влаги и поэтому в процессе эксплуатации следует лишь в последнюю очередь обращаться к рециркуляции воздуха, аспирируемого от вальцовых станков.

Предельный объем рециркуляции воздуха по признаку влажности рекомендуется устанавливать при помощи предлагаемых нами простых индикаторов, состоящих из одного-двух кусков стекла или зеркала, вделанных в штукатурку стен каждого этажа; поверхность индикаторов должна оставаться блестящей. Объем рециркулирующего воздуха должен быть немедленно уменьшен, путем вывода части его наружу, в том случае, если индикаторы какого-либо этажа показали начало конденсации влаги.

Осуществление рециркуляции аспирируемого воздуха без вторичной очистки его после матерчатых фильтров несколько повышает запыленность воздуха в помещениях предприятия, увеличивает количество пылевых отложений на стенах, потолках, балках и оборудовании; учитывая это, необходимо в процессе эк-

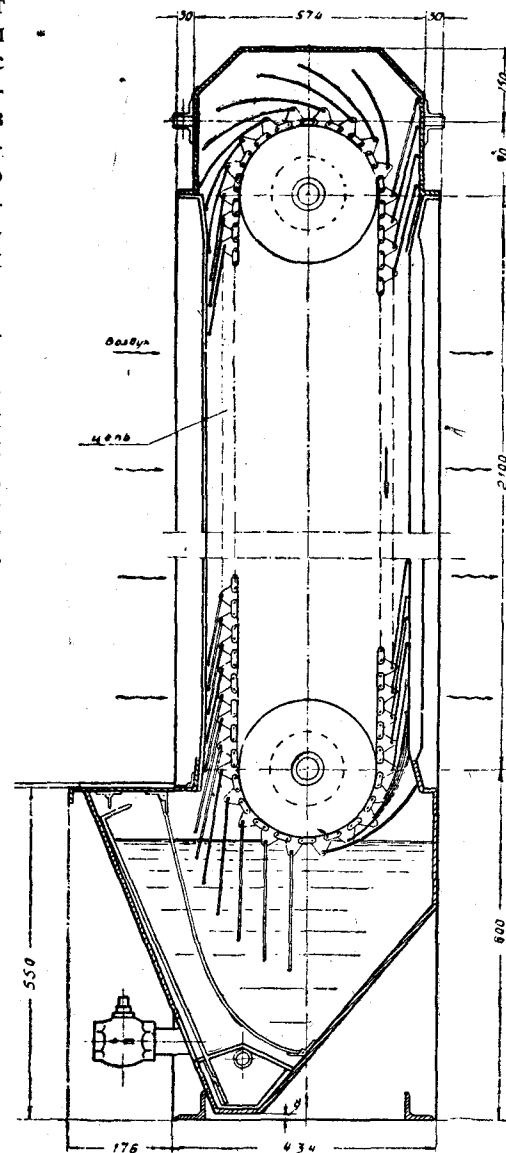


Рис. 6. Автоматический фильтр типа «Электропром» для вторичной очистки воздуха (разрез)

сплоатации при осуществлении рециркуляции предъявлять повышенные требования к уборке помещений и, кроме того, периодически контролировать запыленность приточного воздуха (после фильтров) и воздуха в помещении. Для проверки возможности осуществления возврата воздуха, после каждого из фильтров, в помещение предприятия необходимо срочно заняться разработкой экспрессных методов определения запыленности воздуха, что обеспечит практическую возможность действительно широкого использования частичной рециркуляции воздуха на мельницах и крупозаводах.

Избежать повышения запыленности воздуха в помещениях предприятия при осуществлении рециркуляции аспирируемого воздуха возможно не только применением сложных мероприятий, связанных с очисткой его мокрым путем. Нам кажется пригодным для удаления остатков запыленности воздуха (после очистки его

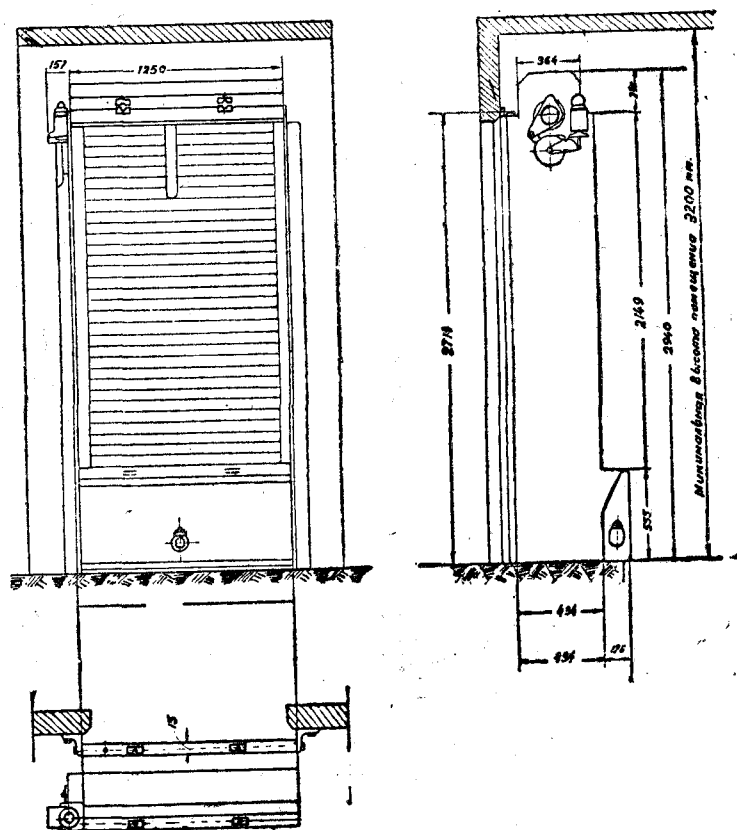


Рис. 7. Общий вид одной панели фильтра «Электропром» на матерчатом фильтре) автоматически очищающийся масляный фильтр типа «Электропром», производимый заводом «Сирокко» (Москва), показанный на рис. 6 и 7.

К бесконечной цепи (рис. 6), продвигающейся с весьма малой скоростью, регулируемой в пределах 110—210 мм в час, подвешены шторки из медных или железных тканых сит, смазанных вязким маслом или какой-либо невоспламеняемой жидкостью (см. ниже), образующие фильтрующий слой. Воздух, движущийся в направлении, указанном стрелками, пронизывает первый фильтрующий слой, состоящий из трех шторок, расположенных друг за другом, оставляя в нем основную массу пыли; проходя через второй слой, движущийся вниз, воздух вторично очищается от остатков пыли и капель жидкости, если они попали в воздух из первого, обильно смоченного фильтрующего слоя. В расположенной внизу ванне шторки промываются и снова поднимаются вверх.

Фильтры эти изготавливаются в виде отдельных панелей, соединяемых в комплекты любой величины. Одна из панелей производства завода «Сирокко» показана на рис. 7. Фильтрующая поверхность ее равна, примерно, 2,5 м<sup>2</sup>, пропускная способность 150—200 м<sup>3</sup> воздуха в минуту, т. е. достаточная для обслуживания одного 48-рукавного фильтра типа «Бет» завода Главпродмаша. По заводским данным пропускная способность одной панели достигает 375—450 м<sup>3</sup>/мин., т. е. вполне достаточна для обслуживания двух и даже, иногда, трех 48-рукавных фильтров; однако до эксплуатационной проверки этого фильтра в условиях мельниц и крупозаводов не следует повышать нагрузки сверх 4000 м<sup>3</sup>/час×м<sup>2</sup>, что соответствует 160—170 м<sup>3</sup>/мин на одну панель.

Сопротивление фильтра, работающего в условиях очистки наружного воздуха от пыли, составляет около 10 мм вод. ст. В условиях мельниц и крупозаводов, даже при максимальной скорости движения шторок (210 мм в час), сопротивление это возможно несколько повысится, под влиянием некоторой запыленности воздуха после матерчатых фильтров.

К. п. д. фильтра равен 96—99%, что обеспечивает остаточную запыленность не выше 2 мг/м<sup>3</sup>, т. е. значительно ниже гигиенически допустимой нормы, даже при запыленности воздуха после матерчатых фильтров, достигающей 50 мг/м<sup>3</sup>, что является верхним пределом нормальной работы фильтров типа «Бет».

Срок службы одной зарядки ванны зависит от эффективности работы матерчатых фильтров; в условиях очистки наружного воздуха от пыли он равен нескольким месяцам. Масло может быть очищено и употреблено вновь. Расход масла равен количеству его, поглощаемому пылью, и может быть уменьшен отжимом его из пыли (брикетированием).

В 1939 г. один из дипломантов Института впервые спроектировал по нашему заданию вторичную очистку воздуха этими фильтрами в дипломном проекте крупозавода; проект показал, что расстановка этого дополнительного оборудования не вызывает каких бы то ни было затруднений. Особенно для крупных заводов, воздух которых, аспирируемый от оборудования, значительно менее влажен, чем для размольных отделений мельниц, следовало бы рекомендовать попытку применения при осуществлении рецирку-

ляции этого рода фильтров, выпускаемых нашими заводами. Масло может быть заменено, в случае необходимости, другой невоспламеняемой, но вязкой и липкой жидкостью (например, трикрезил-фосфат).

### 5. Проектирование притока наружного воздуха в здание

Выше было указано нами, что предельно допустимым разрежением в здании предприятия следует считать 3—5 мм вод. ст. Как при осуществлении рециркуляции воздуха, так и без нее, наружный воздух должен поступать в здание в том количестве, в каком он выбрасывается наружу. Чем меньше процент рециркулирующего воздуха, тем больше объем поступающего снаружи воздуха.

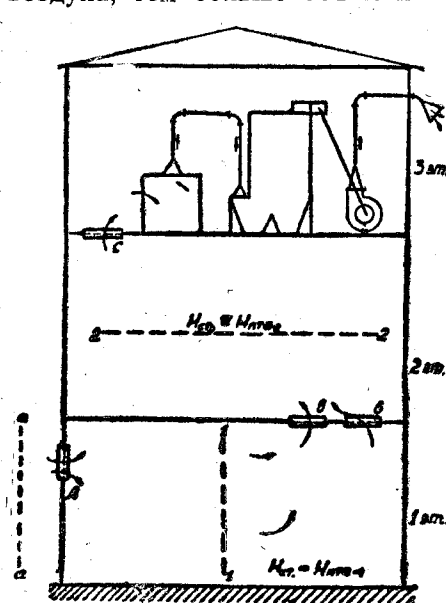


Рис. 8. К определению величины разрежения в здании

Если для воздуха, поступающего снаружи, не предусмотрено устройство специальных отверстий, то в здании создается достаточно большое разрежение со всеми сопутствующими ему отрицательными явлениями, описанными выше. Количество приточных отверстий, площадь и способ устройства их определяют собой величину разрежения в здании. Рассмотрим вопрос об определении количества приточных отверстий, обеспечивающего собой создание в помещении разрежения, не выше предельно-допустимого. Прежде всего установим, от чего зависит величина разрежения в здании. Для примера рассмотрим здание, схема которого изображена на рис. 8; на третьем этаже здания имеется установка, аспирирующая машины и выбрасывающая воздух после очистки его фильтрами наружу. В таком же количестве, в каком он выбрасывается наружу, воздух должен поступать снаружи в здание через приточное отверстие А в стене первого этажа; далее через отверстие Б воздух поступает на второй этаж и через отверстие В на третий этаж, а оттуда в аспирируемую машину и частично непосредственно в воздуховоды и во всасывающий фильтр (присос).

Для определения величины разрежения в здании напишем уравнение Бернулли для сечений а и 1 (рис. 8), причем сечение а возьмем в атмосфере на таком расстоянии от приточного отверстия

А, что скорость в сечении а можно считать равной нулю. Тогда

$$H_{ст.а} + H_{д.а} = -H_{ст.1} + H_{д.1} + H_{пт.а.1},$$

где  $H_{пт.а.1}$  — потери напора, возникающие при движении воздуха от сечения а к сечению 1, т. е. потери, связанные, главным образом, со входом воздуха в отверстие А.

Отсюда, учитывая, что  $H_{ст.а} = 0$  и  $H_{д.а} = 0$  (по условию выбора сечения а), находим, что разрежение в помещении 1-го этажа равно

$$H_{ст.1} = H_{пт.а.1} + H_{д.1}. \quad (1)$$

Считая, что воздух достаточно равномерно распределен по сечению этажа и скорость его в сечении 1, в связи с этим, очень мала, можно принять  $H_{д.1} \approx 0$  и, следовательно,

$$H_{ст.1} = H_{пт.а.1}. \quad (2)$$

Точно также из уравнения Бернулли, предполагая температуру воздуха по высоте здания постоянной, можем найти, что разрежение на 2-ом этаже здания

$$H_{ст.2} = H_{пт.а.2},$$

где  $H_{пт.а.2}$  — потери напора, возникающие при движении воздуха из атмосферы (сечение а) до сечения 2, т. е. потери в отверстиях А и Б.

Таким образом, с достаточной точностью можно считать, что абсолютная величина разрежения в каком-либо сечении здания равна величине потерь напора, возникающих при движении воздуха снаружи до рассматриваемого сечения.

Если обозначить через

$q_n$  — объем воздуха, поступающего снаружи в здание, выраженный в м<sup>3</sup>/сек.;

$f$  — площадь одного отверстия, через которое наружный воздух поступает в здание, выраженную в м<sup>2</sup>;

$\zeta$  — коэффициент сопротивления входного отверстия, имеющего площадь  $f$  м<sup>2</sup>;

$H_{ст}$  — допустимое разрежение в здании в мм вод. ст., то необходимое количество приточных отверстий ( $z$ ) при стандартном воздухе можно найти по следующей формуле:

$$z = 0,25 \frac{q_n}{f} \sqrt{\frac{\zeta}{H_{ст}}}. \quad (3)$$

Рекомендованное нами выражение получено, исходя из следующих соображений. Потери напора, возникающие при входе воздуха в здание через приточное отверстие (отверстие А на рис. 8), равны

$$H_{пт} = \zeta \frac{\rho v_0^2}{2}, \text{ мм вод. ст.,}$$

где  $v_0$  — скорость воздуха в приточном отверстии. Если на пути воздуха не встречается других сопротивлений, то, как было показано нами выше, разрежение на этаже ( $H_{ст}$ ) будет равно этой величине потерь напора, т. е.

$$H_{ст} = H_{пт} = \zeta \frac{\rho v_0^2}{2}$$

и скорость воздуха в приточном отверстии равна, следовательно,

$$v_0 = \sqrt{\frac{2}{\rho}} \sqrt{\frac{H_{ст}}{\zeta}} \text{ м/сек} \quad (4)$$

или для стандартного воздуха ( $\rho = 0,122 \frac{\text{кг} \times \text{сек}^2}{\text{м}^4}$ )

$$v_0 \approx 4 \sqrt{\frac{H_{ст}}{\zeta}} \text{ м/сек.} \quad (5)$$

Следовательно, для притока в здание  $q_n$  м<sup>3</sup>/сек общая площадь приточных отверстий должна быть равна

$$F = \frac{q_n}{v_0} = 0,25 q_n \sqrt{\frac{\zeta}{H_{ст}}} \text{ м}^2,$$

и количество приточных отверстий, если площадь каждого из них равна  $f$  м<sup>2</sup>, выразится величиной

$$z = \frac{F}{f} = 0,25 \frac{q_n}{f} \sqrt{\frac{\zeta}{H_{ст}}}.$$

Если  $q_n$  — общий объем воздуха, поступающего снаружи во все этажи здания, то полученное количество отверстий  $z$  следует распределить по этажам прямо пропорционально объемам воздуха, поступающим на каждый этаж. Возможно также и непосредственно определять величину  $z$  для каждого этажа, подставляя в выражение  $\zeta$  значения  $q_n$  для каждого из этажей.

По длине этажа достаточно распределить приточные отверстия равномерно, предусматривая устройство их, например, в каждом окне или через одно окно.

Для достижения равномерного распределения по зданию притока наружного воздуха не следует проектировать приточных отверстий, имеющих большую площадь ( $f$ ); площадь каждого отверстия в обычных условиях следует принимать равной в пределах 0,1 до 0,2 м<sup>2</sup>.

Подвод наружного воздуха в здание предприятия может быть осуществлен либо приточными патрубками (рис. 9), либо приточными створками (рис. 10). Приточные патрубки могут быть установлены в верхних частях окон; в случае возникновения каких-либо неудобств, возможно также установить эти патрубки непосредственно в стенах.

Приточные патрубки для наружного воздуха должны быть спроектированы при соблюдении следующих основных требований:

1) потери напора в приточных патрубках должны быть по возможности меньше;

2) должна быть исключена возможность попадания дождя и снега через патрубки внутрь помещения;

3) наружный холодный воздух должен быть подан в верхнюю зону помещения по возможности выше от уровня пола, для того, чтобы, опускаясь вниз, в зону пребывания людей, наружный воздух успел достаточно хорошо смешаться с более теплым внутренним воздухом.

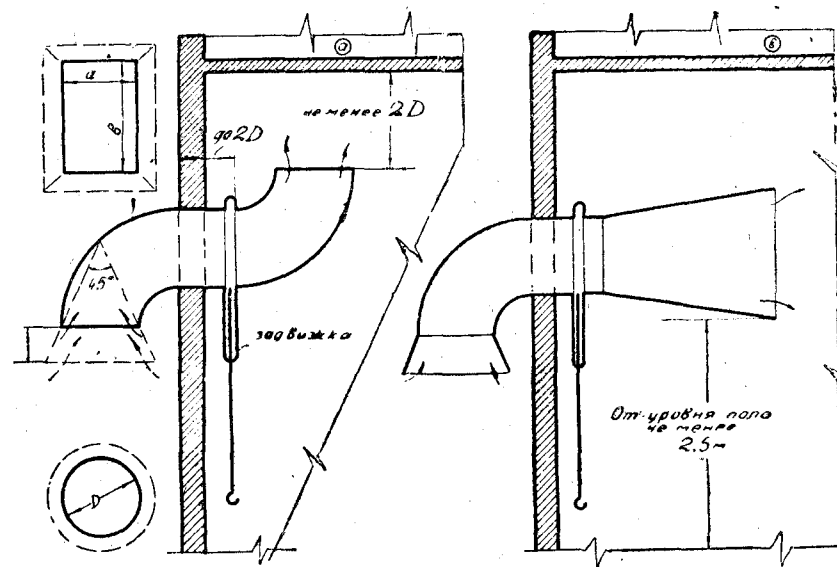


Рис. 9. Приточные патрубки для наружного воздуха.

Кроме этих основных требований, желательно, чтобы наружный воздух перед поступлением в здание был очищен от могущей содержаться в нем пыли, что возможно осуществить, установив в системе каждого приточного патрубка, например, масляный фильтр. Но это приведет к усложнению устройств и эксплуатации притока, а также вызовет либо повышение разрежения в здании, либо необходимость значительного увеличения количества приточных отверстий. Требование это следует считать обязательным лишь в двух случаях: для помещений, в которых необходима особая чистота воздуха (например, электромоторные залы), при расположении предприятия на территории с весьма загрязненным наружным воздухом (загрязненным, например, производственными выделениями близлежащих предприятий).

Точно так же является желательным и подогрев приточного воздуха. Но, конечно, подогрев притока, при выводе всего аспируемого воздуха наружу, до температур порядка  $+12^\circ$  —  $+15^\circ$  потребовал бы недопустимо больших расходов топлива.

При осуществлении рециркуляции возможно считать достаточным и осуществимым подогрев относительно небольшого объема притока до малых положительных температур ( $2^{\circ} - 3^{\circ}$ ).

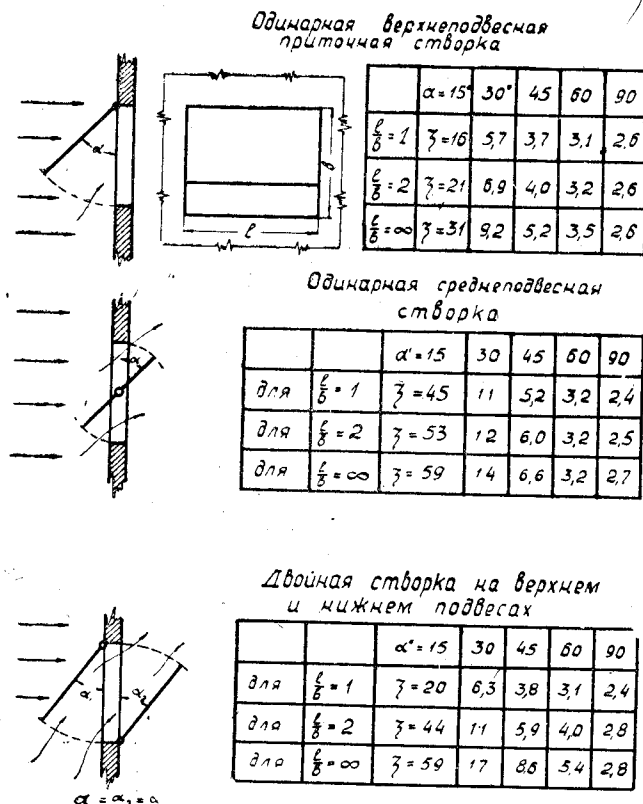


Рис. 10. Виды приточных створок для наружного воздуха

Простейшие виды приточных патрубков показаны на рис. 9. Патрубок, показанный на рис. 9-а, предусматривает подачу наружного воздуха вертикально вверх; далее холодный воздух, расширяясь по потолку, опускается, смешиваясь с более теплым внутренним воздухом, вниз. Наличие задвижки предусматривает возможность полного выключения приточного патрубка; в регулировке площади поперечного сечения приточного патрубка путем частичного прикрытия задвижки обычно нет необходимости. При вертикальном ходе задвижки, как изображено на рис. 9, необходимо предусмотреть стопор, удерживающий задвижку в верхнем положении; при горизонтальном ходе необходимость в этом отпадает, но управление задвижкой менее удобно, требует наличия лестницы.

Приточный патрубок, показанный на рис. 9-в, подает воздух

поток, параллельным потолку помещения. Для уменьшения скорости струи желательно снабдить его диффузором, который должен быть расположен по возможности ближе к потолку во избежание возникновения ощущений дутья.

Коэффициенты сопротивления  $\zeta$  для такого рода сложных фасонных деталей не исследованы в достаточной мере. Исходя из величин  $\zeta$  для отдельных частей, составляющих эти детали, можно рекомендовать для приточных патрубков, изображенных на рис. 9, следующие ориентировочные величины коэффициентов сопротивлений:

1) для патрубка, изготовленного по рис. 9-а, при круглом или квадратном поперечном сечении, с острыми кромками при входе

при радиусе закругления колен  $R_k = 1,5 \dots \zeta = 2,5$ ;  
 " " " " "  $R_k = D \dots \zeta = 2,7$ ;

2) для такого же патрубка, но при наличии входного коллектора, как изображено на рис. 9-а пунктиром

при  $R_k = 1,5 D \dots \zeta = 2,0$ ,  
 "  $R_k = D \dots \zeta = 2,2$ ;

3) для этого же патрубка, но с прямоугольным поперечным сечением, при соотношениях сторон  $\frac{b}{a}$  в пределах от 2 до 5 приведенные выше величины  $\zeta$  уменьшаются, примерно, на 0,2;

4) для патрубка, изготовленного по рис. 9-в, при круглом или квадратном поперечном сечении, при диффузоре с углом раскрытия, не превышающем  $25^{\circ}$ , и степенью расширения около 3, при радиусе закругления колена в пределах от  $1,5D$  до  $D \dots \zeta \approx 0,8$ .

Во всех приведенных случаях величины  $\zeta$  относятся к динамическому напору, соответствующему скорости воздуха в наименьшем сечении патрубка.

Виды приточных створок и величины коэффициентов сопротивления их при различных углах открытия даны на рис. 10. Коэффициенты эти<sup>1)</sup> относятся к динамическому напору, соответствующему условной скорости воздуха в сечении проема и равной

$$v = \frac{q}{b l} \text{ м/сек.,}$$

где  $q$  — поступающий через проем объем воздуха в  $\text{м}^3/\text{сек}$ , а  $b$  и  $l$  — размеры проема (см. рис. 10), выраженные в м.

Для верхне- и нижне-подвесных створок следует предусматривать в качестве максимального угол открытия, равный  $45^{\circ}$ ; для средне-подвесных максимальным углом открытия является угол в  $90^{\circ}$ ; однако при таком большом угле открытия возрастает возможность заноса в помещение дождевой воды и снега, вследствие

<sup>1)</sup> Даны по работе инж. М. Ф. Бромлей; см. журнал „Отопление и вентиляция“, 1939 г. № 8.

чего не следует рекомендовать и для этих створок столь большой угол открытия. Из приведенных видов створок наиболее целесообразными для наших условий следует считать двойные створки на верхнем и нижнем подвесах, изображенные на рис. 10 (защита от атмосферных осадков, направление притекающих объемов воздуха вверх).

Распределения воздуха по зданию более равномерного, чем при патрубках и створках, можно достигнуть, присоединяя к патрубкам приточные воздуховоды, примеры которых показаны на рис. 8. При этом несколько приточных патрубков может быть присоединено к одному общему приточному воздуховоду.

Однако это удорожает и делает громоздким устройство притока наружного воздуха, особенно, если учесть возможность наличия приточных воздуховодов для рециркулирующего воздуха.

Следует отметить, что приточные патрубки для наружного воздуха возможно присоединить к приточным воздуховодам для рециркулирующего воздуха, что значительно удешевит и упростит устройство притока. При этом, конечно, приточным воздуховодом возможно пользоваться либо для притока наружного воздуха (в случае включения рециркуляции), либо только лишь для рециркулирующего воздуха (в случае осуществления полной рециркуляции воздуха данной вентиляционной сети). При помощи поворотного клапана 2 (рис. 2) и задвижки, указанной на рис. 9, можно осуществлять любой из этих крайних режимов.

Объем воздуха, поступающего снаружи в здание, т. е. величина  $q_n$  может быть установлена на основании следующего положения: вес воздуха, поступающего снаружи в здание, равен весу воздуха, выводимого из здания наружу.

Следовательно, если температура и влажность уходящего из здания воздуха не равны температуре и влажности поступающего в здание воздуха, то не равны между собой и объемы их. Если обозначить через

$q_y$  — объем уходящего из здания воздуха в м<sup>3</sup>/сек.;  
 $\gamma_n$  и  $\gamma_y$  — удельный вес воздуха, поступающего в здание и уходящего из него, в кг/м<sup>3</sup>,  
 то исходя из высказанного выше положения,

$$q_n = \frac{\gamma_y}{\gamma_n} q_y. \quad (6)$$

Так как влияние влажности воздуха в пределах от низких температур до +30° весьма незначительно, то можно считать, что

$$\frac{\gamma_y}{\gamma_n} = \frac{T_n}{T_y} = \frac{273 + t_n}{273 + t_y},$$

где  $T_n$  и  $T_y$  — абсолютные температуры поступающего в здание

и уходящего из него воздуха. Отсюда приближенно, но с достаточной для этой цели точностью

$$q_n = q_y \frac{T_n}{T_y}.$$

Разность температур воздуха, поступающего снаружи в здание и уходящего из него, т. е. величина  $T_y - T_n$ , обычно не превышает 30° при этом

$$q_n \approx 0,9 q_y;$$

но даже при  $T_y - T_n$  равной 50°, величина  $q_n \approx 0,85 q_y$ ; однако столь большая разность температур может встретиться лишь только в качестве редкого исключения.

Для обычных расчетов при проектировании предприятий можно при небольших величинах  $T_y - T_n$  принимать  $q_n = q_y$ , что создаст некоторый небольшой запас в уменьшении разрежения в здании, но потребует увеличения количества приточных отверстий для наружного воздуха на 5—10%.

## 6. Пример расчета мероприятий, уменьшающих разрежение в здании

В заключение отметим, что в настоящее время нам представляется целесообразным для уменьшения разрежения в зданиях наших предприятий проектировать вентиляционные установки, одновременно предусматривая и возможность осуществления полной рециркуляции аспирируемого воздуха<sup>1)</sup> после очистки его на матерчатых фильтрах и возможность полного вывода этого воздуха наружу для каждой вентиляционной сети. В процессе эксплуатации вентиляционных установок, спроектированных таким образом, возможно будет осуществление любых комбинаций между притоком наружного воздуха и рециркулирующими объемами в зависимости от качества работы фильтров, от времени года, от степени теплопроводности наружных ограждений здания и ряда других факторов.

Для построения конкретного примера расчета предположим, что мы имеем следующее задание.

Для размольного отделения мельницы, схематический разрез которого изображен на рис. 11, спроектировать систему меро-

1) Осуществление полной рециркуляции воздуха может быть использовано для работы предприятия в условиях химического нападения, ибо это полностью изолирует здание предприятия от окружающей среды. Газофилтрирующая установка может создать при этом некоторое избыточное давление в здании (1—3 мм вод. ст.), обеспечивая невозможность инфильтрации воздуха. зараженного ОВ, предупреждая заражение продуктов, находящихся в здании предприятия (Автор).

6 эт.

5 эт.

расход 8 шт.

4 эт.

всас. фильтр  
по 40 шт.  
- 2 шт.

3 эт.

2 эт.

10 вальцовый  
станок  
800-250

1 эт.

1) Реширкуляционные  
отверстия в полу 2 эт.  
40 см - 0,25 × 0,50 м - 3 шт.  
- 10 см - 0,25 × 1,0 м - 4 шт.  
- 12 см - 0,25 × 1,0 м, 5 м - 6 шт.  
- 0,25 × 1,0 м, - 6 шт - 40 см - 0,25 × 0,5 м

2) Приточные патрубки диамет  
400 мм  $R_c = D$ ; 1 см - 1 нарп, 2 см -  
4 нарп, 3 см - 7 нарп, 4 см - 8 нарп,  
5 см - 2 нарп, 6 см - 1 нарп

Сеть № 1. 10 вальцовых станков по 10 м <sup>3</sup> /мин. от каждого	100 м <sup>3</sup> /мин.
8 рассевов по 7 м <sup>3</sup> /мин. от каждого.	56 «
присос воздуха в сети (около 10% от 156 м <sup>3</sup> /мин.)	16 «

вентилятор № 1 перемещает . . . . . 224 м³/мин.

**Решение** Определим объемы воздуха, перемещаемые вентиляторами каждой вентиляционной сети.

от каждой	24	м <sup>3</sup> /мин.
3 центрофугала по 6 м <sup>3</sup> /мин. от каждого	18	«
2 вейки «Реформ» по 45 м <sup>3</sup> /мин от каждой	90	«
присос воздуха в сети (около 10% от 132 м <sup>3</sup> /мин)	13	«

Итого по 4 эт. . . . . 224 м<sup>3</sup>/мин.

5-й этаж: 1 — через рассевы — около 80% объема, аспирируемого от рассевов ( $0,8 \times 56 =$ ) . . . 45 м<sup>3</sup>/мин.  
2 — через неплотности воздухопроводов, присоединенных к рассевам — около 5% объема, аспирируемого от рассевов ( $0,05 \times 56 =$ ) . . . 3 «

Итого по 5 эт. . . . . 48 м<sup>3</sup>/мин.

6-й этаж: 1 — через неплотности аспирационных шнеков и воздухопроводов, рассевой сети — около 5% объема, аспирируемого от рассевов . . . 3 м<sup>3</sup>/мин.  
2 — через неплотности самотечных труб и головки норы — около 20% объема, аспирируемого от рассевов ( $0,2 \times 56 =$ ) . . . 11 м<sup>3</sup>/мин.

Итого по 6 эт. . . . . 14 м<sup>3</sup>/мин.

Общая вытяжка по всем этажам здания

$$15 + 93 + 18 + 224 + 48 + 14 = 412 \text{ м}^3/\text{мин.}$$

соответствует полученной ранее сумме объемов, перемещаемых вентиляторами.

В случае осуществления полной рециркуляции воздуха весь этот объем воздуха будет подан через выхлопные отверстия вентиляторов на 4-й этаж, откуда он должен быть распределен по остальным этажам, в соответствии с найденными выше объемами вытяжки, как показано на рис. 12.

Из имеющихся различных возможностей распределения рециркулирующего воздуха по этажам, описанных выше, остановимся на простейшей, а именно: подачу воздуха на 4-й этаж осуществим при помощи диффузоров, а распределение по остальным этажам — при помощи рециркуляционных отверстий в полах.

Определим размеры рециркуляционных диффузоров.

Выхлопное отверстие вентилятора № 5 Главпродмашины имеет размеры  $0,32 \times 0,58 = 0,186 \text{ м}^2$ ; следовательно, скорости выхода воздуха из вентиляторов № 1 и № 2 соответственно равны:

$$v_1 = \frac{224}{60 \times 0,186} = 20,0 \text{ м/сек} \text{ и } v_2 = \frac{188}{60 \times 0,186} = 16,7 \text{ м/сек.}$$

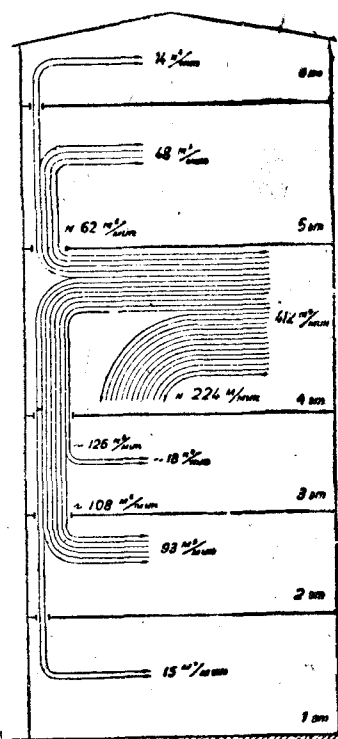


Рис. 12. Распределение рециркулирующего воздуха.

Скорость эту следует уменьшить при помощи диффузора по крайней мере в 5—6 раз.

Определим, исходя из конкретных условий предприятия, максимально возможный диаметр выходного отверстия рециркуляционного диффузора или наибольшую возможную высоту его в случае прямоугольного выхлопного отверстия.

Направляя рециркуляционный диффузор вдоль здания, как это было рекомендовано выше, необходимо расположить нижнюю кромку его на уровне, не ниже 2,5 м от пола (см. рис. 9). Высота этажа и ребристого перекрытия определяют собой, как показано на рис. 13, максимальную высоту выхлопного отверстия диффузора, равную в данном случае 800 мм.

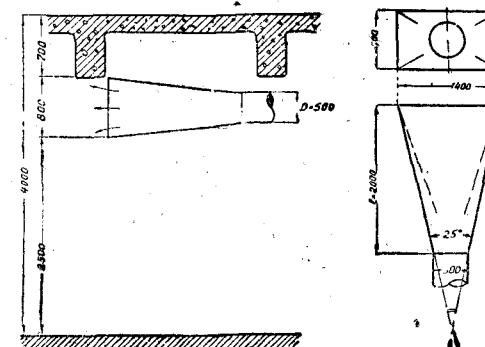


Рис. 13. Размеры рециркуляционного диффузора

Сделав диффузор круглым, мы получим при этом максимальном диаметре скорость выхлопа воздуха из диффузора сети № 1, равную

$$v_{в1} = \frac{4 \times 224}{60 \times \pi \times 0,8^2} = 7,4 \text{ м/сек,}$$

т. е. большую той, которая была рекомендована выше. Следовательно, делать диффузор с круглым выходным отверстием — нежелательно. Сделав диффузоры с прямоугольным выходным отверстием, имеющим размеры  $800 \times 1400 \text{ мм}^2$ , мы получим скорость выхода рециркулирующего воздуха из диффузоров сетей № 1 и № 2, равную

$$v_{в1} = \frac{224}{60 \times 0,8 \times 1,4} = 3,2 \text{ м/сек} \text{ и } v_{в2} = \frac{188}{224} 3,2 = 2,7 \text{ м/сек,}$$

что возможно считать хотя и не малым, но допустимым.

Длина рециркуляционных диффузоров определится из следующих соображений. Осуществив переход от прямоугольного выхлопного отверстия вентилятора к круглому воздухопроводу с такой же площадью поперечного сечения, мы получим диаметр воздухопровода

$$d = \sqrt{\frac{4f}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,186}{3,14}} = 0,487 \text{ м} \approx 500 \text{ мм.}$$

Принимая угол раскрытия диффузоров равным  $25^\circ$  (см. рис. 13), получим

$$l = \frac{D-d}{2 \operatorname{tg} \frac{\delta}{2}} = \frac{1400-500}{2 \times 0,222} \approx 2000 \text{ мм.}$$

Увеличив длину диффузора при сохранении  $\delta = 25^\circ$ , если это позволяют конкретные условия предприятия или установив короткий приточный воздуховод, можно еще более понизить скорость подачи рециркулирующего воздуха в помещение.

Общая площадь отверстий в полу каждого этажа для распределения рециркулирующего воздуха по этажам определится из распределения рециркулирующих объемов, представленного на рис. 12. Общая площадь рециркуляционных отверстий в полу каждого этажа должна быть не меньше, как это было указано выше—

$$F \geq \frac{Q}{60pv} \text{ м}^2.$$

Принимая живое сечение решетки рециркуляционного отверстия равным 0,8 общей площади его и  $v = 1$  м/сек, получим минимальную величину площади отверстий в полу 2-го этажа:

$$F_2 = \frac{Q}{60 \times 0,8} = \frac{Q}{48} = \frac{15}{48} = 0,31 \text{ м}^2.$$

Соответственно — в полах остальных этажей:

$$F_3 = \frac{108}{48} = 2,3 \text{ м}^2; F_4 = \frac{126}{48} = 2,6 \text{ м}^2;$$

$$F_5 = \frac{62}{48} = 1,3 \text{ м}^2; F_6 = \frac{14}{48} = 0,29 \text{ м}^2.$$

Располагая рециркуляционные отверстия у продольных стен в промежутках между норями, примем размеры отверстий для 2-го и 6-го пола, равными  $0,25 \times 0,50 = 0,125 \text{ м}^2$ , а для перекрытий с большим объемом проходящего через них воздуха —  $0,25 \times 1,0 = 0,25 \text{ м}^2$ .

Следовательно, минимальное число рециркуляционных отверстий:

$$\text{в полу 2-го эт.} - z_2 = \frac{0,31}{0,125},$$

принимаем  $z_2 = 4$  (по 2 отверстия у каждой продольной стены);

$$\text{в полу 3-го эт.} - z_3 = \frac{2,3}{0,25},$$

принимаем  $z_3 = 10$  (по 5—у каждой стены);

$$\text{в полу 4-го эт.} - z_4 = \frac{2,6}{0,25},$$

принимаем  $z_4 = 12$  (по 6—у каждой стены);

$$\text{в полу 5-го эт.} - z_5 = \frac{1,3}{0,25},$$

принимаем  $z_5 = 6$  (по 3—у каждой стены);

$$\text{в полу 6-го эт.} - z_6 = \frac{0,29}{0,125},$$

принимаем  $z_6 = 4$  (по 2—у каждой стены);

В рециркуляционных отверстиях каждого этажа фактическая скорость воздуха будет менее 1 м/сек за счет произведенного при расчете увеличения площади и, вследствие наличия неучтенных отверстий в полу (например, для ременных передач). Как совершенно понятно, дальнейшее понижение этой скорости весьма желательно.

Для случая вывода всего объема аспирируемого от оборудования воздуха наружу необходимо предусмотреть наличие приточных патрубков, обеспечивающих приток на каждый этаж объемов, равных примерно объему вытяжки (см. урavn. 6). Объемы эти были найдены нами ранее и показаны на рис. 12. Необходимое для каждого этажа минимальное количество приточных патрубков определим по выражению 3:

$$z = 0,25 \frac{q_n}{f} \sqrt{\frac{\zeta}{H_{ст}}}.$$

Диаметр приточного патрубка примем для всех этажей равным 400 мм; следовательно  $f = 0,1257 \text{ м}^2$ .

Для приточного патрубка, выполненного согласно поставленным условиям по рис. 9-а при  $R_k = D$  и наличии входного коллектора, коэффициент сопротивления  $\zeta = 2,2$ .

Допустимое разрежение, как указано в задании,  $H_{ст} \leq 3$  мм вод. ст.

Следовательно, для данных условий

$$z = 0,25 \frac{Q_n}{60 \times 0,1257} \sqrt{\frac{2,2}{3,0}} = 0,0284 Q_n,$$

где  $Q_n$  — объем воздуха, поступающего в помещение того или иного этажа, выраженный в  $\text{м}^3/\text{мин}$  и указанный на рис. 12.

Минимальное число приточных патрубков равно, следовательно:

для 1-го этажа  $n \geq 0,0284 \times 15 = 0,43$ ; принимаем

$n_1 = 1$  приточному патрубку;

для 2-го этажа  $n_2 \geq 0,0284 \times 93 = 2,6$ ; принимаем

$n_2 = 3$  или 4 приточным патрубкам;

для 3-го этажа  $n_3 \geq 0,0284 \times 18 = 0,51$ ; принимаем  $n_3 = 1$  приточному патрубку;

для 4-го этажа  $n_4 \geq 0,0284 \times 224 = 6,4$ ; принимаем  $n_4 = 7$  или 8 приточным патрубкам;

для 5-го этажа  $n_5 \geq 0,0284 \times 48 = 1,4$ ; принимаем  $n_5 = 2$  приточным патрубкам;

для 6-го этажа  $n_6 \geq 0,0284 \times 14 = 0,40$ ; принимаем  $n_6 = 1$  приточному патрубку.

Так как данное здание размольного отделения имеет по 4 окна в каждой продольной стене, то, устанавливая приточные патрубки в окнах, на 4-ом этаже придется установить патрубки в каждом окне, а на 2-ом этаже — через одно окно.

Принципиально возможно было бы расположить все количество необходимых приточных патрубков на 4-ом этаже, воспользовавшись для распределения воздуха по этажам имеющимися в полах отверстиями для рециркулирующего воздуха. Но такая концентрация всех приточных патрубков на одном этаже — нежелательна, ибо она вызвала бы значительное понижение температуры в помещении данного этажа.

Совершенно понятно, что при наличии описанных выше и рассчитанных рециркулирующих диффузоров, отверстий в полах и приточных патрубков возможно осуществлять в предприятии любой процент рециркуляции, требуемый конкретной обстановкой в каждый данный момент.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Наличие разрежения в здании, превышающего 3—5 мм вод. ст., характерное для мельниц и крупозаводов с разомкнутыми циклами аспирируемого воздуха, вызывает следующие недостатки:

а) снижает эффективность аспирации, понижая объемы, отсасываемые от оборудования;

б) повышает расход мощности вентиляционными установками на величину, достигающую 20—25% от общего расхода мощности ими или до 5% расхода мощности предприятием в целом;

в) понижает температуру и абсолютную влажность воздуха в здании, создавая условия, неблагоприятные для процесса переработки зерна.

2. Разрежение в здании может быть уничтожено не только путем вторичной очистки воздуха в промывных камерах (Ленинградский комбинат им. Кирова), но и применением менее громоздких и сложных, более удобных и дешевых в эксплуатации самоочищающихся масляных фильтров, изготавливаемых в СССР. Масло может быть заменено другой, невогораемой, вязкой и медленно испаряющейся жидкостью.

3. Разрежение в здании может быть уничтожено частичной рециркуляцией воздуха при исправно действующих всасывающих

фильтрах, что стихийно применяется на ряде наших мельниц. При благоприятных условиях (эффективная работа фильтров, малая теплопроводность и высокая теплоустойчивость наружных ограждений здания) объем рециркулирующего воздуха может достигать до 90% общего объема, аспирируемого от оборудования.

4. В настоящее время, до широкого распространения способов вторичной очистки воздуха, надежно проверенных долговременной эксплуатацией, целесообразно для уменьшения разрежения проектировать вентиляционные установки, предусматривая одновременно для каждой сети и возможность осуществления полной рециркуляции аспирируемого воздуха после очистки его всасывающими фильтрами и возможность полного вывода этого воздуха наружу. В процессе эксплуатации установок, спроектированных таким образом, возможно будет осуществить любые комбинации притока и рециркуляции в зависимости от качества работы фильтров, от времени года, от степени теплопроводности наружных ограждений здания и ряда других факторов. Примеры устройства и методы расчета предлагаемых мероприятий приведены выше.

5. Необходимо разработать экспрессные методы определения весовой запыленности воздуха после матерчатых фильтров, что даст возможность определять в производственных условиях допустимость рециркуляции воздуха каждой вентиляционной установки предприятия.

6. На внутренних поверхностях наружных стен зданий следует при осуществлении рециркуляции устанавливать предлагаемые нами простейшие индикаторы предельного объема рециркуляции, позволяющие обнаружить момент начала конденсации влаги на стенах здания.

7. При осуществлении предлагаемых мероприятий разрежение в здании уменьшается до желательного минимума, причем, если осуществление даже частичной рециркуляции временно невозможно из-за неисправностей всех фильтров, то в здании предприятия, обеспеченном приточными патрубками для наружного воздуха, все же не будет холоднее, чем при обычных установках с выводом воздуха после всасывающих фильтров наружу. Расход мощности вентиляционными установками ощутительно уменьшится при этом, либо при том же расходе мощности, если он невелик, окажется возможным повысить аспирируемые от оборудования объемы воздуха, повышая эффективность аспирации.

8. Осуществление предлагаемых мероприятий, не требующих особых затрат для большинства мельниц, обеспечит, кроме того, температуру и влажность воздуха, более благоприятные для ведения процесса помола зерна в высокосортную муку, чем существующие в настоящее время на наших предприятиях.

*Кандидат химических наук,  
доцент И. И. ЛЕНАРСКИЙ*

## ДАННЫЕ К ВОПРОСУ О ТЕМПЕРАТУРЕ СУШКИ ЗЕРНА НЕКОТОРЫХ КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

Действие нагревания на зерно изучалось преимущественно в связи с биологическими и хлебопекарными свойствами. Выяснению влияния температуры на всхожесть зерна посвящено значительное число исследований. Влияние нагревания зерна на хлебопекарные свойства можно считать также во многих отношениях выясненным. Среди работ последнего времени особого внимания заслуживают исследования Кретовича (1). Считается установленным, что максимальная температура, при которой нагревание не вызывает ухудшения биологических и хлебопекарных свойств, невысока. Кроме того, доказано, что отрицательное влияние нагревания на зерно с более высокой влажностью проявляется при более низкой температуре.

В связи с этим инструкциями по сушке зерна устанавливаются предельные температуры, выше которых нагревание зерна в горячей камере не допускается. Эти правила сушки остаются едиными независимо от назначения зерна. Сушка зерна, предназначенного на переработку в крупу, проводится с соблюдением тех же температурных ограничений, а для сушки готовой крупы, кроме того, установлена более низкая температура (2).

Установление единых режимов сушки зерна независимо от его назначения не может считаться рациональным, так как не во всех случаях сохранение биологических и хлебопекарных свойств является одинаково важным. Более того, в некоторых случаях воздействие более высоких температур может повышать качество зерна, как промышленного сырья.

Особого внимания заслуживает сушка зерна, предназначенного на переработку в крупу. Как известно, при изготовлении новых видов круп термическая обработка разными методами приобрела исключительное значение. Благодаря термической обработке круп становится готовым к употреблению продуктом, не требующим длительной варки.

Несмотря на научный и практический интерес, вопросы сушки крупяного сырья не изучены (3). Возможность применения повышенной температуры также не может считаться выясненной.

Сушка зерна при более высокой температуре имеет существенные преимущества: 1) она резко повышает производительность зерносушильных установок и удешевляет сушку. Эти преимущества являются общепризнанными (4); 2) сушка при повышенной температуре может явиться одновременно и термической обработкой, повышающей качество крупы.

Потеря всхожести и тепловая денатурация белков не могут явиться препятствием повышению температуры сушки, так как первая не имеет в этом случае значения, а переход белков в денатурированное состояние — процесс, неизбежный при последующей кулинарной обработке крупы и, кроме того, является выгодным. Повышение питательной ценности белков при денатурировании нагреванием признается многими исследователями (5,6).

Существенным может считаться только опасение того, что нагревание зерна до высокой температуры может изменить прочность его тканей и привести к увеличению отходов при переработке за счет основного продукта.

В наши задачи входило: 1) выяснение возможности повышения температуры сушки крупяного зерна; 2) изучение влияния таких условий сушки на качество крупы; 3) изыскание более выгодных температур сушки.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для опытов было взято чистосортное зерно ячменя сорта Паллидум 0—32, полученное от Одесского Селекционно-Генетического Института.

Постановка опытов, имеющих целью выяснить влияние нагревания на выход крупы при переработке, заключалась в следующем: были приготовлены 3 образца зерна:

**Образец № 1** — с исходной влажностью в 12%.

**Образец № 2** — с влажностью в 15%. До этой влажности зерно доводилось путем увлажнения до 21% и отлежки в течение 5 дней с последующим снижением влажности до 15% при температуре в 50°.

**Образец № 3** — с влажностью в 15%. Этот образец подвергался следующей обработке: а) увлажнению до 21%, б) после пятидневной отлежки зерно подвергалось нагреванию в закрытом сосуде при температуре зерна 96—97° в сушильном шкафу в течение 1 часа. В течение следующих 30 минут влажность снижалась до 15%. После сушки зерно подвергалось пятидневной отлежке.

Все три образца подвергались далее переработке в крупу<sup>1</sup> на лабораторном голландере с соблюдением одинаковых условий. С целью проверки устойчивости зерна к воздействию рабочих органов машины, через одинаковые для всех образцов промежутки времени обработка прерывалась, продукты тщательно собирались и сортировались. В последующую переработку направлялось толь-

<sup>1</sup> Опыты переработки ячменя в крупу проводились при участии аспиранта Драгуна И. Е.

ко ядро. Получившиеся в результате переработки продукты подвергались техническому анализу и определению питательной ценности по скорости разваривания и набухаемости. Скорость развариваемости определялась по методу, принятому Главкрупой, а набухаемость двумя методами: а) по изменению объемов двухграммовых навесок в градуированных сосудах, помещаемых в кипящую водяную баню на время, определенное по развариваемости и б) по поглощению воды, определяемому изменением объемов крупинки в мерном цилиндре с бензолом до и после варки.

Результаты опытной переработки и всех анализов помещены в табл. 1.

Таблица 1

№ образцов	Влажность	Выход крупы после переработки (в % к зерну)			Необрушен. зерно в %	Разварив. (в мин.)	Набухаемость	
		в течение 5 мин.	в течение 10 мин.	в течение 14 мин.			по объему в см <sup>3</sup> на 1 гр. крупы	поглощение воды в гр. на 1 гр. крупы
1 (ненагр.)	12,0	80,2	68,8	64,0	—	65	3,0	3,1
2 (ненагр.)	15,0	85,4	76,4	71,0	2,4	65	3,1	3,1
3 (нагр.)	15,0	85,2	76,1	70,6	1,4	35	3,5	3,5

Результаты лабораторной переработки показывают, что нагревание ячменя не вносит заметных изменений в его технологические свойства. Это видно по выходам ядра в образцах № 2 и № 3. Прочность тканей, очевидно, не изменяется. Это вполне согласуется с наблюдениями над продуктами из зерна при кулинарной обработке. Микроскопирование показывает, что клеточная структура сохраняется даже при длительной варке, хотя клеточные стенки и делаются более рыхлыми (5).

Обращает на себя внимание тот факт, что зерно с меньшей влажностью значительно легче поддается действию рабочих органов голлендера. Различие во влажности, очевидно, вследствие неодинаковой эластичности, резко отражается на стойкости зерна к действию рабочих органов машины, тогда как нагревание заметного влияния не оказывает.

Данные по развариваемости показывают, что сушка при повышенной температуре может значительно сокращать время, необходимое для кулинарной обработки, может сделать продукт наполовину готовым. Увеличение набухаемости крупы из подвергавшегося такой сушке зерна должно расцениваться как фактор, повышающий питательную ценность.

Мы поставили далее задачу найти более выгодные температуры сушки зерна, предназначенного для переработки в крупу. Необходимо было, прежде всего, выбрать соответствующий критерий

оценки выгодности этих температур. Наиболее важными химическими изменениями при термической обработке круп (см. нашу работу в этом сборнике) являются изменения белков и декстринизация крахмала. Степенью этих изменений в нормальном зерне можно измерять степень теплового, воздействия на зерно.

Однако характер изменений и температура их начала для белков и крахмала — различны. Заметный распад крахмала на декстрины начинается при температуре выше 110°. Изменения белков начинаются при более низкой температуре их денатурацией, проявляющейся наглядно в потере растворимости.

При более продолжительном нагревании во влажном состоянии и температуре выше 100° начинается переход денатурированных нагреванием белков в растворимое состояние. Таким образом, изменение состояния белков, как критерий в оценке температуры сушки, в значительной степени соответствует нашим требованиям.

С точки зрения пищевых свойств крупы — благоприятные температуры сушки ограничиваются, в нижнем пределе, температурой начала денатурации белков, а в верхнем пределе — 100° (температурой кипения воды).

Температура начала денатурации белков зерна определялась многими исследователями. Однако в этих определениях не всегда учитывалась влажность зерна, продолжительность нагревания менялась, а многие опыты — единичны и на их основе нельзя построить кривую температур денатурации. Мы, в связи с этим, провели ряд опытов с целью найти кривую зависимости от влажности температуры начала денатурации и кривую зависимости от влажности температуры полной денатурации.

Методика этих опытов была следующей: готовились три образца зерна ячменя с влажностью в 12%, 18% и 24%. После увлажнения следовала пятидневная отлежка. Навески по 100 г зерна в стеклянных банках, плотно закрытых резиновыми пробками с термометрами, прогревались в течение 1 часа (отсчет после достижения зерном этой температуры) в электрическом сушильном шкафу. Точность терморегулятора позволяла сохранить температуру с отклонениями  $\pm 1^\circ$ . Температуры нагрева были выбраны для образца с влажностью в 12% от 60° через каждые 5°. Для зерна с влажностью в 18% от 55° и зерна с 24% влажностью от 45°. Прогретые навески затем охлаждались, контрольным взвешиванием определялось сохранение начальной влажности и после этого навески зерна с влажностью в 18 и 24% высушивались при 40°. В размолотых до одинаковой степени продуктах определялся азот веществ, растворимых в 5%  $K_2SO_4$  и 0,2%  $NaOH$ . Результаты этих опытов представлены табл. 2.

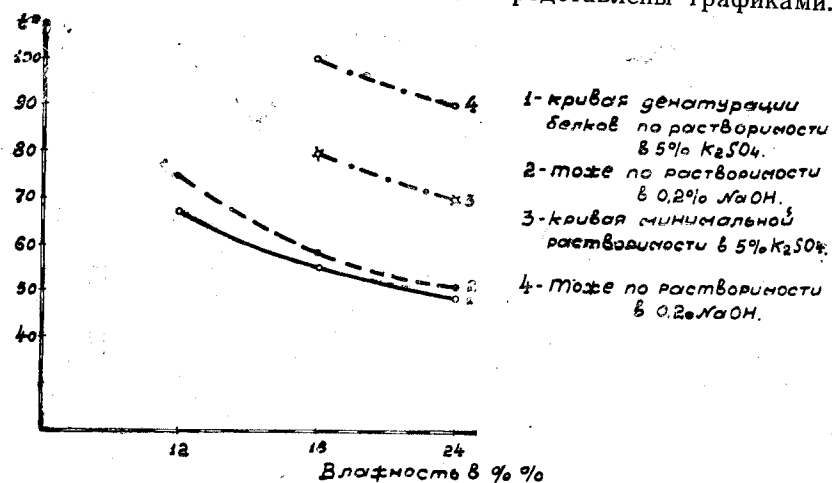
Азот растворимых в 5%  $K_2SO_4$  и 0,2%  $NaOH$  веществ выражен в процентах на абсолютно сухое вещество.

Температура начала денатурации белков ячменя, обнаруживаемая по уменьшению растворимости, как и надо было ожидать, меняется в зависимости от влажности. При этом раньше начинается денатурация белков, растворимых в  $K_2SO_4$  (альбуминов и

Таблица 2

Температура нагревания	Влажность зерна					
	12%		18%		24%	
	Азот раствор в 5% $K_2SO_4$	Азот 0,2% NaOH	Азот раствор в 5% $K_2SO_4$	Азот в 0,2% NaOH	Азот в 5% $K_2SO_4$	Азот в 0,2% NaOH
Без нагрев.	0,46	1,83	0,46	1,83	0,46	1,83
45°	—	—	—	—	0,45	1,83
50°	—	—	—	—	0,42	1,82
60°	—	—	0,40	1,80	0,37	1,75
65°	0,45	1,83	—	—	—	—
70°	0,26	1,83	0,28	1,58	0,22	1,51
75°	0,35	0,83	—	—	—	—
80°	0,35	1,76	0,22	1,45	0,23	0,97
90	0,30	1,68	—	—	—	—
100°	0,30	1,36	0,22	1,82	0,19	0,80
132° (в авто- клаве)	—	—	—	—	0,21	0,83

глобулинов). Минимальная растворимость достигается раньше также по этим группам белков. Для сравнения в табл. 2 включены данные нагревания ячменя в автоклаве при 132° в течение 30 мин., при котором растворимость белков достигает минимума. Для наглядности результаты опытов представлены графиками.



Таким образом, при сушке зерна в пределах температуры и влажности ниже кривой 1, сушка не будет изменять свойств крупы. Выше этой кривой она будет оказывать положительное действие и тем в большей степени, чем ближе условия сушки будут приближаться к кривой 4.

### ВЫВОДЫ

1. Рационализация зерносушения требует научной разработки специализированных режимов сушки, соответствующих назначению зерна. Целесообразно повысить температуру сушки зерна, предназначенного для изготовления крупы, во всех случаях, когда это не связано с ухудшением технологических свойств. Ограничение сушки готовых круп температурой в 40° следует отменить, как нерациональное.

2. Экспериментально показана возможность сушки ячменя для крупы нагреванием при 96—97° без ухудшения технологических свойств. Констатировано улучшение таким путем пищевых свойств круп по развариваемости и набухаемости.

3. Найдены кривые начала денатурации и полной денатурации белков в зависимости от влажности зерна и температуры.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Кретович В. Л. Физиолого-биохимические основы хранения зерна, 110, 1945.
2. Денисов Н. И. Методы увеличения производительности зерносушилок, 1943.
3. Гержой А. П. и Самочетов. Зерносушение, 209, 1943.
4. Гофман — МООС. „Зерно“, 123, 1933.
5. Лобанов Д. И. Технология приготовления пищи, 130, 1939.
6. Осборн Г. Б. Растительные белки (перев. с англ.), 147, 1936.

*Кандидат химических наук,  
доцент И. И. ЛЕНАРСКИЙ*

## ХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЕЩЕСТВ ЗЕРНА ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Главные химические вещества зерна хлебных злаков, имеющие первостепенное значение в питании: белки, крахмал, жиры отличаются способностью к разнообразным и легко протекающим превращениям. Эти превращения вызываются разными как внутренними — присущими зерну, так и внешними факторами. Важнейшим фактором, способным вызывать глубокие физико-химические изменения в зерне, является действие тепла. Значение нагревания в процессах производства пищевых продуктов из зерна колоссально. Без теплового воздействия продукты из зерна не могут служить пищей.

Тепловая обработка в присутствии воды вызывает механическое разрыхление тканей зерна, ослабление связей между отдельными клетками, увеличивает проницаемость стенок клеток, что делает содержимое клеток более доступным действию пищеварительных соков. Нагревание вызывает также и химические изменения в веществах зерна, резко повышающие их усвояемость (1).

Влияние нагревания на зерно и вещества зерна изучалось многими исследователями (2, 3, 4). Эти исследования, однако, ограничивались вопросами изменения семенных и биохимических свойств зерна и вопросами, связанными с хлебопечением. Выяснению влияния более высоких температур, лежащих за пределами тепловой денатурации белков и потери всхожести, посвящены единичные исследования (4).

В крупяном производстве термическая обработка имеет важнейшее значение. Требования, предъявляемые крупе, отличны от требований — к продовольственному зерну и муке. Первостепенное значение в крупе приобретает химический состав и те физические и химические изменения, благодаря которым повышается пищевая ценность крупы. В современном технологическом процессе производства новых видов крупы роль термической обработки заключается не только в облегчении снятия оболочки, но и в глубоком воздействии на вещества зерна, сходном с действием выпечки в хлебопечении.

Развитие производства новых видов крупы и пищевых концентратов из зерна, основанного на термической обработке, вызвало

практическую потребность как в изучении химических изменений, вызываемых нагреванием, так и в изыскании способов целесообразного применения термической обработки.

Литература, посвященная этим вопросам, — крайне бедна. Недостаток сведений по этим вопросам отмечается авторами специальных руководств как по крупяному производству, так и по производству пищевых концентратов (5, 6).

В задачи нашего исследования входило:

1. Выяснение химических изменений основных веществ зерна: углеводов, белков и жиров под влиянием нагревания.
2. Выяснение влияния различных условий термической обработки (температуры, влажности, продолжительности, давления) на характер изменений и их степень.
3. Изыскание наиболее ценных, с точки зрения улучшения пищевых качеств, способов термической обработки.

### 1. Объекты и методы исследований

В качестве объектов изучения были: зерно и крупа из пшеницы, ячменя, овса, гречихи и проса. Кроме того, при выяснении характера изменений белков исследовалась клейковина. Термическая обработка проводилась тремя методами:

1) Нагреванием в автоклаве. При этом применялось давление от 1 до 8 атм., что соответствовало температуре от 119° до 172°. Продолжительность изменялась от 30 мин до 4 час. Влажность продуктов в процессе обработки повышалась от нормальной (12—15%) до 26—28%;

2) Нагреванием при атмосферном давлении в сушильном шкафу при температуре 130°; эта температура соответствовала температуре автоклавирования при давлении в 2 технических атм., принятому нами за оптимальное. Продолжительность нагревания изменялась так же, как и в предыдущем методе. Образцы при этом рассыпались тонким слоем на бумаге.

Влажность продуктов быстро уменьшалась от нормальной до полного обезвоживания;

3) Кипячением с водой при атмосферном давлении. Продолжительность изменялась так же, как и в первых двух методах.

В обработанных такими способами продуктах определялись: влажность, общий азот методом Кьельдаля, белковый азот по Барнштейну, аминный азот по Вильштеттеру и Вальдшмидт — Лейтцу, растворимость белков при экстрагировании 70% (по объему) спиртом, 0,2% NaOH и 5% K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, клетчатка методом Кюршнера и Ганака, пентозаны по Толленсу и Крэберу, непосредственно-восстанавливающие сахара по Бертрану, сахара и декстрины методом американской ассоц. зерновых химиков, жир по Сокслету, кислотное число жира, актуальная кислотность вытяжек, воднорастворимые вещества, набухаемость и развариваемость крупы.

Значительное число опытов показало, что термическая обработка вызывает глубокие изменения как в структурных элементах

зерна, так и в веществах зерна. Степень этих изменений зависит от температуры, влажности продуктов и продолжительности нагревания. С повышением температуры и влажности процессы резко усиливаются. Таким образом, одна и та же степень изменений при более высокой температуре достигается в более короткое время. Допустимое повышение температуры, однако, ограничено пределом в 130—140°. Продолжительное применение более высоких температур в автоклаве вызывало резкое потемнение продуктов и появление горечи.

## 2. Изменения в белковых веществах

Наблюдающиеся в белковом комплексе изменения следует считать наиболее существенными. В соответствии с обычными представлениями о тепловой денатурации, как необратимом (гомодромно) процессе, можно было ожидать перехода основного количества белков в нерастворимое состояние. Это и отмечалось на первой (30-минутной) стадии термической обработки при всех методах. Однако картина резко меняется при более длительном нагревании, что видно из данных, сведенных в табл. 1.

Таблица 1.

Изменение растворимости белков пшеничной крупы, в зависимости от способов нагревания. Азот растворимых веществ, выражен в процентах к общему азоту продукта (принятому за 100%)

Давление	Продолжительность нагревания	Нагревание в автоклаве при 2 атм. Растворители			Кипячение с водой (при норм. давлении) в 70% спирту	Нагревание в сушильном шкафу при 130°		
		70% спирт	0,2% NaOH	5% K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		Влажность в %	Растворимость в 70% спирту	Растворимость 0,2% NaOH
—	Без нагрев.	38,1	73,3	26,6	38,1	12,6	38,1	73,3
2 атм.	30 м.	7,6	27,6	11,4	8,4	2,6	12,7	28,1
.	1 час	10,8	30,4	14,7	9,0	1,8	10,4	26,6
.	1 ч. 30 м.	14,1	32,3	17,4	9,2	0,6	10,1	25,7
.	2 часа	18,2	34,7	20,1	10,0	0,0	9,9	25,0
.	4 часа	22,7	44,1	29,3	—	0,0	9,4	23,8
1 атм.	1 час	7,1	22,3	9,2	—	—	—	—
2 .	1 час	10,8	30,4	14,7	—	—	—	—
3 .	1 час	15,5	37,0	16,3	—	—	—	—

В то время, как при нагревании продуктов в сушильном шкафу, в условиях высушивания, растворимость белковых веществ резко

снижается и становится минимальной при наибольшей продолжительности нагревания, нагревание в автоклаве вызывает ясно выраженный переход в растворимое состояние части денатурированных теплом белков. При 30-минутном нагревании в автоклаве растворимость резко снижается и является минимальной во всех растворителях. Более продолжительное нагревание сопровождается значительным ростом азота веществ, переходящим в раствор также по всем растворителям. Изменения растворимости белков в продуктах, подвергавшихся кипячению с водой, по своему характеру, сходны с изменениями при автоклавировании, но выражены менее резко.

Методика определения растворимости во всех случаях была аналогичной и заключалась в следующем.

Навески в 4 г измельченных до одинаковой степени продуктов экстрагировались 100 мл. соответствующего растворителя. Экстрагирование проводилось серийно в колбах, помещаемых на аппарат Вагнера, приводимый во вращение электромотором. Продолжительность экстрагирования в 1 час была найдена достаточной предварительными опытами. Твердый остаток отделялся центрифугированием в течение 15 минут при 3000 оборотах в минуту и последующим фильтрованием через двойной фильтр. В определенном объеме фильтра определялся азот методом Кьельдаля. Переход в растворимое состояние денатурированных нагреванием белков, выявленной по белкам зерна пшеницы, имеет место и в белках зерна других хлебных злаков. Результаты проводимых в этом направлении опытов представлены табл. 2.

Таблица 2.

Изменения растворимости белков при нагревании в автоклаве. Азот растворимых веществ выражен в процентах к общему азоту продуктов (принятому за 100%).

№ по пор.	Продолжительность нагревания	Ячменные крупы			Азот белков в % на сух. в-во	Овсяная крупа			Пшено		
		Раствор 70% спирт	Раствор 0,2% NaOH	Раствор 5% K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		Раствор 70% спирт	Раствор 0,2% NaOH	Раствор 5% K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Раствор 70% спирт	Раствор 0,2% NaOH	Раствор 5% K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
1	Контроль	26,5	91,6	21,9	2,27	17,8	82,5	19,5	5,4	40,9	15,3
2	30 м.	12,7	32,7	10,4	2,26	8,7	36,5	14,1	5,4	12,0	8,0
3	1 ч.	14,8	36,7	12,8	2,26	8,7	29,5	13,6	5,4	10,8	8,6
4	1 ч. 30 м.	17,7	38,6	17,6	2,24	9,0	30,7	16,1	5,4	11,0	8,6
5	2 ч.	21,4	43,9	20,6	2,23	11,6	38,1	17,8	6,0	11,3	9,3
6	4 ч.	25,2	49,6	24,3	2,09	15,3	45,0	22,8	—	—	—

Так же, как и в пшеничных крупах, белковые вещества крупы из ячменя, овса и проса при нагревании в автоклаве переходят сперва в нерастворимое состояние. При более продолжительном нагревании отмечается аналогичный белкам пшеницы переход денатурированных нагреванием белков в раствор. Явление это наблюдается по всем растворителям, хотя и в неодинаковой степени.

После часового нагревания процесс растворения выявляется вполне отчетливо. Более продолжительное нагревание сопровождается резким нарастанием азота, переходящих в растворимое состояние веществ. При 4-часовом нагревании количество растворимых азотистых веществ приблизительно удваивается по сравнению с минимальной их растворимостью, а в растворах спирта и  $K_2SO_4$  оно больше или равно количеству растворимых азотистых веществ в продуктах до нагревания.

Изменения растворимости белков в зерне различных культур протекают неодинаково. Глубже и легче протекают они в зерне пшеницы, затем ячменя. Менее глубоко и труднее — в зерне овса. Мало поддаются такому воздействию белки проса.

Переход денатурированных белков в растворимое состояние должен рассматриваться как процесс значительного повышения пищевой ценности продуктов, поскольку это влечет за собой облегчение их усвояемости (7, 8).

Существенным в результатах опытов следует считать то обстоятельство, что переход белков в растворимое состояние происходит только при нагревании в присутствии воды. На степень этого процесса оказывает влияние температура.

При изучении причин перехода в растворимое состояние денатурированных нагреванием белков учитывалось значение некоторых факторов, влияние которых могло отразиться на растворимости.

Определение актуальной кислотности, изменение которой могло

Таблица 3

Аминный азот выражен в процентах к общему азоту клейковины (принятому за 100%), вязкость — в 1/5 долях секунд			
Продолжительность нагревания	Аминный азот	Вязкость	Примечание
Без нагревания	0,69	93	Вязкость чистого растворителя (этилового спирта) = 80
30 м	0,56	87	
1 час	0,69	—	
1 ч. 30 м.	0,78	85	
2 ч.	0,93	83	
4 ч.	1,02	—	

бы влиять на растворимость, показала, что заметных влияний на рН — вытяжек нагревание не оказывает.

Прирост аминного азота оказался незначительным. «Мягкие» условия, как и следовало ожидать, не вызывали распада белков до аминокислот.

Прирост аминного азота по клейковине, нагреваемой в автоклаве, в аналогичных условиях, показан в табл. 3.

Прирост аминного азота значительно меньше прироста азота переходящих в растворимое состояние веществ.

Так, аминный азот в клейковине после четырехчасового автоклавирования составил всего 1,02% от общего азота.

Прирост по отношению к минимальной величине его (после автоклавирования в течение 30 минут) составил всего 0,46%.

Прирост азота переходящих в раствор веществ в этом случае составил 10,9% от общего азота, величину почти в 24 раза большую, чем прирост аминного азота.

Определение белкового азота методом Барнштейна по овсяной крупе (см. табл. 2) и, с аналогичными результатами, осаждением трихлоруксусной кислоты по пшенице показали, что изменений в содержании белков при термической обработке в пределах 2-х часов не происходит. Заметное уменьшение белков, осаждаемых реактивом Барнштейна, отмечается только при четырехчасовом нагревании.

Определение относительной вязкости растворов в вискозиметре Оствальда показало падение вязкости переходящих в раствор белков автоклавированной клейковины. Данные помещены в табл. 3.

Не считая выяснение причин перехода в растворимое состояние белков законченным, мы считаем наиболее вероятной причиной — частичный гидролиз белков, связанный с дезагрегацией. Поскольку уменьшение вязкости может быть поставлено в зависимость от гидролитического распада белковых частиц (9), изменения вязкости, наблюдаемые нами, могут рассматриваться как подтверждение гидролиза.

### 3. Изменение углеводов

Наиболее существенными следует считать изменения непосредственно восстанавливающих сахаров, сахаров после 5 м. и 3 час.

Таблица 4  
Изменение в содержании углеводов овса при автоклавировании (в процентах на сух. вещество)

№ образца	Условия обработки		Сахара непосредствен. восстан.	Сахара после 3-х часов гидролиза	Декстрины	Пентозаны	Клетчатка
	давление в атм.	продолжительность					
1	Контроль		0,13	2,26	2,10	12,06	11,41
2	2	30 м.	0,19	2,10	5,20	11,79	—
3	2	60 м.	0,31	1,76	10,80	—	—
4	2	1 ч. 30 м.	0,35	1,43	13,10	12,60	—
5	2	2 ч.	0,38	1,17	18,20	11,89	11,68
6	2	4 ч.	0,36	0,91	27,5	12,20	—

гидролиза (типа сахарозы и мальтозы) и декстринизацию крахмала. Опытные данные по этим вопросам сведены в табл. 4 и 5:

Изменение в содержании сахароподобных углеводов характеризуется некоторым нарастанием восстанавливающих сахаров и уменьшением сахаров, определяемых после трехчасового гидролиза. Сумма обеих групп уменьшается в продуктах более длительной обработки.

Эти изменения могут быть объяснены имеющим место гидролизом дисахаридов и, наряду с этим, потерей их в результате карамелизации. Наступающее при повышении температуры до 140—150° резкое потемнение продуктов и изменение вкуса (появления горечи), можно объяснить этими превращениями сахаров (11).

Таким образом, превращения моноз и дисахаридов зерна являются факторами, лимитирующими температуру термической обработки.

Данные, характеризующие переход крахмала в декстрины, представлены табл. 5.

Таблица 5

Изменения в содержании декстринов при автоклавировании (в процентах на сух. вещество) в зерне различных культур

	Продолжительность нагревания при 2 атм.						Продолжительность нагревания 1 час.		
	Контроль	30 м.	1 час	1 ч. 30 м.	2 часа	4 часа	При 1 атм. (119°)	При 2 атм. (132°)	При 3 атм. (141°)
Овес . . .	2,10	5,20	10,80	13,10	18,2	27,50	—	—	—
Пшеница .	2,54	4,90	6,59	10,35	11,75	13,15	3,00	6,59	9,57
Ячмень . .	1,20	2,45	2,86	4,04	6,05	9,02	—	—	—
Просо . . .	0,77	1,65	2,39	2,88	—	—	—	—	—

Процесс декстринизации ускоряется с повышением температуры. При четырехчасовом нагревании в автоклаве половина крахмала овса переходит в декстрины. Значительной глубины достигает декстринизация крахмала пшеницы. Микроскопическое исследование продуктов обнаруживает почти полную потерю зернистого строения крахмала этих продуктов. Процесс декстринизации в зерне различных культур, как видно из данных, протекает неодинаково. Наиболее глубоко он затрагивает зерно овса, затем пшеницы и ячменя. Менее изменяется крахмал проса.

#### 4. Изменения жиров и другие изменения

Изменения в содержании и свойствах жира исследованы на овсяной крупе (ядре). Они характеризуются данными, представленными табл. 6.

Таблица 6

Изменения в жирах при нагревании в автоклаве

№№ образцов	Условия нагревания			Содержание жира в % % на абсолюти. сухое в-во	Кислотное число жира
	Продолжительность	Давление	Температура		
1	Без нагревания			5,02	18,2
2	15 м.	2 атм.	132°	5,03	18,5
3	2 ч.	"	"	5,30	19,1
4	1 ч.	4 атм.	151°	5,43	37,4
5	1 ч.	6 атм.	164°	5,78	63,1

Увеличение содержания «сырого» жира в продуктах, подвергавшихся термической обработке в большей степени, объясняется более полным экстрагированием вследствие увеличения проницаемости тканей.

Нарастание кислотного числа жира указывает, на гидролиз жира, находящийся в прямой зависимости от продолжительности нагревания и давления пара.

Таблица 7

Изменения содержания воднорастворимых веществ и развариваемость (овсяные крупы)

№№ п. п.	Условия нагревания			Воднорастворим. вещества (в % % на сух. в-во)	Развариваемость
	Давление	Температура	Продолжительность		
1	К о н т р о л ь			5,7	52 мин.
2	2 атм.	132°	30 м.	6,8	34 "
3	2 "	"	1 ч.	11,3	24 "
4	2 "	"	1 ч. 30 м.	13,9	22 "
5	2 "	"	2 ч.	16,7	18 "
6	4 "	151°	15 м.	10,2	24 "
7	4 "	"	30 м.	11,7	23 "
8	4 "	"	1 ч.	17,9	18 "
9	6 "	164°	15 м.	14,6	22 "
10	6 "	"	30 м.	21,0	19 "
11	6 "	"	1 ч.	30,1	12 "

Термическая обработка в зависимости от степени нагревания приводит продукт в полную или почти полную готовность. Таким образом в несколько раз сокращается время и труд на приготовление пищи из таких продуктов.

В табл. 7 сведены данные, характеризующие зависимость времени, необходимого для варки (развариваемости), от степени термической обработки. Здесь же представлены данные по изменению содержания воднорастворимых веществ.

Воднорастворимые вещества в крупе, подвергнутой термической обработке, являются важнейшим показателем, поскольку они представляют суммарное количество переходящих в растворимое состояние белков и декстринов. По их содержанию (разному по различным видам крупы) можно судить об эффективности термической обработки.

Эти, как и некоторые другие данные позволяют сделать следующий вывод: термическая обработка в автоклаве приводит продукт в полную готовность при нагревании приблизительно в течение 15 мин. при 6 атм., 20 мин. — при 4 атм. и 1 час при 2 атм.

Набухаемость круп зависит от степени термической обработки, которую в свою очередь можно характеризовать содержанием воднорастворимых веществ. При меньшей степени термической обработки в автоклаве набухаемость продуктов выше чем не подвергавшихся нагреванию. В продуктах с высоким содержанием воднорастворимых веществ набухаемость уменьшается.

Интересное явление отмечено в опытах с гречневой крупой (ядрицей) при сочетании обработки нагреванием в сушильном шкафу с последующим автоклавированием\*).

При непродолжительной обработке обоими способами наблюдалось резкое (до 35 %) повышение набухаемости.

### ВЫВОДЫ

1. Действие тепла вызывает в веществах зерна разнообразные и глубокие превращения. Наиболее существенными из них являются:

а) изменения белков, характеризующиеся переходом в нерастворимое состояние на первой стадии (денатурация) и переходом в растворимое состояние при более длительном нагревании в автоклаве;

б) декстринизация крахмала, гидролиз жира;

в) изменения в тканях зерна, связанных с разрыхлением их и повышением проницаемости.

Благодаря этим изменениям в веществах и тканях, продукты из зерна становятся готовыми к употреблению.

2. На характер и степень этих превращений влияют температура, наличие воды и продолжительность. При этом:

а) с повышением температуры процессы усиливаются. Однако образование ухудшающих цвет и вкус побочных продуктов, усили-

вающееся при температуре в 140—150°, ограничивает применение высоких температур;

б) вода является важнейшим фактором, влияющим на направление процесса. Во влажных продуктах происходит переход в растворимое состояние денатурированных нагреванием белков. В сухом продукте этот процесс не наблюдается;

в) степень изменений, при равных условиях, находится в прямой зависимости от продолжительности нагревания;

г) на степень превращений не имеет влияния состояние (обрушенное или необрушенное), в котором зерно подвергается нагреванию.

4. Лучшими способами термической обработки являются способы, сочетающие действие тепла и влаги.

5. При термической обработке в автоклаве полная готовность достигается нагреванием в течение приблизительно от 15 м. при 6 атм. до 1 ч. при 2 атм. При этом крупы из зерна различных культур в разной степени поддаются действию тепла. Режимы их обработки должны быть специализированы.

6. Термическая обработка является важнейшим способом повышения пищевых качеств крупы.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Осборн, Т. Б. Растительные белки, 147, 1938.
2. Berliner E. u. Rüter R, Zeitsch. f. d. ges. Mühl. 5, № 12, 208, 1923.
3. Herd G. Cereal Chemistry, 8, 1, 1931.
4. Озолин Н. И. Труды Одесского Института Технологии Зерна и Муки, 3, 1931.
5. Кретович В. Л., Рязанцева Е., Дан, 3, 409, 1935.
6. Гинзбург М. Е. Крупажное производство, 1941.
7. Спиридонов Д. И. Пищевые концентраты, 28, 1942.
8. Кестнер и Книппинг. Питание человека (пер. с нем.) 83, 1928.
9. Гетчинсон Р. Пища и питание.
10. Паули В. и Валько Э. Коллоидная химия белковых веществ, 283, 1936.
11. Шорыгин П. П. Химия углеводов. 198, 1938.

\* Опыты проводились студ. Торжинской Л. Р.

Профессор Д. И. РАБИНОВИЧ,  
канд. техн. наук С. А. ГИНЗБУРГ,  
ассистент Л. И. Лурий

## РЕЦИРКУЛЯЦИЯ ГАЗОВ В КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

Максимальное сокращение расхода топлива в котельных установках представляет собой задачу большого народно-хозяйственного значения, если учесть удельную значимость котельных установок в теплоэнергетическом хозяйстве СССР. Особенно велики потери от недостаточно экономичного сжигания топлива в промышленных котельных малой и средней мощности, подавляющее большинство которых (свыше  $\frac{2}{3}$ ) оборудовано ручными топками и к.п.д. которых, составляя в среднем 60—65%, во многих случаях не превышает 50—60%. Значительные потери, в частности, имеют место в промышленных котельных, работающих на низкоценных местных топливах и не оборудованных воздухоподогревателями и экономайзерами.

Во время Отечественной войны вопросы экономии топлива в промышленности приобрели особую актуальность. В 1942—1944 гг. кафедра энергетики Одесского института инженеров мукомольной промышленности и элеваторного хозяйства им. И. В. Сталина, по заданию СНК УзССР, в порядке помощи промышленности, провела работу по обследованию теплового хозяйства завода в г. Ташкенте. В результате этого обследования были установлены причины имевшегося на заводе значительного превышения нормативных удельных расходов топлива по отдельным цехам, и указаны конкретные мероприятия по их устранению. Особенно значительным оказался перерасход топлива в котельной завода, работавшей при к. п. д. 60—64% (табл. 1).

Таблица 1

Нормативный удельный расход условного топлива на единицу годовой продукции в тоннах	Фактические удельные расходы условного топлива на единицу продукции в тоннах			
	I квартал 1943 г.	II квартал 1943 г.	Июль 1943 г.	Август 1943 г.
0,130	0,142	0,147	0,150	0,153

Причинами, обуславливающими перерасход топлива, оказались выявленные в результате испытаний (см. далее):

1) неудовлетворительное качество работы топочных устройств, использующих в основном средне-азиатские бурые угли — сулюктинские, шурабские (и лишь иногда кокянгакские каменные угли и коксовую мелочь), эффективное использование которых при холодном дутье затруднено ( $q_3 + q_4 = 16 \div 20\%$ ).

2) повышенные потери тепла с уходящими газами ( $T_{yx} = 380 \div 320^\circ \text{C}$ ;  $q_2 = 16\%$ ), вследствие отсутствия утилизационных поверхностей за котлами в виде воздухоподогревателей или экономайзеров. Учитывая практическую необходимость осуществления мероприятия, повышающего к.п.д. котельной установки наиболее простыми средствами и в кратчайшие сроки, авторы настоящей статьи предложили применить в котельной завода систему возврата части дымовых газов путем их смешения с холодным воздухом, подаваемым в топку. Это мероприятие должно было использовать часть тепла уходящих газов, улучшить процесс горения в топке и благоприятным образом отразиться на качестве работы всего котлоагрегата. Указанное мероприятие было осуществлено на одном из котлов котельной завода. Ниже приводятся сведения о котельной завода и подробно рассматриваются некоторые вопросы применения рециркуляции газов и метод его осуществления в конкретных условиях.

### 1. Котельная завода

Котельная завода производит пар для технологических и бытовых целей. В котельной установлены три котла: два четырехбабанных котла системы Шухова № 1 и № 2, поверхностью нагрева 250 м<sup>2</sup> каждый, производительностью 5—6 т/ч, и котел системы Шухов-Берлина А-7, паропроизводительностью 7,4 т/час.

В зимнее время, обычно, работают три котла; летом, осенью и весной — один. Котлы установлены без водяных экономайзеров и воздушных подогревателей.

Котлы работают на углях Шурабского, Сулюктинского и Кок-Янгакского месторождений. Иногда топливом для котлов служит коксовая мелочь, которая является отходом производства. Топливо подается железнодорожным составом на топливный склад, расположенный непосредственно у котельной, и оттуда вагонетками в котельную. Подача топлива в котлы производится вручную. Топки к котлам облегченного типа с горизонтальной плиточной решеткой без опрокидывающихся колосников, с тремя топочными дверцами.

Удаление шлака из топки производится вручную. В зависимости от качества угля, шуровку производят каждые 30—40 минут. При работе на коксовой мелочи шуровку производят каждые 20 минут. Удаление шлака из котельной производят вагонетками.

Воздух подается под решетку во все котлы вентиляторами низкого давления типа «Сирроко», расположенными за котлами.

В котел № 1 системы Шухова воздух подается вентилятором № 6½ с приводом от электромотора при помощи ременной передачи. Мощность мотора 4,5 квт.,  $n = 950$  об/мин.

Котел № 2 системы Шухова. Вентилятор низкого давления № 6½. Электромотор:  $N = 8,2$  квт.  $n = 1445$  об/мин.

Котел № 3 системы Шухова-Берлина. Вентилятор низкого давления № 6½. Электромотор:  $N = 7$  квт.  $n = 960$  об/мин.

Вентиляторы к котлам Шухова находятся на дымососной площадке и могут засасывать воздух либо снаружи, либо из котельной (в зимние месяцы). Вентилятор к котлу Шухов-Берлина находится на полу котельной и засасывает воздух из котельной.

Тяга в котлах искусственная, осуществляется дымососами, установленными по одному на каждый котел. В котельной имеются две железные дымовые трубы: одна для обоих котлов Шухова, другая для котла Шухов-Берлина. Предусмотрена возможность работы котлов с естественной тягой при выключенных дымососах при помощи обводного бора. Дымососы расположены за котлами на втором этаже. Дымососы типа «Сирроко» среднего давления № 8 к котлам Шухова и № 8 к котлу Шухов-Берлина.

Для питания котлов используется смесь из 60% конденсата и 40% добавки. Добавочная вода подвергается очистке пермутитовым способом. Насосная станция состоит из 3 насосов, из которых работает обычно один.

## 2. Рециркуляция газов

Рециркуляция части уходящих газов в топку паровых котлов имеет довольно большое распространение в промышленных печах и чрезвычайно ограниченное применение в котельных установках. Гумц указывает на то, что обратный подвод части дымовых газов в топку котлов неоднократно применялся фирмой Юнгстрем в Стокгольме и в Флиссингене на работающих установках (1). В СССР вопросами использования отработавших газов для нагрева воздуха смешением занимались Ленинградская и Московская конторы «Оргэнерго» (2,3) и Ивановский Энергетический институт (8).

При рециркуляции части дымовых газов и подаче их вместе с дутьевым воздухом в топку могут быть достигнуты:

1) нагрев воздуха за счет тепла примешиваемых газов; в установках, не имеющих воздухоподогревателей, этот фактор является особенно значимым, так как, по существу, является единственным способом нагрева воздуха с целью улучшения процесса горения в топках, применяющих бурые влажные угли, особенно в зимние месяцы;

2) улучшение топочного процесса, связанное с более благоприятным распределением кислорода воздуха в топочной среде и уменьшением избытка воздуха при активизации горения;

3) уменьшение потери от химической неполноты горения вследствие более эффективного процесса сгорания летучих;

4) уменьшение потерь от механического недожога (в шлаке, провале и уносе) топлива, вследствие более равномерного распределения дутья по всей поверхности решетки. По данным Преториуса (4), уменьшение  $q_4$  может достигать при рециркуляции 50%;

5) регулирование температуры топки.

На процесс в топке воздействует комплекс явлений, связанных с влиянием рециркуляции на температуру топки: с одной стороны должно иметь место снижение теоретической температуры горения, вследствие повышения количества пропускаемых газов через топку за счет балласта, ибо

$$T''_{\text{теор}} = \frac{Q_p^n + J_m}{(G_b + G_R) C_p} < T'_{\text{теор}} = \frac{Q_p^n}{G_b \cdot C_p}.$$

Здесь:  $T'_{\text{теор}}$  — теоретическая температура горения без подогрева воздуха и без рециркуляции °С;

$T''_{\text{теор}}$  — теоретическая температура горения при подаче в топку смеси воздуха с балластными газами °С;

$Q_p^n$  — теплотворная способность топлива  $\frac{\text{ккал}}{\text{кг}}$ ;

$J_m$  — теплосодержание газовой смеси, вводимой в топку ккал/кг;

$G_b$  — количество продуктов горения кг/кг;

$G_R$  — количество отбираемых из котла газов кг/кг;

$C_p$  — теплоемкость смеси ккал/кг °С.

При практически осуществимых величинах отбора газов теплоемкость смеси  $J_m$  растет медленнее, чем  $G_R$ ; в результате  $T''_{\text{теор}}$  при рециркуляции уменьшается сравнительно с  $T'_{\text{теор}}$ . На рис. 1 приведена зависимость температуры топки от количества газов, забираемых из котла в процентах к количеству подаваемого в топку воздуха при различных местах отбора (различных температурах рециркулируемого газа).

Вместе с тем нельзя согласиться с мнением Преториуса (4) об уменьшении теоретической температуры горения за счет эндотермических реакций  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  газовой смеси в присутствии раскаленного углерода, в результате которых якобы может иметь место добавочное снижение теоретической температуры в топке на 10—12% от величины, учитывающей лишь процесс рециркуляции.

При правильно организованном топочном процессе получающиеся продукты разложения  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  должны вступить в экзотермические реакции в топочном объеме; т. е. повышенные количества  $\text{CO}$  и  $\text{H}_2$ , получающиеся в результате эндотермических реакций в слое, сгорая в топочном объеме, перемещают выделение определенного количества тепла из слоя, работающего в тяжелых тепловых условиях, в объем топочной камеры. Наряду с этим,

уменьшение избытка воздуха, обычно связанное с процессом рециркуляции, также повышает температуру горения.

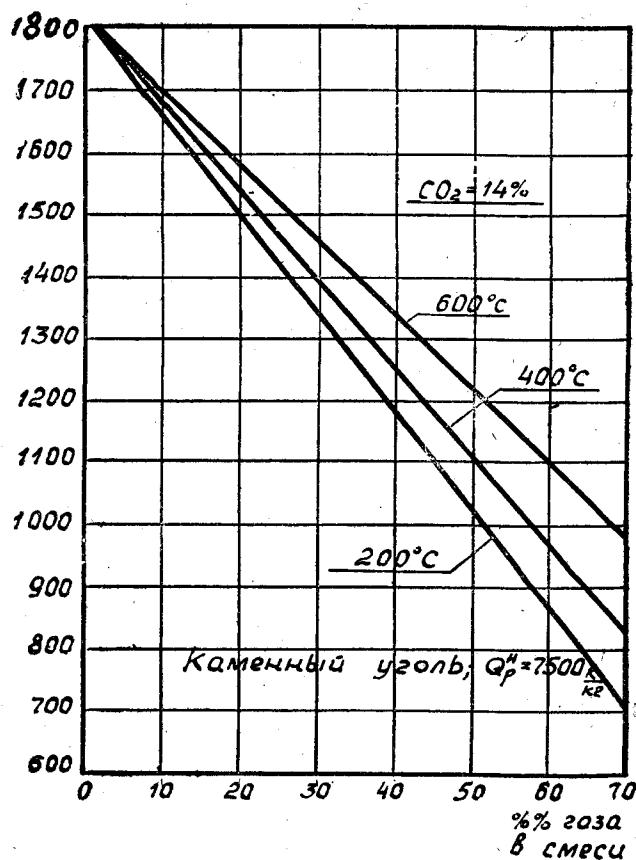


Рис. 1. Зависимость температуры топки от величины отбора (от количества дымовых газов в смеси) и от температуры рециркулируемых газов (от места отбора).

Преобладание определенных из указанных факторов и результирующий эффект их влияния на топочный процесс при наличии рециркуляции газов зависят от температуры смеси, процента отбора, места отбора газов, состава продуктов горения и конструкции топки. Во всяком случае, регулируя состав и количество газовой смеси, подаваемой в топку, можно воздействовать на температуру в топке опытным путем, выбирая режим рециркуляции в зависимости от качества топлива и нагрузки котла;

6) возрастание коэффициента теплоотдачи от газов к поверхности нагрева (при одновременном увеличении сопротивления движению по газозадушному тракту), вследствие увеличения объема га-

зов при рециркуляции, соответственно средней результирующей температуре газов в топке;

7) улучшение условий работы слоя и колосниковой решетки, вследствие весьма тесной связи между рециркуляцией и температурным режимом слоя. Наличие эндотермических реакций распада  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  газозадушной смеси при ее прохождении через слой топлива приводит к снижению температуры в слое и, следовательно, уменьшает опасность шлакования решетки и ее перегрева. Повидимому, температура плавления золы при наличии рециркуляции не остается постоянной, так как состав газовой среды, непосредственно соприкасающейся со слоем топлива, влияет на температуру плавления золы. Однако, установление этой зависимости при многообразии состава минеральных примесей в топливе и газозадушной смеси в различных пропорциях смешения газа с воздухом, не может считаться разрешенным и является задачей экспериментирования. По данным проф. Г. Ф. Кнорре (5), применение рециркуляции оказывает притормаживающее действие на раннее шлакообразование; проф. С. Я. Корницкий (7) и П. С. Кибрик (6) указывают, что в окислительной атмосфере ( $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ ) содержащейся в золе железа, в соединении с кремнекислотой, образует высокоплавкое соединение с температурой плавления  $\sim 1550^\circ\text{C}$ . В полувосстановительной атмосфере ( $\text{CO}_2 + \text{CO}$ ) температура плавления золы оказывается более низкой.

По данным проф. М. В. Масленникова (8), проводившего опыты по рециркуляции газов в антрацитовой топке парового котла Бабкок-Вилькокс, частичный ввод газов в топку позволил снизить температуру колосников вдвое и уменьшить шлакование слоя, что подтвердилось уменьшением сопротивления слоя на 25—30%. Шлак при этом получался пористый, число чисток топок сокращено было при этом вдвое. На значение рециркуляции газов в современных котельных установках, как фактора, способствующего уменьшению температуры слоя, указывается в последних работах немецких авторов (9, 10).

К. Гейнрих (9) приводит схему рециркуляции дымовых газов, забираемых за котлом современного котлоагрегата высокого давления с камерным сжиганием пылевидного топлива и последующей их подачей в камеру непосредственно перед перегревателем, в целях снижения температуры газов, в основном, для борьбы со шлакованием труб перегревателя и отчасти для достижения более устойчивого режима температур перегретого пара при переменных нагрузках.

В результате указанных факторов, являющихся следствием частичного подвода дымовых газов в смеси с дутьевым воздухом в топку, применение рециркуляции позволяет:

1) Улучшить условия работы топки, особенно при сжигании влажных и многозольных углей; упростить условия работы и обслуживания топки; сократить расходы на ремонт топки;

2) Повысить экономичность работы всей котельной установки. По данным Преториуса, экономия топлива при пользовании рецир-

куляцией составляет 15—17%. Однако подобную экономию мы считаем несколько преувеличенной. Сведения об абсолютной экономии топлива, получающейся при рециркуляции, должны быть получены на основе длительных экспериментов в эксплуатационных условиях, проведение которых является актуальной задачей. По некоторым иным данным (3, 8) применение рециркуляции с отбором 30—35% газов повышает к.п.д. котла на 4—6%;

3) Работа котлов с применением рециркуляции имеет в некоторых случаях преимущества перед работой котла с подогревом воздуха в воздухоподогревателе при равных температурах подогрева воздуха и смеси, уменьшая шлакование топки. В антрацитовых топках, при наличии рециркуляции, повидимому, можно будет не предусматривать парового дутья и не применять подпаривания слоя во время чисток, применяя одновременно незначительный подогрев воздуха за счет смешения с газами.

Наряду с этим, в связи с применением рециркуляции газов в котельной установке, могут возникнуть некоторые трудности, связанные:

1) С применением интенсивности горения, вследствие забалластирования воздуха рециркулируемыми газами. Для того чтобы эти факторы не уменьшили эффективности данного мероприятия, необходимо процессом наладки установить нужный процент отбора и выбрать оптимальный режим. Так как возврат отработанных газов вызывает повышение температуры смеси, проходящей через вентилятор, то количество отбираемого газа может быть лимитировано, в случае реконструкции котельной установки, отсутствием водяного охлаждения подшипников вентилятора и производительностью вентилятора и дымососа;

2) С выбором точки отбора газов, который можно производить за котлом и из топки или дымоходов. Отбор газов из топки котла имеет то преимущество, что, вследствие высокой температуры газов, количество отбираемых газов может быть значительно меньше, чем при отборе из-за котла. При этом получается та же конечная температура смеси, но меньшая концентрация  $\text{CO}_2$  в газах.

Недостатком отбора газов из топки является уменьшение количества газов, которые могут быть использованы непосредственно для генерации пара, в то время как при отборе газов за котлом используется для подогрева воздуха тепло отработанных газов, прошедших полностью весь газовый тракт котла.

### 3. Осуществление рециркуляции

До производства реконструкции, вначале лишь одного из котлов, нужно было провести испытания котельной установки с выявлением основных параметров работы установки (температуры, состава уходящих газов, расхода воды и топлива), необходимых для проектирования. Для переоборудования был выбран работавший с полной нагрузкой котлоагрегат—котел Шухова № 2.

Расположение дымососной площадки котла № 2 показано на

рис. 2. Общий вид установки для рециркуляции газов приведен на рис. 3.

Дымосос 2 приводится во вращение от мотора 3 при помощи ременной передачи. Дымосос засасывает газы из боров и выбрасывает их в трубу. Соединение выхлопного патрубка дымососа с дымовой трубой 7 происходит над зданием котельной галлерей и не показано на схеме.

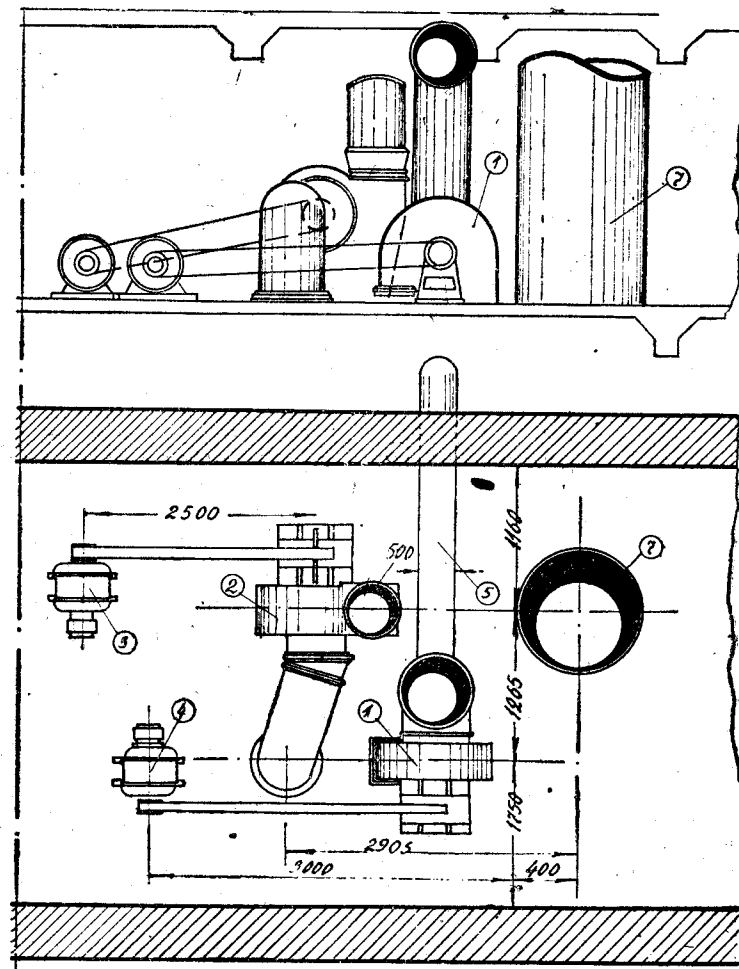


Рис. 2. Установка дымососа и вентилятора котла № 2. 1—Вентилятор; 2—дымосос; 3—мотор дымососа; 4—мотор вентилятора; 5—всасывающий патрубок к вентилятору для забора наружного воздуха; 6—всасывающий патрубок вентилятора для забора воздуха из котельной; 7—дымовая труба

Дымосос можно выключить при помощи заслонки, расположенной на всасывающей линии. В этом случае газы попадают из

Борова непосредственно в трубу, и котел работает при естественной тяге. Параллельно с дымососом расположен вентилятор 1, который также приводится во вращение от мотора 4 при помощи ременной передачи. Вентилятор может засасывать воздух снаружи по трубе 5 или из помещения котельной по трубе 6. Переключение можно производить при помощи заслонки, находящейся в трубе, которая забирает воздух из котельной. Вентилятор подает воздух под решетку котла по железному воздухопроводу, переходящему в кирпичный ниже пола котельной.

Реконструкция может быть проведена по двум вариантам: по первому варианту газы отбираются из нагнетательного патрубка дымососа; по второму варианту отбор газа производится из всасывающего трубопровода к дымососу.

По первому варианту реконструкция заключается в следующем: патрубок, соединяющийся с всасывающим отверстием вентилятора и дающий возможность засасывать воздух из котельной и снаружи, должен быть заменен тройником, один конец которого соединен с вентилятором, другой — с нагнетательным патрубком дымососа, третий будет затянут сеткой и даст возможность засасывать воздух из котельной. На трубопроводе, соединяющем дымосос с вентилятором, должна находиться заслонка для регулирования количества отбора.

Реконструкция по второму варианту заключается в том, что вилка на всасывающей линии вентилятора заменяется тройником, один конец которого должен быть затянут мелкой сеткой и будет служить для засасывания воздуха, другой конец соединен с трубой диаметром 320 мм, идущей к всасывающей линии дымососа. Для уменьшения теплотерь трубопровод для отбора газов и нагнетательный трубопровод от вентилятора должны быть изолированы. Отбор газов производится в том месте, где дымоход переходит из кирпичного в железный. В этой трубе для забора газов устанавливается заслонка (рис. 3).

Сравнивая целесообразность применения указанных вариантов, следует отметить, что в пользу первого говорят следующие обстоятельства:

1) Простое конструктивное осуществление соединения дымососа. Соединение нагнетательной стороны дымососа со всасывающим патрубком вентилятора создает однозначно направленный поток от дымососа к вентилятору и тем самым облегчает наладку и регулировку рециркуляции.

2) Упрощаются строительные работы, ибо отпадает необходимость пробивки бетонной площадки дымососного помещения для прокладки трубопровода по второму варианту.

3) Изменение режима работы дымососной установки, вследствие увеличения сопротивления газового тракта, при первом варианте весьма незначительно влияет на работу дутьевой системы, ибо не требует столь частой регулировки сопротивления воздушной стороны вентилятора при работе на рециркуляцию; при этом устраняется перерасход энергии и без того нагруженным вентилятором.

Отрицательным моментом в использовании первого варианта является снижение температуры дымовых газов на нагнетательной стороне дымососа на 60—70° против температуры газов во всасывающем трубопроводе дымососа, вследствие чего температура смеси при рециркуляции при прочих равных условиях должна по первому варианту быть ниже. Однако, как показали специально поставленные опыты, имеющий место перепад температуры на участке между всасывающим патрубком дымососа и нагнетательным осуществляется в основном за счет потери тепла в сети, между тем как в самом дымососе перепад температуры составляет всего лишь 12°С. Указанное обстоятельство позволяет считать, что при надлежаще выполненной изоляции нагнетательного и всасывающего патрубков дымососа возможно избежать указанного снижения температур.

В соответствии с изложенным, представилось целесообразным избрать первый вариант компоновки рециркуляционной сети.

В процессе строительства рециркуляционной установки выявилась возможность использования специального вентилятора для отбора газов как из газоходов, так и за котлом, что и было принято для осуществления на котле.

Следует отметить, что подобная компоновка является наиболее рациональной, ибо позволяет в зависимости от условий работы котла менять не только количество отбираемых газов, но и регулировать качество отбора. При этом, однако, необходима установка дополнительного вентилятора.

#### 4. Расчет рециркуляции газов

Расчету рециркуляционного устройства предшествовали испытания котельной установки по основным показателям работы, на базе которых был произведен расчет котельной установки при нормальных условиях работы и соответствующие расчеты по рециркуляции. В табл. 2 приведены основные данные испытаний и тепловых расчетов котла Шухова № 2.

Рециркуляция рассчитана для трех вариантов отбора газов за котлом — 20%, 30%, 40% от общего количества дымовых газов. Весовые количества при этом составляют:

при отборе 20%	— 2680 кг/час.,
„ „ 30%	— 4020 кг/час.,
„ „ 40%	— 5360 кг/час.

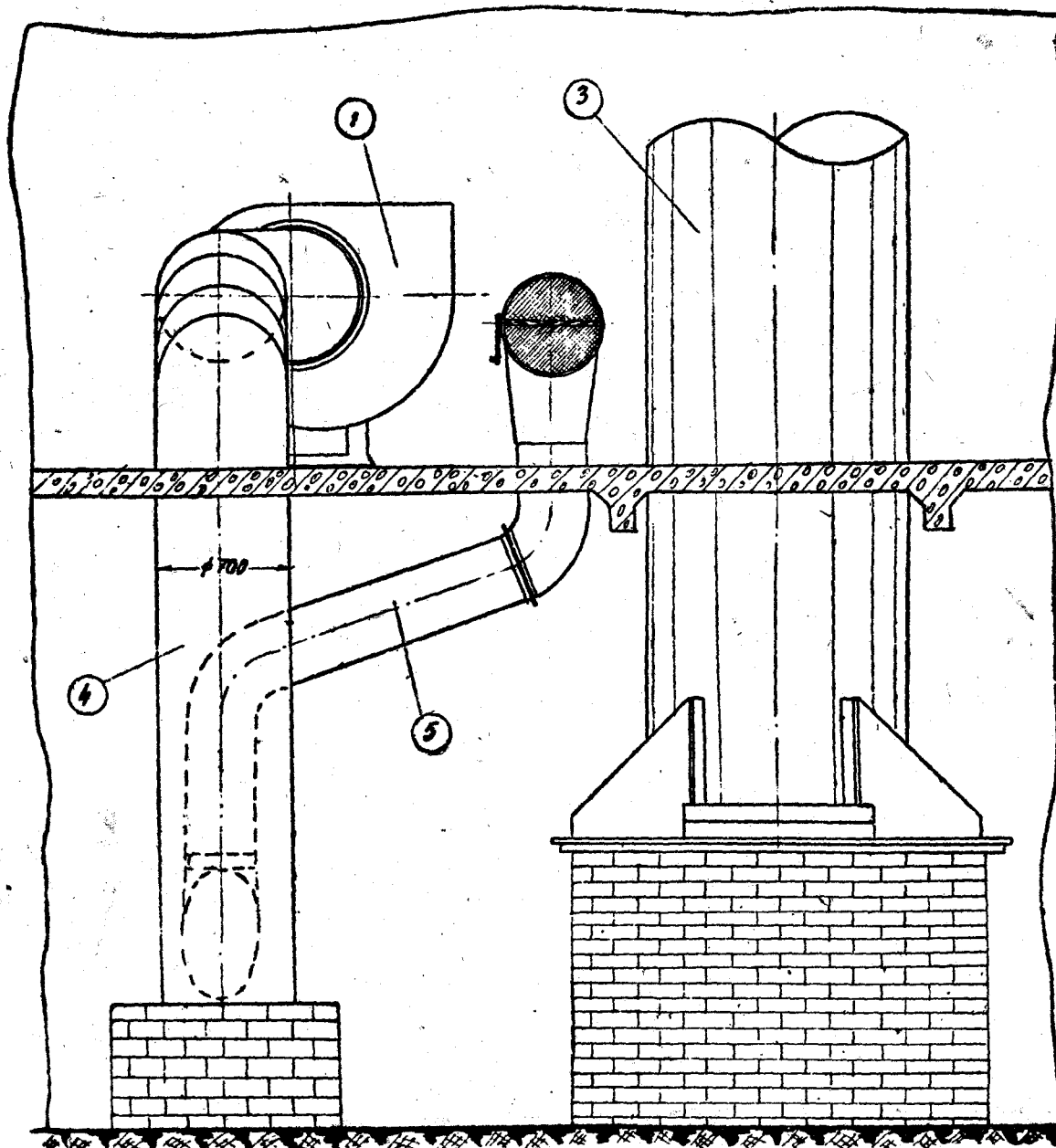
Удельный расход газов при этом:

$$\text{при отборе } 20\% \quad g_{уд} = \frac{2680}{12200} = 0,22 \text{ кг/кг.}$$

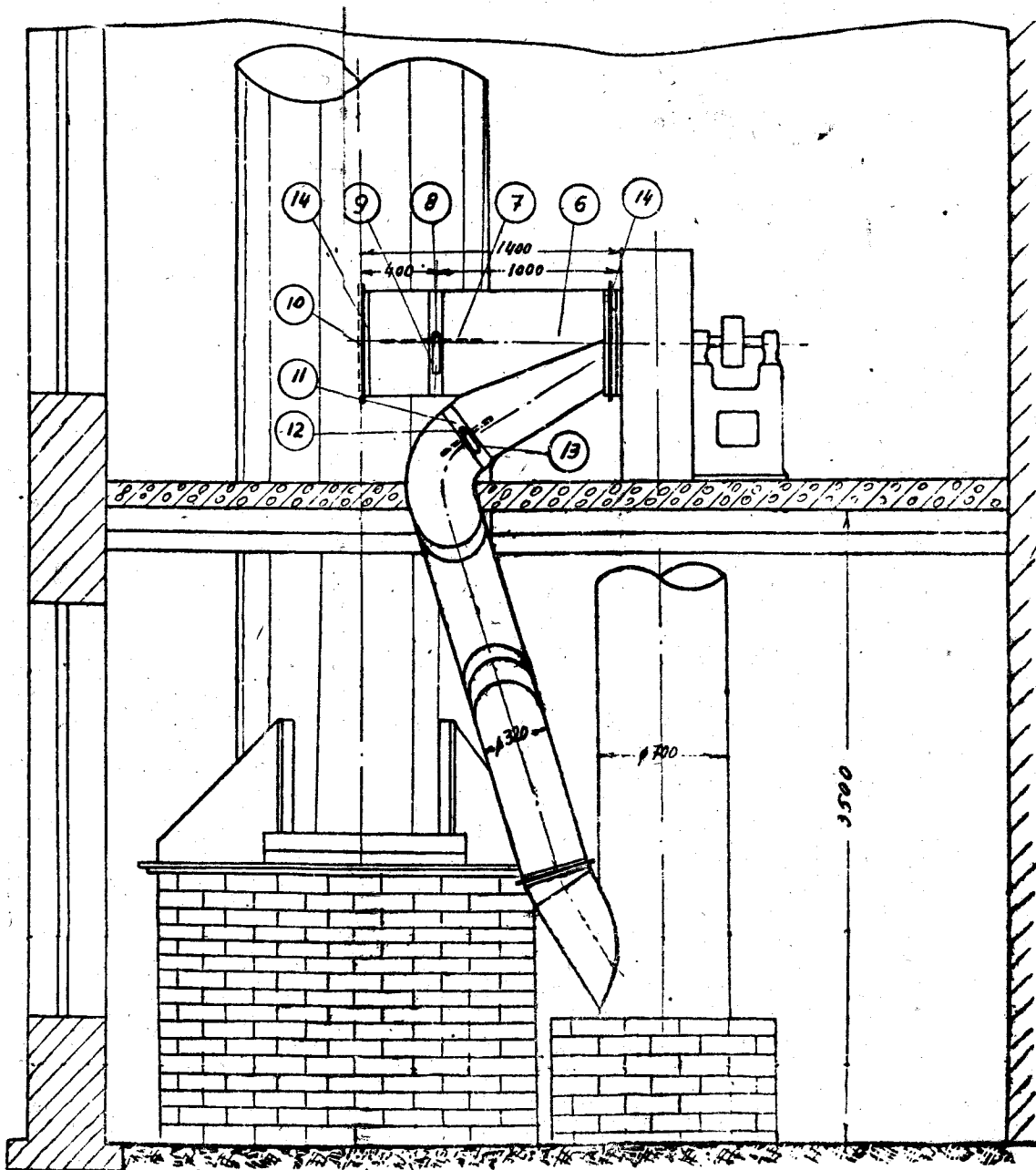
$$\text{„ „ } 30\% \quad g_{уд} = \frac{4020}{12200} = 0,33 \text{ кг/кг.}$$

$$\text{„ „ } 40\% \quad g_{уд} = \frac{5360}{12200} = 0,44 \text{ кг/кг.}$$

Рисунки no 1234.



Разрез по А В



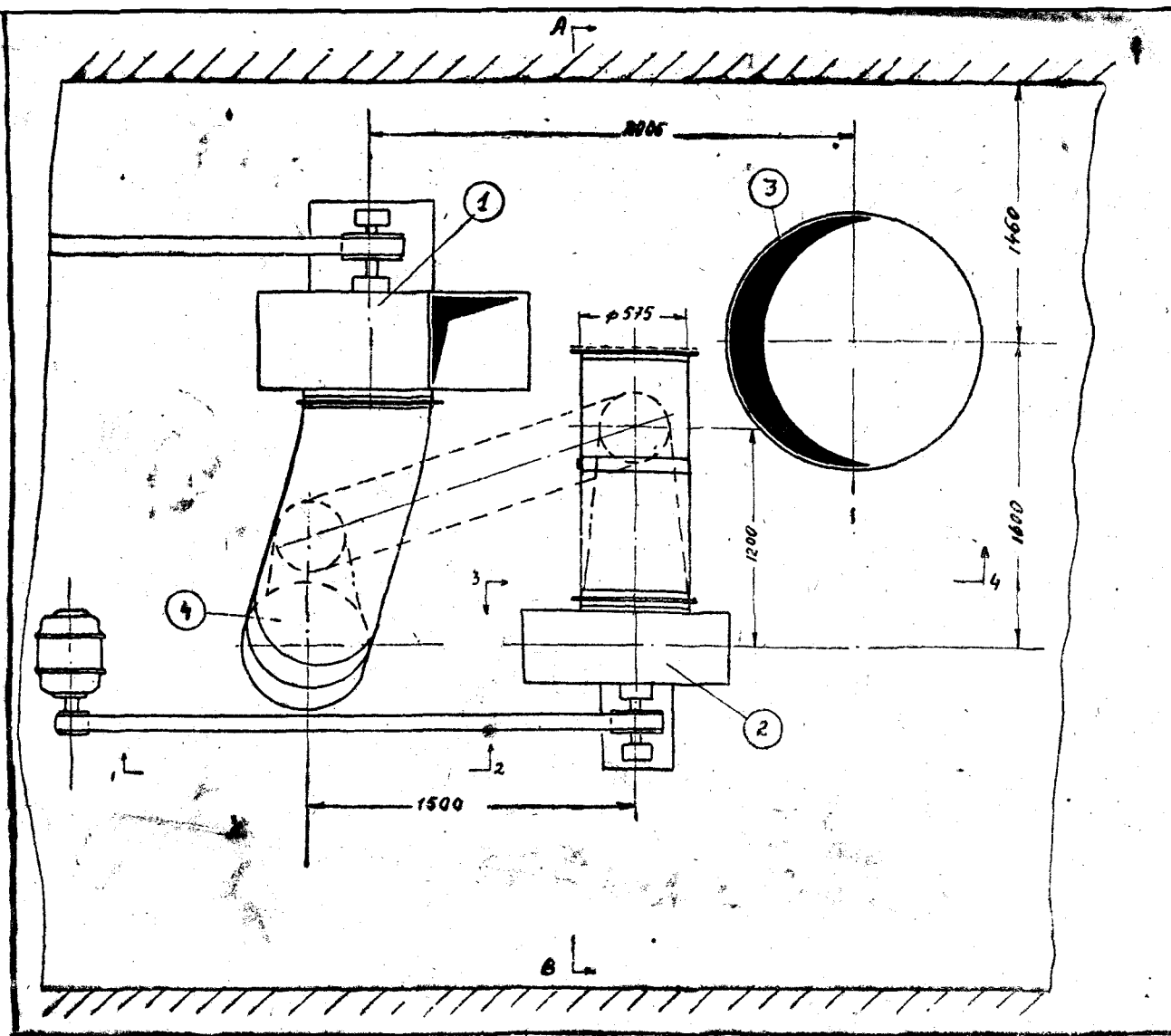


Рис. 3. Общий вид устройства для рециркуляции газов: 1—дымосос; 2—вентилятор; 7—дроссельная заслонка; 8—хомуток; 9—ручка; 10—с

Примечание

1) Воздуховоды №5 теплоизолировать

2) На чертеже не указан воздуховод,  
соединяющий вытяжные возду-  
ховоды 2х котлов

15	Фланец $\phi 320$	4	—	—
14	Фланец $\phi 515$	3	Л 35х35х4	—
13	Ручка	1	Лоп. ж-30 25х4	—
12	Ось дросселя	1	Кр. ж-30 13х4	—
11	Хомут $\phi 325$	1	Лоп. ж-30	—
10	Сетка 10х10	1	Железная	—
9	Ручка	1	Лоп. ж-30 25х4	—
8	Хомут $\phi 580$	1	Лоп. ж-30	—
7	Подотто дросселя $\phi 570$	1	Лист. ж-30 7х5	—
6	Тройник $\phi 320 \times 5 \times 5$	1	—	—
5	Воздуховод	1	Лист. ж-30 45х11	изготовл. в котле
4	Вытяж. воздуховод	1	—	существ.
3	Жел. ым. труба $\phi 1310$	1	—	—
2	Вентиль, Сирак №6	1	—	—
1	Зымос, Сирак №8	1	—	существ.
И	Наименование	кол.	матер.	Прим.

Спецификация

Одесский Институт Инженеров Мухомольной Промы

Проект рециркуляции газов в паровом котле  
Шухови №2 в котельной зиду, а

II вариант

Проектир.		14/	
Начертан		14/	
Принят		1942 г.	

эр; 3—дымовая труба; 4—всасывающая труба; 5—воздуховод; 6—тройник;  
тка; 11—хомут; 12—ось дросселя; 13—ручка; 14—фланцы.

Основные показатели работы парового котла

№ п/п	Наименование	Обозначения	Размерность	Величина	Примечание
1	Тип котла . . . . .	—	—	Системы Шухова класс К—4/8	
2	Поверхность нагрева . . . . .	$H_K$	$m^2$	250	
3	Производительность . . . . .	$D$	тонн/час	6,0	
4	Давление пара (избыточное) . . . . .	$p$	кг/см <sup>2</sup>	6,0	
5	Температура перегретого пара . . . . .	$t_{пе}$	°С	нет	
6	Т-ра пит. воды . . . . .	$t_{п.в.}$	°С	50	
7	Топливо . . . . .	—	—	Сулюктинск. уголь (средне-азиатский)	
8	Теплотв. способн. топлива низшая . . . . .	$Q_p^H$	кал/кг	4680	По данным 54 замеров
9	Расход топлива . . . . .	$B$	кг/час	1200	
10	Площадь колосн. решетки . . . . .	$R$	$m^2$	7,90	
11	Объем топки . . . . .	$V_m$	$m^3$	20,60	
12	Напряжение топочного объема	$\frac{B \cdot Q_p^H}{V_T}$	кал/м <sup>3</sup> час	233.000	
13	Тепловое напряжение решетки	$\frac{B \cdot Q_p^H}{R}$	кал/м <sup>2</sup> час	704.000	
14	Содержание CO <sub>2</sub> +SO <sub>2</sub> уходящих газов . . . . .	RO <sub>2</sub>	% по объему	12	По данным 12 анализов
15	Содержание O <sub>2</sub> . . . . .	O <sub>2</sub>	"	8	"
16	Содержание CO . . . . .	CO	"	1,16	По расчету
17	Козфиц. избытка возд. в топке	$\alpha_m$	—	1,5	
18	Козфиц. избытка возд. за котлом	$\alpha_k$	—	1,6	
19	Объем продуктов сгорания . . . . .	$V_{газ}$	нм <sup>3</sup> /кг	8,25	
20	Теорет. расход воздуха . . . . .	$L_0$	нм <sup>3</sup> /кг	7,9	
21	Количество воздуха, подаваемого в топку . . . . .	$G_B$	кг/час	12200	
22	Количество газов, получающихся за котлом . . . . .	$G_T$	кг/час	13400	По данным 12 замеров
23	Температура уходящих газов	$t_{ух}$	°С	300	
24	Потеря с уходящими газами . . . . .	$q_2$	% %	16	
25	Потеря от хим. неполн. горения	$q_3$	% %	6,0	
26	Потеря от механич. неполноты горения . . . . .	$q_4$	% %	10,0	
27	Потеря в окружающую среду	$q_5$	% %	4,0	
28	КПД котельн. устан. brutto . . . . .	$\eta_{ку}$	% %	64,0	

Таблица 2

Соответственные температуры смеси при этом будут: при отборе газов в количестве 20 %

$$t_{см} = \frac{300 \cdot 0,22 + 1 \cdot 25}{1,22} = 75^\circ \text{C},$$

при отборе газов в количестве 30 %:

$$t_{см} = \frac{300 \cdot 0,33 + 1 \cdot 25}{1,33} = 93^\circ \text{C},$$

при отборе газов в количестве 40 %:

$$t_{см} = \frac{300 \cdot 0,44 + 1 \cdot 25}{1,44} = 109^\circ \text{C}.$$

Наиболее целесообразным является отбор 40 % газов по следующим причинам:

1) Из соображений содержания балласта в рециркуляционной газовой смеси, количество CO<sub>2</sub> в газовой смеси не должно превышать 4—6 %. При содержании CO<sub>2</sub> в дымовых газах за котлом — 12 %, максимальное количество примешиваемых к воз-

духу газов должно составлять  $\frac{5}{12} \cdot 100 \cong 40\%$ . (Преториус счи-

тает, что практически осуществимым является примешивание 60 % газов).

2) Температура газовой смеси при этом составляет 109°С, т. е. находится на уровне достаточно удовлетворительном для активизации и повышения экономичности работы слоевых топков, сжигающих угли средне-азиатских месторождений.

Предполагаемый эффект намеченного мероприятия не подлежит точному предварительному расчету, ибо представляет результат воздействия таких факторов на топочный процесс, которые сами по себе с количественной стороны не могут быть предопределены.

Существующие практические указания о результатах применения рециркуляции (2, 3) при условиях близких к нашим, позволяют считать, что суммарный эффект рециркуляции газов дает повышение к.п.д. работы котельной установки не менее, чем на 4 %.

При установленном ранее  $\eta_{ку} = 0,64$  и среднем часовом расходе топлива  $B = 1200$  кг/час повышение к.п.д. до 68 % должно привести к экономии топлива в количестве 70 кг/час, 1680 кг/сутки или 50 тонн в месяц — на 1 котел Шухова, а при работе двух котлов — до 100 тонн в месяц. Повышение расхода энергии, вызванное рециркуляцией газов, равняется 4,6 квт. час.

Расход эквивалентного количества топлива при среднем к.п.д. брутто тепловой электростанции — 0,20

$$\frac{4,6 \cdot 860}{4680 \cdot 0,20} = 4,2 \text{ кг.}$$

Уменьшение экономии топлива при этом (применительно к котлу системы Шухова № 2) составляет:

$$\frac{4,2}{70} \cdot 100 = 6,0 \%$$

Отнеся указанный расход электроэнергии к обоим котлам, найдем чистую экономию топлива при работе двух котлов системы Шухова:

$$100 - 100 \cdot 0,06 = 94 \text{ тонны в месяц.}$$

### ВЫВОДЫ

1. Необходимость повышения коэффициента полезного действия котельной установки в минимальный срок средствами, исключаящими сложную техническую реконструкцию, как, например, установка водяных экономайзеров или воздушных подогревателей, заставляет изыскивать простейшие средства повышения к.п.д.

2. Мероприятием, удовлетворяющим изложенным выше требованиям (простота и быстрота осуществления, малая стоимость и т. д.), является предлагаемый способ возврата части дымовых газов вместе с дутьевым воздухом в топку котла.

3. По имеющимся литературным и практическим данным, такое простейшее мероприятие увеличивает к.п.д. установки на 4—6% (хотя существуют указания об экономии значительно большей), что является весьма значительной величиной. При расчете на топливо рециркуляция газов должна сэкономить заводу, при работе двух котлов, около 90 тонн угля в месяц. Наряду с этим рециркуляция газов улучшает условия работы слоя и эксплуатации топок.

4. Проведенный в настоящей работе анализ показывает, что это мероприятие, ввиду его простоты и эффективности, следует широко внедрять в промышленность и на транспорте (судовые котельные установки), где установка подогревателей воздуха зачастую отсутствует, а необходимость активизации горения и улучшения работы слоя весьма актуальна.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гумц „Подогрев воздуха в котельных установках“. 1928 г. Макиз.
2. Карлсон. „Пути повышения производительности промышленных котельных“, 1939 г.
3. „Основные мероприятия по борьбе с потерями в области топливоиспользования“ ОРГЭНЕРГО, 1931 г.
4. Praetorius. Die Rauchgasrückführung dem Lutz Verfahren und ihr Einfluss auf dem Kessel und Feuerungsbetrieb „Die Wärme“ № 19, 1935.
5. Проф. Г. Ф. Кнорре. „Курс топочных процессов“, ч. II, 1937 г.
6. П. С. Кибрик. „Шлакование топок и борьба с ними“. Сборник Главэнерго, 1938 г.
7. С. Я. Корницкий. „Аварии паровых котлов“. Сборник ВТИ „Методы повышения производительности и надежности теплосилового оборудования“, 1941 г.
8. М. Е. Масленников. „Возврат части дымовых газов при сжигании шлакующих топлив“. Теплосиловое хозяйство, № 4, 1941 г.
9. К. Гейнрих. Пар высокого давления, 1946 г.
10. Шликке. „Горячий воздух или дымовые газы“. Archiv für Wärmewirtschaft, 1944, № 7.

Кандидат технических наук,  
доцент А. Д. КОРОБ

## РАСЧЕТ ОБОДА И СПИЦ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

### § 1. Основные положения

В излагаемом методе расчета зубчатое колесо со спицами рассматривается как жесткая рамная конструкция с криволинейными ригелями.

Расчет ведется для колеса, нагруженного окружным усилием. В общем решении данной задачи учитываются, как радиальные, так и тангенциальные перемещения узлов.

В основу вывода расчетных уравнений кладутся следующие допущения:

1. Узлы сопряжения обода и спиц рассматриваем как жесткие.
2. Сечение обода считаем постоянным по длине.
3. Заделку спиц в ступицу считаем абсолютно жесткой (деформацией ступицы пренебрегаем).
4. Влиянием касательных напряжений при изгибе обода и спиц считаем возможным пренебрегать.
5. Напряжения материала колеса и перемещения его точек считаем параллельными одной плоскости, содержащей оси обода и спиц.

### § 2. Определение перемещений и углов поворота узлов жесткого колеса

При рассмотрении участка обода (рис. 1), соединенного с одной спицей, полагаем, что сечения проведены непосредственно справа от каждой из смежных спиц. При  $n$  спицах зубчатого колеса вырезанный серповидный элемент является сектором с центральным углом  $\frac{2\pi}{n}$ .

Допустим, что к рассматриваемому элементу приложены следующие реактивные обобщенные силы: радиальные  $R_a$  и  $R_b$ , тангенциальные  $T_a$  и  $T_b$ , моменты  $M_a$  и  $M_b$ , а также внешняя сила  $P$ , приложенная к сечению, наклоненному под углом  $\alpha$  к направлению оси спицы, принятой за начальную.

Приняв все эти обобщенные силы за внешние, определяем составляющие перемещения и углы поворота концов рассматри-

ваемого участка обода колеса при помощи начала наименьшей работы.

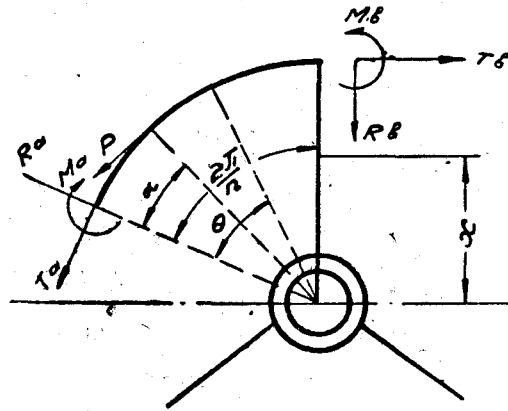


Рис. 1.

Подставляя значения частных производных, в результате интегрирования и соответствующих преобразований, приводим значения радиальных перемещений концов обода  $u_a$ ,  $u_b$ , тангенциальных перемещений тех же концов  $v_a$ ,  $v_b$ , а также их углов поворота  $\varphi_a$ ,  $\varphi_b$  к такому виду:

$$u_a = \frac{r^3}{EI} \left( a_{11} R_a + a_{12} R_b + a_{13} T_a + a_{14} T_b + a_{15} \frac{M_a}{r} + a_{16} \frac{M_b}{r} + a_{17} P \right) \quad (1)$$

$$u_b = \frac{r^3}{EI} \left( a_{21} R_a + a_{22} R_b + a_{23} T_a + a_{24} T_b + a_{25} \frac{M_a}{r} + a_{26} \frac{M_b}{r} + a_{27} P \right) \quad (2)$$

$$v_a = \frac{r^3}{EI} \left( a_{31} R_a + a_{32} R_b + a_{33} T_a + a_{34} T_b + a_{35} \frac{M_a}{r} + a_{36} \frac{M_b}{r} + a_{37} P \right) \quad (3)$$

$$v_b = \frac{r^3}{EI} \left( a_{41} R_a + a_{42} R_b + a_{43} T_a + a_{44} T_b + a_{45} \frac{M_a}{r} + a_{46} \frac{M_b}{r} + a_{47} P \right) \quad (4)$$

$$\varphi_a = \frac{r^2}{EI} \left( a_{51} R_a + a_{52} R_b + a_{53} T_a + a_{54} T_b + a_{55} \frac{M_a}{r} + a_{56} \frac{M_b}{r} + a_{57} P \right) \quad (5)$$

$$\varphi_b = \frac{r^2}{EI} \left( a_{61} R_a + a_{62} R_b + a_{63} T_a + a_{64} T_b + a_{65} \frac{M_a}{r} + a_{66} \frac{M_b}{r} + a_{67} P \right) \quad (6)$$

где коэффициенты  $a_{ii}$  имеют следующие значения:

$$a_{11} = \left( \frac{\pi}{n} - 0,25 \sin \frac{4\pi}{n} \right) \left( 2 + \frac{i^2}{r^2} \right) + 0,333 k \sin^2 \frac{2\pi}{n} (1 - c^3) + k \frac{i_1^2}{r^2} \cos \frac{2\pi}{n} (1 - c),$$

$$a_{12} = -a_{21} = k \frac{i_1^2}{r^2} \cos \frac{2\pi}{n} (c - 1),$$

$$a_{13} = a_{31} = \cos \frac{2\pi}{n} - 1 - k \sin \frac{2\pi}{n} \left[ 0,5 (1 - c)^2 - 0,333 \cos \frac{2\pi}{n} (1 - c^3) \right] + 0,25 \left( 1 - \cos \frac{4\pi}{n} \right) \left( 1 + \frac{i^2}{r^2} \right) + 0,5 k \frac{i_1^2}{r^2} \sin \frac{4\pi}{n} (1 - c),$$

$$a_{14} = -a_{41} = k \sin \frac{2\pi}{n} [0,5 (1 - c^2) - 0,333 (1 - c^3)],$$

$$a_{15} = -a_{51} = 1 - \cos \frac{2\pi}{n} + 0,5 \sin \frac{2\pi}{n} k (1 - c^2),$$

$$a_{16} = -a_{61} = 0,5 k \sin \frac{2\pi}{n} (c^2 - 1),$$

$$a_{17} = \cos \frac{2\pi}{n} - \cos \alpha + \left[ 0,25 \cos \alpha - 0,25 \cos \left( \frac{4\pi}{n} - \alpha \right) + \left( \frac{\pi}{n} - 0,5 \alpha \right) \sin \alpha \right] \left( 1 + \frac{i^2}{r^2} \right) - k \sin \frac{2\pi}{n} \left[ 0,5 (1 - c^2) - 0,333 (1 - c^3) \cos \left( \frac{2\pi}{n} - \alpha \right) \right] - k \frac{i_1^2}{r^2} \sin \left( \frac{2\pi}{n} - \alpha \right) \sin \frac{2\pi}{n} (1 - c),$$

$$a_{22} = k \frac{i_1^2}{r^2} (c - 1),$$

$$a_{23} = -a_{32} = k \frac{i_1^2}{r^2} (c - 1) \sin \frac{2\pi}{n},$$

$$a_{24} = a_{42} = a_{25} = a_{52} = a_{26} = a_{62} = 0$$

$$a_{27} = k \frac{i_1^2}{r^2} (c - 1) \sin \left( \frac{2\pi}{n} - \alpha \right),$$

$$a_{33} = \frac{\pi}{n} \left( 3 + \frac{i^2}{r^2} \right) - 2 \sin \frac{2\pi}{n} + 0,25 \sin \frac{4\pi}{n} \left( 1 + \frac{i^2}{r^2} \right) + k \left[ 1 - c - \cos \frac{2\pi}{n} (1 - c^2) + 0,333 \cos^2 \frac{2\pi}{n} (1 - c^3) \right] - k \frac{i_1^2}{r^2} (1 - c) \sin \frac{2\pi}{n},$$

$$a_{34} = -a_{43} = k \left[ c - 1 + 0,5(1 - c^2) \left( 1 + \cos \frac{2\pi}{n} \right) - 0,333 \cos \frac{2\pi}{n} (1 - c^3) \right],$$

$$a_{35} = a_{53} = \sin \frac{2\pi}{n} - \frac{2\pi}{n} - k \left[ 1 - c - 0,5 \cos \frac{2\pi}{n} (1 - c^2) \right],$$

$$a_{36} = -a_{63} = k \left[ 1 - c - 0,5 \cos \frac{2\pi}{n} (1 - c^2) \right],$$

$$a_{37} = \frac{2\pi}{n} - \alpha - \sin \frac{2\pi}{n} + \sin \alpha - \sin \left( \frac{2\pi}{n} - \alpha \right) + \left[ \left( \frac{\pi}{n} - 0,5\alpha \right) \cos \alpha + 0,25 \sin \left( \frac{4\pi}{n} - \alpha \right) - 0,25 \sin \alpha \right] \left( 1 + \frac{i^2}{r^2} \right) - k \cos \frac{2\pi}{n} \left[ 0,5(1 - c^2) - 0,333(1 - c^3) \left( \cos \frac{2\pi}{n} - \alpha \right) \right] + k \left[ (1 - c) - 0,5(1 - c^2) \cos \left( \frac{2\pi}{n} - \alpha \right) + k \frac{i_1^2}{r^2} \sin \frac{2\pi}{n} \sin \left( \frac{2\pi}{n} - \alpha \right) (1 - c) \right],$$

$$a_{44} = k [c - c^2 - 0,333(1 - c^3)],$$

$$a_{45} = -a_{54} = -a_{46} = -a_{64} = k [c - 0,5(1 + c^2)]$$

$$a_{47} = k \left[ 0,5(1 + c^2) - c - \cos \left( \frac{2\pi}{n} - \alpha \right) (0,167 - 0,5c^2 + 0,333c^3) \right]$$

$$a_{55} = \frac{2\pi}{n} + k(1 - c),$$

$$a_{56} = -a_{65} = a_{66} = k(c - 1),$$

$$a_{57} = \sin \left( \frac{2\pi}{n} - \alpha \right) - \left( \frac{2\pi}{n} - \alpha \right) + k \left[ 0,5(1 - c^2) \cos \left( \frac{2\pi}{n} - \alpha \right) - 1 + c \right],$$

$$a_{67} = k \left[ c - 1 + 0,5(1 - c^2) \cos \left( \frac{2\pi}{n} - \alpha \right) \right].$$

Здесь приняты обозначения:

$E$  и  $E_1$  — модули нормальной упругости материалов обода и спиц;

$F$  и  $F_1$  — площади сечений обода и спиц;

$I$  и  $I_1$  — моменты инерции сечений обода и спиц;

$c = \frac{r_1}{r}$  — отношение радиуса ступицы к радиусу колеса;

$k = \frac{EI}{E_1 I_1}$  — отношение жесткостей обода и спицы;

$i$  и  $i_1$  — радиусы инерции сечений обода и спицы.

### § 3. Составление расчетных уравнений и их решение

Из условий равенства одноименных обобщенных сил, действующих по обе стороны сечения, проведенного справа от  $m$ -ого узла (рис. 2), находим:

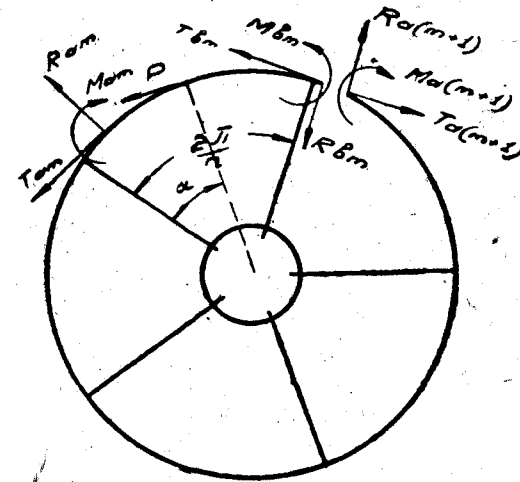


Рис. 2

$$a_{21} R_{m-1} + (a_{22} - a_{11}) R_m - a_{12} R_{m+1} + a_{23} T_{m-1} + (a_{24} - a_{13}) T_m - a_{14} T_{m+1} + a_{25} \frac{M_{m-1}}{r} + (a_{26} - a_{15}) \frac{M_m}{r} - a_{16} \frac{M_{m+1}}{r} + a_{27} P_{m-1} - a_{17} P_m = 0 \quad (7)$$

$$a_{41} R_{m-1} + (a_{42} - a_{31}) R_m - a_{32} R_{m+1} + a_{43} T_{m-1} + (a_{44} - a_{33}) T_m - a_{34} T_{m+1} + a_{45} \frac{M_{m-1}}{r} + (a_{46} - a_{35}) \frac{M_m}{r} - a_{36} \frac{M_{m+1}}{r} + a_{47} P_{m-1} - a_{37} P_m = 0 \quad (8)$$

$$a_{61} R_{m-1} + (a_{62} - a_{51}) R_m - a_{52} R_{m+1} + a_{63} T_{m-1} + (a_{64} - a_{53}) T_m - a_{54} T_{m+1} + a_{65} \frac{M_{m-1}}{r} + (a_{66} - a_{55}) \frac{M_m}{r} - a_{56} \frac{M_{m+1}}{r} + a_{67} P_{m-1} - a_{57} P_m = 0. \quad (9)$$

Индексу  $m$  придаем все значения натурального ряда чисел от 1 до  $n$  и получаем систему  $3n$  уравнений, содержащих  $3n$  неизвестных реактивных обобщенных сил.

Решение упомянутой системы 3  $n$  уравнений позволяет определить искомые реактивные силы и моменты  $R_a, R_b, T_a, T_b, M_a$  и  $M_b$  для каждого сектора колеса. По известным же реакциям можно вычислить искомые изгибающие моменты и нормальные составляющие сил в любых сечениях обода и спиц.

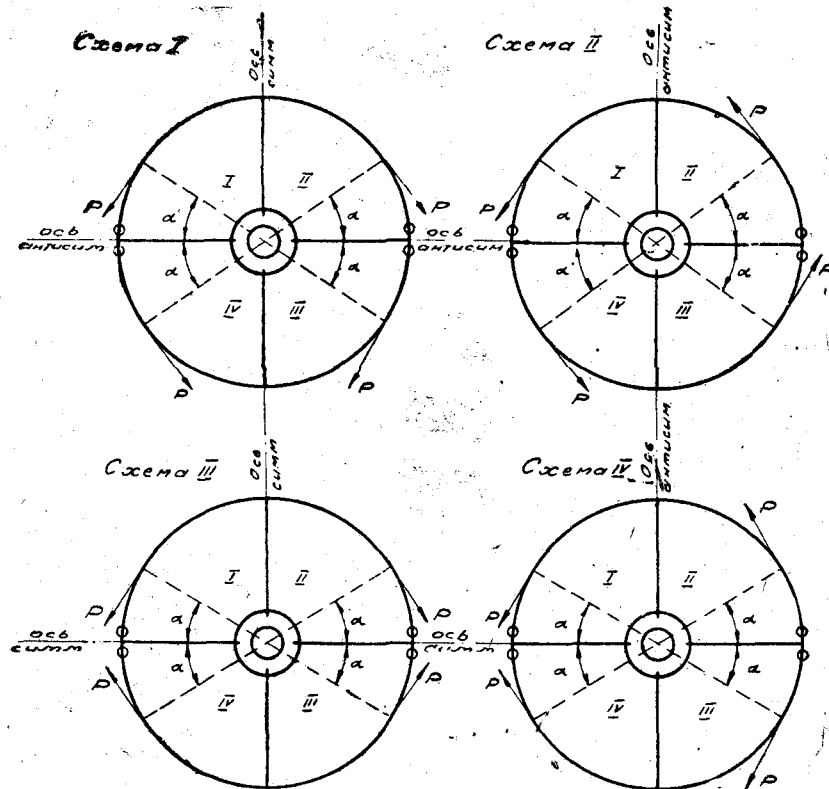


Рис. 3.

В целях упрощения решения полученной системы 3  $n$  уравнений с 3  $n$  неизвестными рассмотрим схемы нагрузок, приведенные для колеса с 4 спицами на рис. 3 и с 6 спицами на рис. 4.

Разумеется, что при наложении нагрузок мы получим случай, при котором колесо нагружено одной силой, равной  $4P$ . Поэтому реактивные силы ( $R, T, M$ ) для каждого сектора могут быть определены, как  $1/4$  часть суммы соответствующих реакций, определенных для каждой из 4 схем нагрузок.

И далее, используя условия симметричности и антисимметричности нагрузок, можно свести расчет колеса с 4 спицами

к 4-кратному решению систем уравнений с 3 неизвестными, а для колеса с 6 спицами к такому же решению систем уравнений с 6 неизвестными.

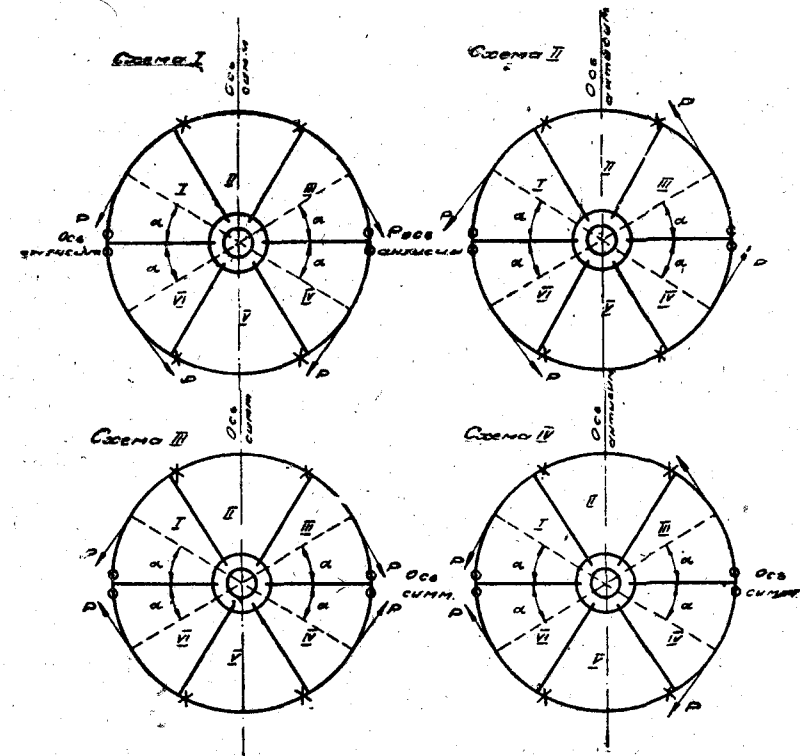


Рис. 4.

Для ясности на схемах (рис. 3 и 4) сечения с симметричными и антисимметричными реактивными обобщенными силами отмечены условными знаками ( $x, o$ ).

Ниже показаны результаты некоторых расчетов, произведенных автором.

Так, на рис. 5—8 приведены эпюры изгибающих моментов обода и спиц колеса с 4 спицами при отношении жесткости спицы к жесткости обода  $\frac{1}{k} = \frac{I_1}{I} = 10$  для разных углов  $\alpha$ .

То же для колеса с 6 спицами при  $\alpha = 0$  показано на рис. 9.

На рис. 10—13 изображены примеры построения линий влияния.

Таблица 1

$\theta \backslash \alpha$	0°	15°	30°	45°	
0°	0,066	-0,042	-0,0032	0,027	90°
15°	-0,016	-0,026	-0,031	-0,017	75°
30°	0,010	0,0032	-0,012	-0,027	60°
45°	0,024	0,023	0,019	0	45°
60°	0,018	0,010	0,024	0,027	30°
75°	-0,0049	-0,0029	0,0043	0,017	15°
90°	-0,44	-0,043	-0,039	-0,027	0°
	90°	75°	60°	45°	$\theta \backslash \alpha$

Примечание. Для углов  $\alpha$ , показанных в нижней строке, значения по табл. 1 следует принимать с обратным знаком.

Для наиболее нагруженного сектора колеса с 4 спицами в табл. 1 даны значения изгибающих моментов для сечений обода, наклоненных под углом  $\theta$  к спице № 1 при крутящем моменте  $M_{кр} = 1$  и при различных положениях окружной силы.

Для того же колеса в табл. 2 приведены значения части крутящего момента, воспринимаемой каждой спицей.

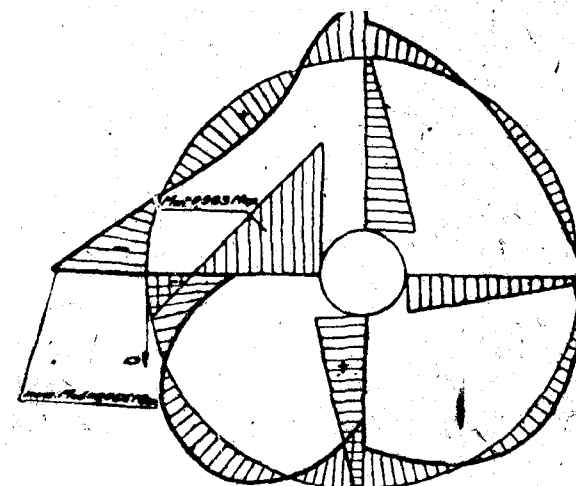
Таблица 2

$\alpha \backslash$ № спицы	0°	15°	30°	45°	
1	0,512	0,497	0,440	0,333	2
2	0,179	0,193	0,239	0,333	1
3	0,130	0,134	0,149	0,167	4
4	0,179	0,176	0,172	0,167	3
	90°	75°	60°	45°	$\alpha \backslash$ № спицы

#### § 4. Частные случаи и возможные упрощения

Изложенный метод позволяет точно рассчитывать напряжения и перемещения точек обода и спиц зубчатых колес при условии учета нормальных сил в их сечениях. Однако конкретные расчеты, исполненные автором, убеждают в том, что влияние удлинений обода и спиц, а следовательно, и радиальных перемещений узлов на напряжения в материале конструкций колеса практически незначительно.

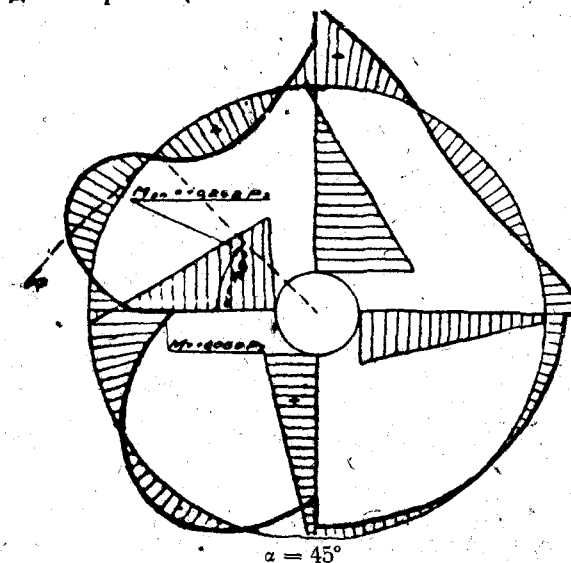
Это обстоятельство подтверждается также тем, что в существующих конструкциях колес значения  $\frac{i^2}{r^2}$  и  $\frac{i_1^2}{r^2}$  весьма малы и



$\alpha = 0^\circ$

Рис. 5.

ими можно пренебречь при вычислении коэффициентов  $a_k$  в выражениях для перемещений.



$\alpha = 45^\circ$

Рис. 6.

Такое упрощение дает возможность при расчете колеса ограничиться только параметрами  $n, k, c$ .

Остановимся теперь на возможных дальнейших упрощениях при определении значений максимальных изгибающих моментов обода и спиц, практически необходимых для подбора прочных размеров таковых.

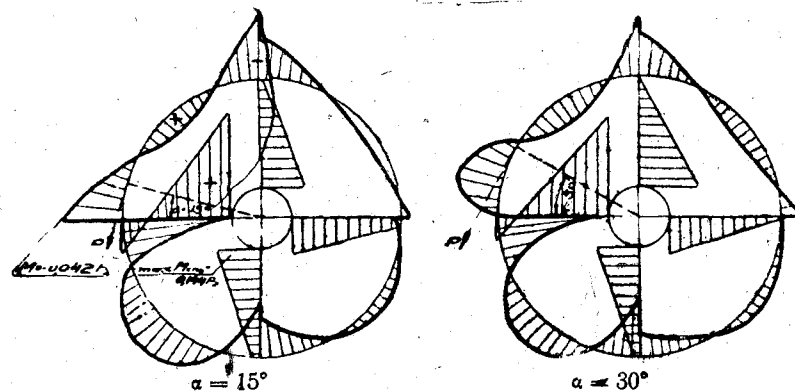


Рис. 7

Аналогично рамным конструкциям с жесткими узлами, изгибающие моменты в ободу колеса приобретают максимальные значения в сечениях, расположенных непосредственно у нагруженной спицы, в случаях приложения тангенциальной силы у спицы.

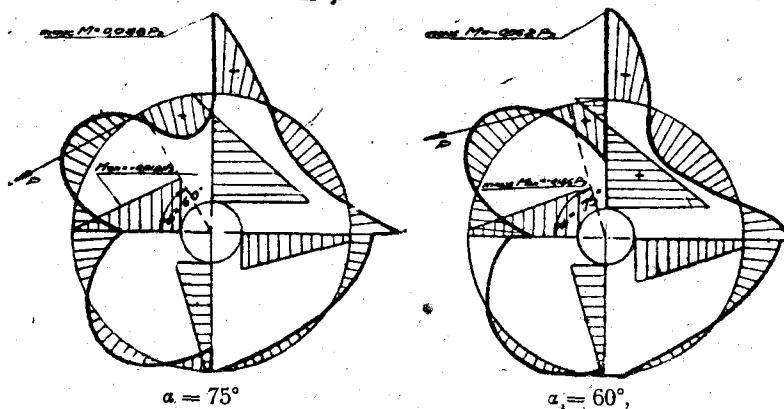
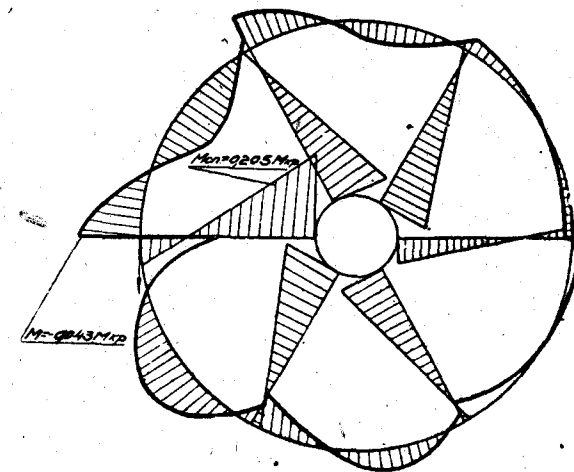


Рис. 8

В этом случае нагрузка на спицу будет также максимальной. Изложенные соображения, помимо того, подтверждаются рядом численных расчетов, произведенных автором.

Нетрудно убедиться в том, что для определения максимальных значений изгибающих моментов при использовании метода суперпозиции достаточно рассматривать только случаи нагрузок

по схемам I и II (рис. 3 и 4), так как в этих случаях ( $\alpha = 0$ ) нагрузки по схемам III и IV обращаются в нуль.



$n = 6, \alpha = 0$

Рис. 9.

Следует отметить, что расчет упрощается еще тем, что максимальный изгибающий момент определяется непосредственным

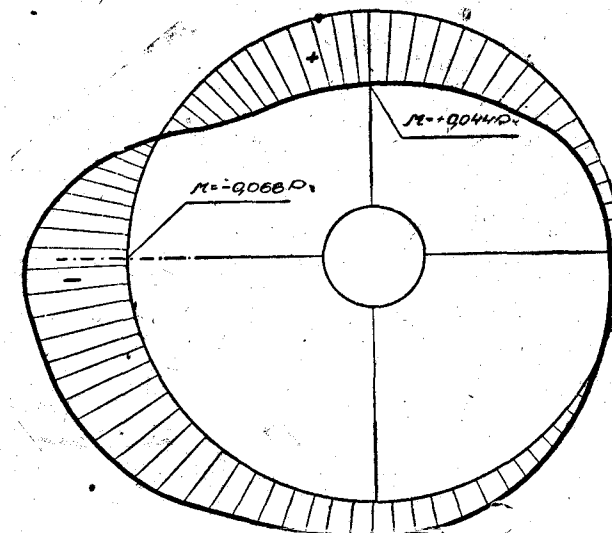


Рис. 10. Линия влияния изгибающих моментов для сечения обода ступицы ( $\theta = 0$ )

решением уравнений, так как таковой равен реактивному моменту левого конца дуги нагруженного сектора.

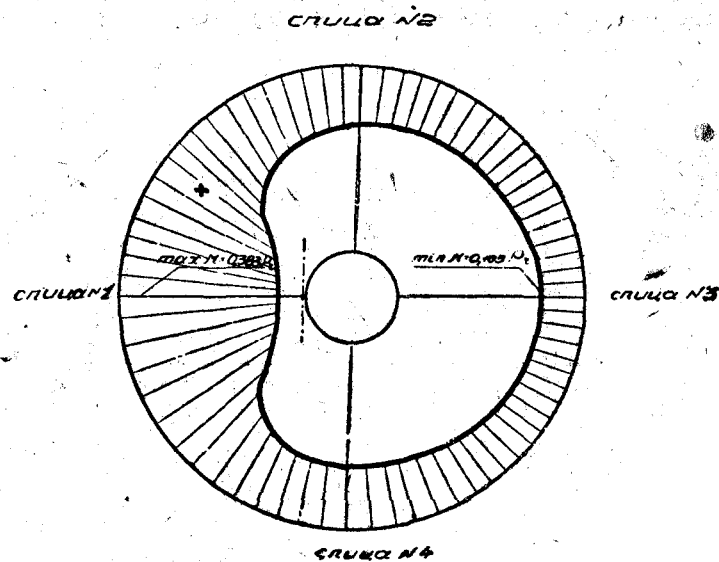


Рис. 11. Линия влияния изгибающих моментов для сечения спицы 7 ступицы

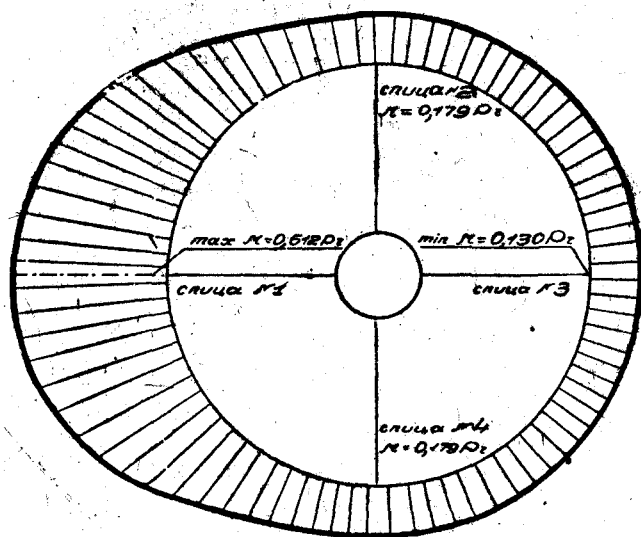


Рис. 12. Линия влияния части крутящего момента, воспринимаемой спицей № 1

Что же касается максимальной нагрузки спицы, то она может быть определена из рассмотрения узла сопряжения обода и

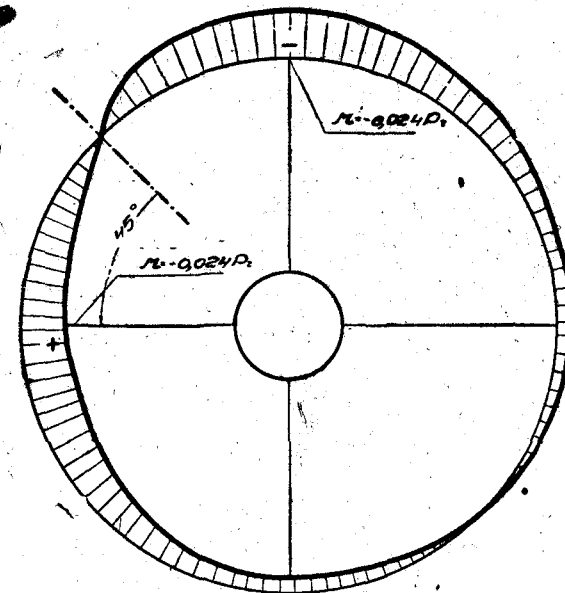


Рис. 13. Линия влияния изгибающих моментов для сечения обода посредине между спицами ( $\theta = 45^\circ$ )

спицы (рис. 14), у которой приложена сила  $P$ . Так как ось, проходящая через нагруженную спицу, является осью антисиммет-

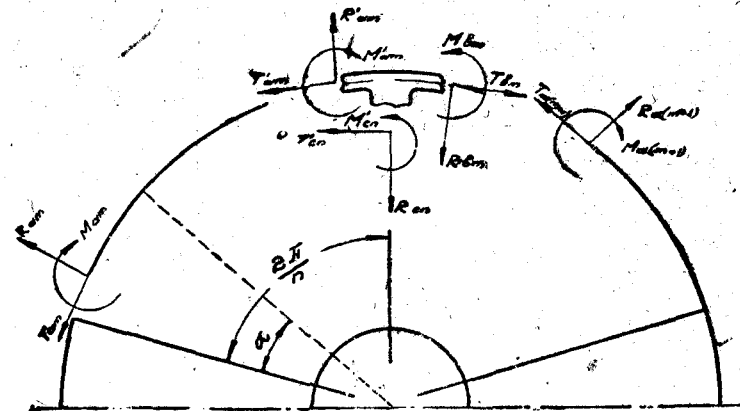


Рис. 14.

рии нагрузок колеса, то для сечений обода, расположенных непосредственно слева и справа от спицы, можно написать:

$$M'_{am} = -M_{bm} = -M_{a(m+1)} \quad (10)$$

$$T'_{am} = -T_{bm} = -T_{a(m+1)} \quad (11)$$

После подстановки указанных равенств в уравнения равновесия вырезанного узла получаем:

$$M'_{cp} = -2M_{a(m+1)} \quad (12)$$

$$T'_{cp} = -2T_{a(m+1)} - P. \quad (13)$$

И, наконец, можно получить часть крутящего момента, воспринимаемую наиболее нагруженной спицей в таком виде:

$$M_{cp} = 2[T_{a(m+1)}r - M_{a(m+1)}] + P_r. \quad (14)$$

Таким образом, максимальные изгибающий момент обода и нагрузку спицы  $M_{об}$ ,  $M_{cp}$  можно выразить через крутящие моменты:

$$\begin{aligned} M_{об} &= \alpha M_{кр} \\ M_{cp} &= \beta M_{кр}. \end{aligned} \quad (15)$$

Аналогично можно выразить через  $M_{об}$  часть крутящего момента, воспринимаемую наиболее нагруженной спицей

$$M_{cp} = \delta M_{об}.$$

Таблица 3

	$n = 4$		$n = 6$	
	$\frac{1}{k} = 10$	$\frac{1}{k} = 30$	$\frac{1}{k} = 10$	$\frac{1}{k} = 30$
$\alpha = \frac{M_{об}}{M_{кр}}$	0,066	0,041	0,043	0,037
$\beta = \frac{M_{cp}}{M_{кр}}$	0,512	0,658	0,274	0,336
$\delta = \frac{M_{cp}}{M_{об}}$	7,7	16,0	6,4	9,1

Таблица 4

$\frac{B}{h}$	6	8	10	12
$\varphi = \frac{I}{h^4}$	1,44	1,64	1,83	2,01
$\psi = \frac{W}{h^3}$	1,06	1,18	1,3	1,41

Значения  $\alpha$  и  $\beta$  для колеса при  $n=4$  и  $n=6$  для наиболее применимых значений  $k$  приведены в табл. 3. Здесь принято среднее значение  $c = \frac{r_1}{r} = 0,2$ .

## § 5. Подбор сечений обода и спиц

Используя изложенные выше расчеты, нетрудно определить прочные размеры обода и спиц колес.

Имея в виду, что по данным проф. Бобарыкова для обода таврового сечения  $\frac{1}{k} \cong 10$ , а для сечения обода без ребра жесткости  $\frac{1}{k} \cong 30$ , можно, приняв значение  $\frac{1}{k}$  по формулам (15), (16), определить максимальный изгибающий момент обода  $M_{об}$  и наибольшую нагрузку на спицу  $M_{cp}$ .

Если ввести обозначение для крестообразного сечения

$$A = \frac{H}{h} \quad (\text{рис. 15}), \text{ то получим:}$$

из условий прочности спицы в сечении у ступицы

$$h = \sqrt[3]{\frac{6M_{cp}(1-c)}{A^2 R_b}}, \quad (17)$$

а из условий прочности обода

$$h = \sqrt[3]{\frac{M_{об}}{\psi R'_b}}, \quad (18)$$

где  $R_b$  и  $R'_b$  — допускаемые напряжения соответственно для материала спицы и обода,

$\psi = \frac{W}{h^3}$  ( $W$  — момент сопротивления сечения обода).

Из формул (17), (18) следует, что в общем случае

$$A = \sqrt[3]{6\psi\delta(1-c)\frac{R'_b}{R_b}}, \quad (19)$$

а при одинаковом материале обода и спиц

$$A = \sqrt[3]{6\psi\delta(1-c)}. \quad (20)$$

Значения  $\delta = \frac{M_{cp}}{M_{об}}$  приводятся в табл. 3.

С целью облегчения подбора сечения обода с ребром жесткости в табл. 4 даны численные значения отношений  $\varphi = \frac{I}{h^4}$  и  $\psi = \frac{W}{h^3}$  в функции от отношения  $\frac{B}{h}$  для такого сечения.

Таким образом, задавшись предварительно отношением  $\frac{B}{h}$ , можно по формулам (19), (20) определить  $A$ , а затем по формулам (17) или (18) — размеры  $h$  и  $H$ .

И, наконец, по вычисленным значениям  $h$  и  $H$  следует проверить действительные значения  $\frac{B}{h}$ , а также  $\frac{1}{k} = \frac{I_1}{I}$ , где момент инерции сечения спицы —  $I_1 = \frac{h H^3}{12}$ , а момент инерции сечения обода —  $I = \varphi h^4$ .

В случае значительных расхождений между полученными по расчету значениями  $\frac{B}{h}$ ,  $\frac{1}{k}$  и предварительно принятыми, можно в порядке последовательного приближения произвести перерасчет.

Практическое использование изложенного метода показано на численном примере в § 6.

## § 6. Численный пример

Данные для расчета: число спиц  $n=6$ , диаметр окружности впадин зубчатого колеса  $D=1000$  мм; ширина обода  $B=100$  мм; диаметр ступицы  $D_{ст}=200$  мм; передаваемый крутящий момент  $M_{кр}=25000$  кг. см; материал колеса — чугун,  $R_b=350$  кг/см<sup>2</sup>.

Принимая форму сечения обода в виде тавра, задаемся отношением  $k = \frac{I_1}{I} = 10$ .

По табл. 3 подбираем значения коэффициента  $\alpha=0,043$  и  $\beta=0,274$ ,  $\delta=6,4$ .

Максимальный изгибающий момент обода

$$M_{ог} = 0,043 \cdot 25000 = 1075 \text{ кг. см.}$$

Часть крутящего момента, воспринимаемая наиболее нагруженной спицей,

$$M_{сп} = 0,274 \cdot 25000 = 6850 \text{ кг. см.}$$

Задавшись отношением  $\frac{B}{h} = 6$ , находим по табл. 4, что  $\varphi=1,06$  и по формуле (18) определяем толщину обода и спицы  $h$

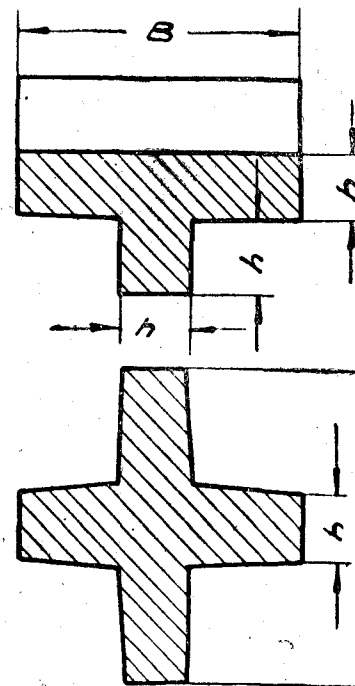


Рис. 15.

$$h = \sqrt[3]{\frac{1075}{1,06 \cdot 350}} = 1,42 \text{ см.}$$

Принимаем  $h=15$  мм.

Так как по формуле (20)

$$A = \sqrt{6 \cdot 6,4 \cdot 1,06 \cdot 0,8} \approx 5,7,$$

то ширина спицы  $H = 15 \cdot 5,7 = 85$  мм.

Производим проверку.

Действительное значение отношения  $\frac{B}{h} = \frac{100}{15} = 6,7$ .

По табл. 4 интерполированием определяем  $\varphi=1,58$ ;  $\psi=1,14$ .

Момент инерции сечения спицы

$$I_1 = \frac{1 \cdot 5 \cdot 8,5^3}{12} = 77 \text{ см}^4.$$

Момент инерции сечения обода  $I = \varphi h^4 = 1,58 \cdot 1,5^4 \approx 7,9 \text{ см}^4$ .

$$\text{Отношение } \frac{1}{k} = \frac{I_1}{I} = \frac{77}{7,9} = 9,8.$$

Так как отклонения от принятых значений  $\frac{1}{k}$ ,  $\frac{B}{h}$  могут незначительно повлиять на результаты расчета, останавливаемся на вычисленных значениях  $H=85$  мм,  $h=15$  мм.

Кандидат технических наук,  
доцент А. Д. КОРОБ

## О РАСКРЫТИИ СТАТИЧЕСКОЙ НЕОПРЕДЕЛИМОСТИ МЕЛЬНИЧНЫХ ТРАНСМИССИОННЫХ ВАЛОВ

Как известно, в последнее время индивидуальный привод успешно прививается в практике промышленных предприятий. Тем не менее, групповой привод с многоопорными валами и теперь еще находит широкое применение на предприятиях мукомольно-крупяной промышленности.

К сожалению, однако, вопросу точного расчета на прочность трансмиссионных валов в технической литературе уделяется мало внимания.

При проектировании мельниц и крупозаводов обычно пользуются упрощенными приемами расчета трансмиссионных валов на кручение с пониженными допускаемыми напряжениями. Наиболее нагруженные пролеты проверяются на сложное сопротивление с учетом изгиба, как балки на 2-х опорах с шарнирно закрепленными концами.

Естественно, что такой способ расчета приводит к увеличению запасов прочности и утяжелению конструкций.

В этой работе трансмиссионный вал рассматривается как многопролетная статически неопределимая балка, испытывающая изгиб с кручением.

Помимо нагрузок, лежащих непосредственно в рассматриваемом пролете, при определении опорных моментов учитываются также нагрузки, приложенные к ближайшим двум пролетам слева и двум пролетам справа от данного. Влиянием нагрузок в пролетах следующих за этими можно пренебречь\*).

Ввиду того, что мельничные трансмиссионные валы обычно проектируются с равными пролетами, соответствующими шагу балок междуэтажных перекрытий, поставленная в этой работе задача сводится к расчету неразрезной балки с пятью равными пролетами.

Рассмотрим случай нагружения каждого пролета такой балки одной сосредоточенной силой (рис. 1) и определим опорные изгибающие моменты  $M_{m-1}$  и  $M_m$  для рассматриваемого  $m$ -ого пролета.

\* ) Беляев. Сопротивление материалов, 1945 г., стр. 467.

При помощи теоремы о 3-х моментах составляем систему 4 уравнений с 4 неизвестными:

$$\left. \begin{aligned} 4M_{m-2} + M_{m-1} &= -A_{m-2} \\ M_{m-2} + 4M_{m-1} + M_m &= -A_{m-1} \\ M_{m-1} + 4M_m + M_{m+1} &= -A_m \\ M_m + 4M_{m+1} &= -A_{m+1} \end{aligned} \right\}$$

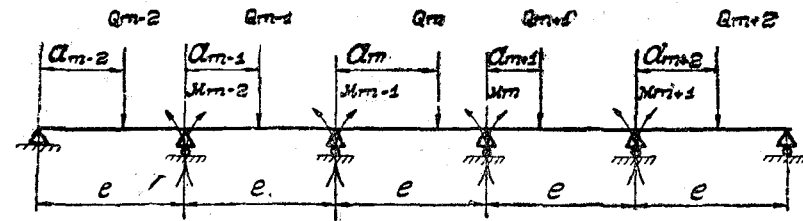


Рис. 1

Как известно, грузовые члены, образующие правые части уравнений (1), зависят не только от численных значений грузов, лежащих на пролетах балки, но и от положения их точек приложения. Поэтому, в целях упрощения расчетов, вводим обозначения  $c_i = \frac{a_i}{l}$ , где  $a_i$  — расстояние груза, приложенного к  $i$ -ому пролету от его левой опоры, а  $l$  — длина пролета.

В соответствии с принятыми обозначениями приводим грузовые члены к такому виду:

$$A = Q_i l c_i (1 - c_i^2) + Q_{i+1} l c_i + (1 - c_{i+1}) (2 - c_{i+1}) \quad (2)$$

После необходимых преобразований реактивные изгибающие моменты у левой и правой опор рассматриваемого пролета соответственно напишутся так:

$$M_{\alpha} = F_{m-2} Q_{m-2} + F_{m-1} Q_{m-1} + F_m Q_m + F_{m+1} Q_{m+1} + F_{m+2} Q_{m+2} \quad (3)$$

$$M_{\beta} = E_{m-2} Q_{m-2} + E_{m-1} Q_{m-1} + E_m Q_m + E_{m+1} Q_{m+1} + E_{m+2} Q_{m+2} \quad (4)$$

Здесь:  $F_{m-2} \dots F_{m+2}$ ,  $E_{m-2} \dots E_{m+2}$  коэффициенты, зависящие от значений  $c_{m-2}$ ,  $c_{m-1} \dots c_{m+2}$ , а  $Q_{m-2}$ ,  $Q_{m-1} \dots Q_{m+2}$  — нагрузки в соответствующих пролетах.

Обычно нагрузки в пролетах — давления на вал определяются через окружные усилия  $P$ .

$$Q = (2,5 + 4) P.$$

Принимая среднее значение  $Q = 3,5 P$ , мы получим, что

$$Q = \frac{3,5 \cdot 2 \cdot 71620 N}{n \cdot D} \approx 5 \cdot 10^5 \frac{N}{D} \frac{1}{n} \quad (5)$$

Понятно, что подставив в (3) и (4) значения  $Q$  из (5) и используя принцип наложения деформаций для общего случая расчета вала с любым числом нагрузок в каждом пролете, можно выражения для опорных изгибающих моментов привести к такому виду:

$$M_{\alpha} = 500 \frac{l}{n} \sum \alpha_i \frac{N_i}{D_i}, \quad (6)$$

$$M_{\beta} = 500 \frac{l}{n} \sum \beta_i \frac{N_i}{D_i}, \quad (7)$$

где  $N_i$  — мощность в л. с., передаваемая каждым шкивом,

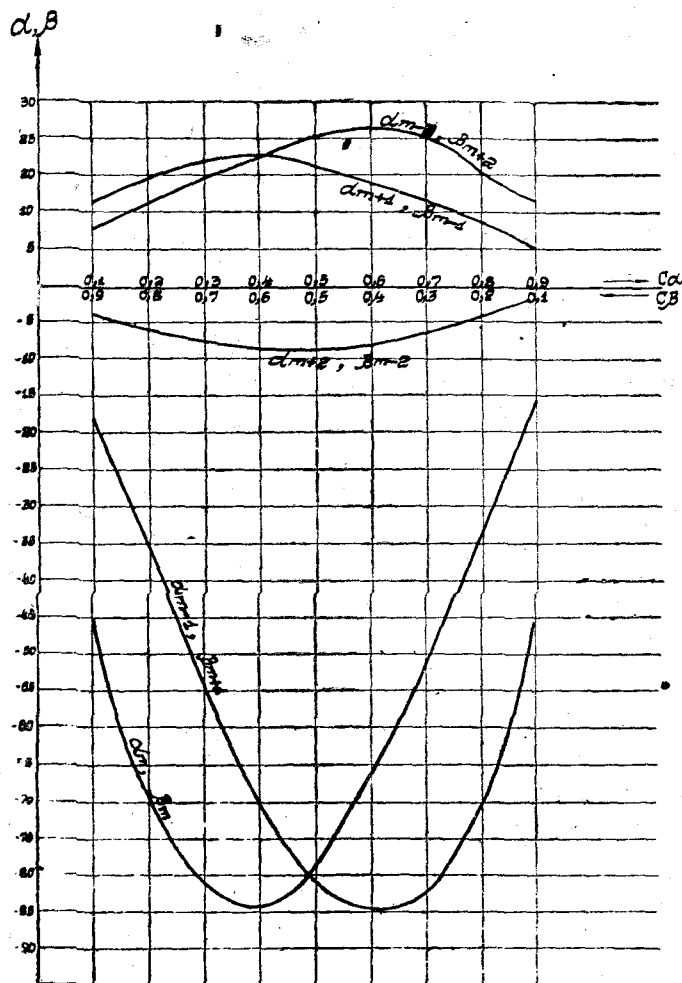
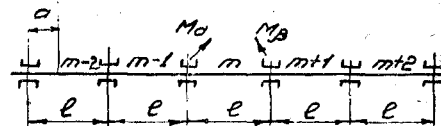


Рис. 2.

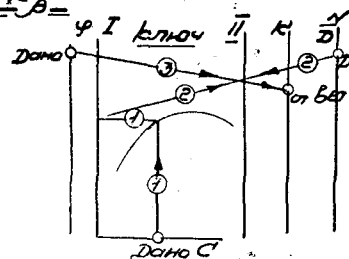
φ I

Намодграма для определения значений  $K_\alpha$  и  $K_\beta$



$$M_0 = 500 \frac{p}{\pi} \Sigma K_\alpha$$

$$M_\beta = 500 \frac{p}{\pi} \Sigma K_\beta$$



II

Формулы

$$K_\alpha = \alpha \frac{N}{D} \cos \varphi$$

$$K_\beta = \beta \frac{N}{D} \cos \varphi$$

$$\alpha = f(C_\alpha)$$

$$\beta = f(C_\beta)$$

$$C_\alpha = \frac{p}{e}$$

$$C_\beta = \frac{p}{e}$$

K

N (м.с.)

D (см.)

85°

80°

75°

70°

65°

60°

55°

50°

45°

40°

30°

20°

10°

0°

0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1

$C_\alpha$

$C_\beta$

25  
24  
23  
22  
21  
20  
19  
18  
17  
16  
15  
14  
13  
12  
11  
10  
9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1  
0

2000  
1000  
500  
400  
300  
200  
100  
50  
40  
30  
20  
10  
5  
4  
3  
2  
1  
0,5  
0,4  
0,3  
0,2  
0,1  
0,05  
0,04  
0,03  
0,02  
0,01  
0,005  
0,004  
0,003  
0,002  
0,001  
0,0005

150  
100  
50  
40  
30  
20  
15  
10  
5  
4  
3  
2  
1  
0,5  
0,4  
0,3  
0,2  
0,1  
0,05  
0,04  
0,03  
0,02  
0,01  
0,005  
0,004  
0,003  
0,002  
0,001  
0,0005

$D_i$  — диаметр этого шкива в см,  $N_i$  — число оборотов вала в мин.,  $\alpha_i$ ,  $\beta_i$  — коэффициенты, зависящие от значений  $c$ , т. е. от расположения каждого из шкивов в пролете.

Значения коэффициентов  $\alpha$  и  $\beta$  для вышеуказанной расчетной схемы из 5 пролетов приведены в табл. 1 и на графике (рис. 2).

Нетрудно убедиться в том, что для нагрузок, симметричных относительно данного пролета, коэффициенты  $\alpha$  и  $\beta$  для соответствующих симметричных опорных моментов имеют одинаковые значения.

Поэтому на графике (рис. 2) для значений  $\alpha_{m-2}$  и  $\beta_{m+2}$ ,  $\alpha_{m+1}$  и  $\beta_{m-1}$  и т. д. приведено соответственно по одной кривой. Причем, для нахождения значений коэффициентов  $\alpha$  величины  $c$  ( $c_\alpha$ ) отсчитываются слева направо, а коэффициентов  $\beta$  те же величины  $c$  ( $c_\beta$ ) отсчитываются справа налево.

И, наконец, для вертикальных и горизонтальных составляющих нагрузок выражения (6) и (7) принимают такой вид:

$$M_{\alpha \text{ верт}} = 500 \frac{l}{n} \sum \alpha_i \frac{N_i}{D_i} \cos \varphi \quad (8)$$

$$M_{\alpha \text{ гор}} = 500 \frac{l}{n} \sum \alpha_i \frac{N_i}{D_i} \sin \varphi \quad (9)$$

$$M_{\beta \text{ верт}} = 500 \frac{l}{n} \sum \beta_i \frac{N_i}{D_i} \cos \varphi \quad (10)$$

$$M_{\beta \text{ гор}} = 500 \frac{l}{n} \sum \beta_i \frac{N_i}{D_i} \sin \varphi, \quad (11)$$

где  $\varphi$  — угол наклона ремня к вертикальной оси.

Значения  $M_{\alpha \text{ верт}}$ ,  $M_{\alpha \text{ гор}}$ ,  $M_{\beta \text{ верт}}$ ,  $M_{\beta \text{ гор}}$  можно также определить по прилагаемой номограмме (рис. 3), использование которой облегчается путем применения ключа, приведенного на номограмме\*).

Для удобства пользования в номограмме введены следующие обозначения:

$$K_\alpha = \alpha \frac{N}{D} \cos \varphi, \quad K_\beta = \beta \frac{N}{D} \cos \varphi,$$

$$c_\alpha = \frac{a}{e} — \text{значения } c, \text{ используемые при нахождении } K_\alpha,$$

$$c_\beta = \frac{a}{e} — \text{значения } c, \text{ отсчитываемые от той же оси справа налево при нахождении } K_\beta.$$

Для определения  $M_{\alpha \text{ гор}}$  и  $M_{\beta \text{ гор}}$  вместо углов  $\varphi$  следует принимать дополнительные углы  $90^\circ - \varphi$ , так как на шкале  $\varphi$  нанесены значения  $\cos \varphi$ .

\*В разработке номограммы принял участие асс. Баренбойм З. М.

Искомые опорные моменты определяются путем суммирования с учетом знака значений  $K_\alpha$  и  $K_\beta$ , полученных по номограмме для каждого из шкивов, расположенных на рассматриваемых 5 пролетах вала.

Значения  $\alpha$  и  $\beta$

Таблица 1

$\alpha$ $c$	$\alpha_{m-2}$	$\alpha_{m-1}$	$\alpha_m$	$\alpha_{m+1}$	$\alpha_{m+2}$	
0,1	7,8	— 17,7	— 46,0	12,4	— 3,6	0,9
0,2	13,8	— 34,4	— 68,0	28,5	— 5,5	0,8
0,3	19,7	— 52,7	— 81,4	22,4	— 6,8	0,7
0,4	24,2	— 68,8	— 84,3	23,2	— 7,3	0,6
0,5	27,0	— 80,6	— 78,7	21,8	— 7,1	0,5
0,6	27,6	— 84,8	— 66,9	18,6	— 6,6	0,4
0,7	25,7	— 82,8	— 50,9	14,2	— 5,2	0,3
0,8	20,7	— 68,8	— 32,9	9,3	— 3,7	0,2
0,9	13,5	— 46,1	— 15,8	4,8	— 2,1	0,1
	$\beta_{m-2}$	$\beta_{m-1}$	$\beta_m$	$\beta_{m+1}$	$\beta_{m+2}$	$\beta$ $c$

Следует отметить, что в изложенных выше расчетах жесткость вала в 5-ти расчетных пролетах принята постоянной.

Если учесть, что

1. обычно трансмиссионные валы устанавливаются одинакового диаметра в 2—3 пролетах,

2. отношение жесткостей валов двух смежных диаметров, выбранных по ОСТ'у мало (колеблется в пределах 1,4 — 1,7),

то можно заключить, что такое допущение, облегчающее расчет, незначительно влияет на его результаты.

## Б. Г. ОСТРОЗЕЦЕР

10 марта 1947 года на 67-м году жизни, после тяжелой болезни, умер в г. Одессе выдающийся специалист мукомольной промышленности, кандидат технических наук, доцент Одесского Института Инженеров Мукомольной

Промышленности и Элеваторного Хозяйства им. И. В. Сталина — **Острозецер Борис Григорьевич.**

Б. Г. Острозецер родился 28 сентября 1880 года в г. Одессе, в бедной семье служащего табачной фабрики. Свою трудовую жизнь Б. Г. Острозецер начал с 15-летнего возраста, работая по найму слесарем.

После окончания Одесской школы мукомолов в 1905 г. Б. Г. Острозецер в течение 25 лет непрерывно работал в мукомольной промышленности, начиная с должности квалифицированного рабочего мельницы и кончая руководителем технического отдела мукомольного треста в городах Полтаве, Одессе и др. Под непосредственным его руко-

водством осуществлено было строительство многих мельниц товарного и сельскохозяйственного типа на Украине. За время своей практической деятельности Б. Г. Острозецер вложил много труда и энергии в дело развития отечественного мукомолья.

В 1930 году Б. Г. Острозецер экстерном окончил Одесский Мукомольный Институт, получив звание инженера-технолога по мукомольной специальности, и в том же году был приглашен на педагогическую работу по кафедре технологии мукомольного производства того же Института; здесь он и работал до конца своей жизни, читая курс проектирования мельниц и руководя курсовым и дипломным проектированием. В 1934 году Б. Г. Острозецеру было присвоено ученое звание доцента, а в 1939 году он защитил диссертацию и получил ученую степень кандидата технических наук.



За время своей научно-педагогической деятельности в Институте Б. Г. Острозецер выполнил ряд научных работ, имеющих большое практическое значение для мукомольной промышленности, а также написал фундаментальный труд в двух частях «Проектирование мельниц», являющийся учебным пособием для студентов вузов по проектированию мельниц.

С 1905 по 1937 год Б. Г. Острозецер принимал активное участие в работе профсоюза рабочих мукомольной промышленности г. Одессы, будучи неоднократно избираем членом правления союза и председателем инженерной секции.

За работу в Институте в период Отечественной войны правительство наградило Б. Г. Острозецера медалью «За трудовую доблесть в Великой Отечественной войне 1941—1945 гг.».

Будучи чутким и отзывчивым человеком, Б. Г. Острозецер пользовался любовью и уважением как со стороны студентов, так и профессорско-преподавательского персонала Института. Светлая память о Б. Г. Острозецере будет долго храниться в нашем Институте.

*Доц. ДЕМИДОВ.*

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
К. т. н., доц. Золотарев С. М., к. т. н., доц. Демидов П. Г.— Краткий исторический очерк	9
К. т. н., доц. П. Г. Демидов—Скорости парения и коэффициенты обтекания продуктов дробления зерна	43
К. т. н., доц. В. Я. Белецкий—Движение продукта по горизонтальному сити рассева	53
К. т. н., доц. П. Н. Платонов—Движение сыпучих тел в вертикальных самотечных трубах	60
К. т. н., доц. П. М. Платонов—Особенности движения сыпучих тел в желобах	68
К. б. н., доц. С. З. Хаит—Количественное изменение микрофлоры при хранении муки	78
К. т. н., доц. В. Я. Белецкий—Кинетостатика самобалансирующихся рассевов	88
К. т. н., доц. А. В. Панченко—Вопросы борьбы с разрежением в зданиях мельниц и крупяных заводов	104
К. х. н., доц. И. И. Ленарский—Данные к вопросу о температуре сушки зерна некоторых крупяных культур	134
К. х. н., доц. И. И. Ленарский—Химические изменения веществ зерна при термической обработке	140
Проф. Д. И. Рабинович, к. т. н. С. А. Гинзбург, ассист. Л. И. Лурий—Рециркуляция газов в котельных установках	150
К. т. н., доц. А. Д. Короб—Расчет обода и спиц зубчатых колес	163
К. т. н., доц. А. Д. Короб—О раскрытии статической неопределенности мельничных трансмиссионных валов	180
Некролог Б. Г. Острозецер	185

Отв. редактор С. М. Золотарев.

БР 12095 Сдано в набор 27/VIII-1948 г. Подписано к печати 31/XII-1948 г. Объем 11¼ печ. л. Знаков в 1 печ. л. 48.000. Зак. 4653. Тираж 1500 экз.

Типография изд-ва «Морской транспорт», Одесса, ул. Ленина, 26.