

Доктор ф-л.

Л 33

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ УССР
ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
им. И. В. СТАЛИНА

Аспирант В. Г. ЛЕБЕДИНСКИЙ

С40
Л 33

СОПРОТИВЛЕНИЕ ТЕЛ ЗЕРНОВОМУ ПОТОКУ

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Научный руководитель — кандидат технических наук доцент ПЛАТОНОВ П. Н.

ОДЕССА — 1958

Переучет 1987

Экспериментальное исследование выполнено
в Одесском технологическом институте им. И. В. Сталина

199069

**Одесский Технологический
Институт
им. И. В. Сталина
БИБЛИОТЕКА**

В диссертационной работе приводятся результаты исследования по определению сопротивления твердых тел потоку зерновой сыпучей смеси,двигающейся в сосуде. Рассматривается случай, когда движение сыпучей смеси происходит благодаря ее истечению через отверстие в дне сосуда, под действием силы тяжести. Предлагается рабочая гипотеза, объясняющая физическую сущность процессов, происходящих в зерновом потоке при обтекании твердых тел.

На основании результатов экспериментального исследования рекомендуется приближенный метод определения величины сопротивления тел в зависимости от их формы и места расположения в потоке.

* * *

В Директивах XX съезда КПСС большое внимание уделяется автоматизации производственных процессов, являющейся одним из основных путей дальнейшего технического прогресса.

При решении вопросов автоматизации процессов переработки или подработки зерна и других сыпучих смесей, возникает необходимость установки в потоке различного рода устройств, предназначенных для использования механических свойств зернового потока в целях управления этими процессами.

Почти полное отсутствие данных о величине усилий, действующих со стороны потока на такие устройства, является серьезным тормозом при конструировании и проектировании последних. Это относится к различного рода поплавкам-датчикам, а также к термоподвескам, коробам зерносушилок и кондиционеров, устройствам для активного вентилирования зерна в силосах и пр.

Опубликованные до сих пор работы освещали лишь отдельные частные вопросы, относящиеся главным образом к выбору рациональной конструкции термоподвесок.

Рассмотрение всей проблемы в целом тормозится недостаточностью сведений о явлениях, происходящих в зерновом по-

токе и отсутствием решений ряда вопросов динамики сыпучих смесей.

Целью проведенной работы, помимо решения основной задачи по определению величины сопротивления тел потоку сыпучих смесей, являлось также исследование некоторых закономерностей, познание которых необходимо для объяснения физической сущности явлений и решения общих вопросов динамики сыпучей смеси.

Диссертация состоит из пяти глав текста на 146 страницах с 45 рисунками, списка использованной литературы и приложений.

В приложениях даются таблицы результатов исследования, примеры расчета величины сопротивления тел и фотографии тел, сопротивления которых определялось.

I.

В первой главе приведен обзор литературы, посвященной вопросам, связанным непосредственно с исследованиями сопротивления тел зерновому потоку, а также освещающей общие вопросы механики сыпучей смеси, находящейся в движении.

Ознакомление с литературой показало, что небольшое число опубликованных работ по исследованию сопротивления тел, посвящено лишь ряду частных вопросов, касающихся либо натяжения в термоподвесках (Герасимов С. — 1932 г., Укр. НИИЗ—1938—40 г.г., Киевский завод электроприборов 1949—1950 г.г., Рюб Ф. — 1955 г.), либо обтеканию коробов зерносушилок (Брук Я. и Глаголев С. — 1939 г.).

В области общих вопросов механики сыпучих смесей, наряду с сравнительно большим числом работ, посвященных вопросам статики, лишь небольшое количество работ посвящено вопросам динамики сыпучей смеси при ее движении в сосудах (Прантэ, Тахтамышев С. Г., Бернштейн М. С., Куценко К. И., Ким В. С., Петров Б. А.).

В этих работах высказана несостоятельность многих положений, господствовавших долгое время в области механики сыпучей смеси, однако новые удовлетворительные решения еще не найдены.

Проведенные в последние годы экспериментальные исследования в области динамики сыпучих смесей позволили предложить ряд гипотез о характере и причинах явлений, наблюдае-

мых при движении сыпучей смеси в сосудах. Среди таких работ особо выделяются исследования Бернштейна М. С. (1952 г.) и Куценко К. И. (1952 г.), в которых основное внимание уделяется структуре сыпучей смеси как фактору, определяющему ее основные физико-механические свойства. В этих работах сделаны первые попытки объяснения наблюдаемых закономерностей с новых позиций.

Обзор литературы позволил сделать следующие выводы:

1. Проведенные исследования в области сопротивления тел посвящены отдельным частным вопросам и являются недостаточными.

2. Современное состояние основных вопросов динамики сыпучей смеси не позволяет в настоящее время дать теоретическое решение задачи о сопротивлении тел зерновому потоку.

II.

Во второй главе на основе критического анализа ряда работ (Куценко К. И., Бернштейн М. С., Киевского завода электроприборов), предлагается рабочая гипотеза о природе явлений, происходящих в потоке сыпучей смеси, обтекающей твердое тело.

Сделан вывод о том, что величина сопротивления тел определяется не только величиной давлений, действующих в сыпучей смеси, но и теми изменениями структуры сыпучей смеси, которые происходят в результате обтекания ею тела. В свою очередь структура сыпучей смеси и величина давления потока на тела, погруженные в него, являются функцией геометрических пропорций сосуда и высоты засыпки зерна.

Рабочая гипотеза исходит из положения, согласно которому структура сыпучей смеси определяет ее способность воспринимать различные усилия. При этом вертикальные давления зернового столба, благодаря действию сил трения, могут быть частично или полностью переданы в виде распорных усилий сводов на стены шахты или тела, находящиеся в шахте. Основная часть вертикального давления вышележащих слоев будет передана на стены в том случае, если своды состоят из взаимозаклиненных частиц и существуют преграды, препятствующие смещению их оснований вниз.

Такое явление имеет место в шахте у входа потока в своеобразную зерновую воронку, которая образуется откосами из

неподвижных зерен. Основания откосов располагаются на дне шахты у отверстия истечения. Сужение потока, входящего в воронку, вызывает взаимозаклинивание зерен, а откосы препятствуют смещению оснований сводов вниз, благодаря чему зерно, находящееся в воронке не испытывает вертикального давления вышележащего столба. Сопротивление тела достигает наибольшего значения при расположении его в зоне над зерновой воронкой — «зоне максимальных давлений». Высота этой зоны при расположении тела по оси потока определяется высотой откосов из неподвижных частиц и высотой, характеризующей своды из взаимозаклиненных частиц.

Наличие в сосуде такой «зоны максимальных давлений» предопределяет пульсационный характер движения столба сыпучей смеси, расположенного выше этой зоны и пульсационный характер усилий, действующих на тела, погруженные в поток.

На основании анализа работ, посвященных динамике сыпучей смеси и имеющих непосредственное отношение к вопросу о сопротивлении тел зерновому потоку, определилась основная задача исследования, заключающаяся в раскрытии физической сущности явлений — в экспериментальной проверке принятой рабочей гипотезы.

Проведенное экспериментальное исследование должно дать методику расчета величины сопротивления тел, погруженных в зерновой поток и рекомендации о выборе формы и места расположения тел в потоке.

III.

Третья глава посвящена описанию экспериментальных установок и методике исследования. Исследование проводилось в шахтах, размеры которых были выбраны так, чтобы они совпадали или были подобны размерам рабочих органов машин по переработке зерна и подобны размерам силосной банки. В качестве сыпучей смеси применялись крупа чумизы и пшеница. Отдельные опыты были проведены при движении в сосуде пшена, ячменя и песка.

При исследовании процесса обтекания, тела помещались непосредственно у стеклянной стенки шахты, через которую велось наблюдение. В опытах по определению величины сопротивления применялись тела правильной геометрической формы,

сужающие сечение потока в месте их расположения и стержни постоянного сечения, располагавшиеся по оси потока. Первые названы «свободно подвешенными телами», вторые — «подвесками». Размеры тел выбирались таким образом, что имело место соотношение:

$$\frac{F_T}{F_{cc}} \geq 20; \quad \frac{F_{ш}}{F_T} \geq 20;$$

где F_T — площадь миделевого сечения тела,
 $F_{ш}$ — площадь поперечного сечения шахты,
 F_{cc} — площадь миделевого сечения наиболее крупных зерен.

При наличии такого соотношения между размерами сосуда, тела и частиц сыпучей смеси, установка тела в потоке не изменяла общего характера и вида движения сыпучей смеси в целом по всему сосуду.

Величина усилий, действующих на тела, измерялась при помощи приборов, построенных на базе индуктивных датчиков и датчиков сопротивления. Измерение проводилось в условиях установившегося движения при постоянной плотности укладки зерен, определяемой непрерывной засыпкой сосуда с нулевой высоты («перекачка на себя»). При определении зависимости величины сопротивления от плотности укладки опыты проводились в условиях неустановившегося движения, в момент его начала. В этом случае засыпка шахты проводилась «струей» либо «дождем».

Раздельно определялось полное сопротивление тела (P) и сопротивление его лобовой части (P_L). Боковое сопротивление тела (P_B) определялось как разность $P_B = P - P_L$.

Тела изготовлялись из стали, латуни, алюминия, бука с поверхностью различной шероховатости. Обработка результатов наблюдений проводилась по методу наименьших квадратов.

IV.

В четвертой главе приведены результаты исследования кинематики потока сыпучей смеси и процесса обтекания тел различной конфигурации. Определено, что при установившемся движении сыпучей смеси, в верхней части сосуда происходит связанное движение сыпучей смеси. При этом относительного смещения частиц, расположенных в одном горизонтальном сечении не происходит. В воронке, образованной откосами из не-

подвижных частиц, движение происходит в несвязанной форме и сопровождается постоянными относительными перемещениями частиц.

Движение в верхней части сосуда происходит в виде периодических просадок и остановок столба сыпучей смеси. Частота просадок увеличивается по мере увеличения средней скорости связаннодвижущегося столба.

При обтекании свободно подвешенных тел над их лобовой поверхностью образуются застойные зоны из неподвижных частиц сыпучей смеси.

За телом образуются зоны, ограниченные поверхностями обрушения, в которых сыпучей смеси нет. Установка тела в потоке вызывает сужение последнего, в связи с чем, скорость и плотность укладки частиц увеличиваются. Изменения структуры сыпучей смеси при этом охватывают зону, располагающуюся вверх от лобовой поверхности тела и в стороны от него на расстояние равное 3—4 линейным размерам миделевого сечения тела.

Образования застойных зон не наблюдалось над телами, у которых отношение высоты конусной лобовой части к диаметру основания превышало 1,5—2.

Обтекание подвесок в условиях осесимметричного потока происходит также, как и обтекание стен сосуда. Изменения структуры сыпучей смеси при этом охватывали небольшой — пограничный слой зерен, непосредственно примыкавших к поверхности подвески.

При исследовании стержней решеток установлено, что несмотря на то, что общий характер потока изменяется, обтекание отдельных стержней решетки происходит таким же образом, как и свободноподвешенных тел.

Установлено, что угол в основании конуса из неподвижных частиц, образующегося над лобовой частью тела, имеет такую же величину, как и угол обрушения, определяющий высоту откосов из неподвижных зерен, расположенных на дне сосуда у отверстия истечения. Опытами подтверждено наличие зависимости величины этого угла обрушения (φ) от скорости движения потока ($V \frac{\text{мм}}{\text{сек}}$). Установлено, что эта зависимость может быть выражена эмпирической формулой:

$$\text{tg } \varphi = aV^{-0,006} - C.$$

Величины опытных коэффициентов «а» и «С» определены для пшеницы, крупы чумизы и ржи, при $V = 0,04 \div 30$ мм/сек.

V.

Пятая глава посвящена результатам экспериментального исследования по определению величины сопротивления тел зерновому потоку. Опытами установлено, что величина сопротивления тела растет по мере увеличения его погружения только до глубины определяемой высотой зоны максимальных давлений над дном шахты. Эта высота (H_{\max}) определяется высотой откосов неподвижных зерен (H_0) и высотой, характеризующей свод из взаимозаклиненных зерен, перекрывающий вход в воронку, образуемую откосами (H_c):

$$H_{\max} = H_0 + H_c.$$

Найдены эмпирические формулы, позволяющие определять величины H_0 и H_c в зависимости от скорости движения потока и размеров шахты в плане для различных культур.

Исследование лобового сопротивления тел показало, что его величина прямопропорциональна степени сужения потока телом, т. е. площади миделевого сечения тела. Эти же опыты позволили определить форму лобовой части тела, обеспечивающую наименьшее сопротивление.

Установлено, что удельное боковое сопротивление подвесок $\left(p_{\text{б}} - \frac{\Gamma}{\text{см}^2} \right)$ не зависит от формы поперечного сечения подвески и соотношения ее линейных размеров и является функцией глубины ее погружения. Удельное боковое сопротивление свободно подвешенных тел, расположенных в связанно движущемся столбе сыпучей смеси (в зоне максимальных давлений и выше), зависит от геометрических пропорций тела. При этом величина удельного сопротивления свободно подвешенных тел в несколько раз выше, чем подвесок, и она тем больше, чем меньше отношение высоты тела к его диаметру $\left(\frac{h}{d} \right)$.

Найдена эмпирическая формула, позволяющая определять величину бокового сопротивления в зависимости от величины отношения $\frac{h}{d}$.

Удельное сопротивление свободно подвешенных тел выше, чем подвесок в связи с тем, что их боковые поверхности испытывают пассивное боковое давление со стороны зернового потока в то время, как поверхности подвесок — активное боковое

давление, которые при прочих равных условиях в несколько раз меньше пассивного.

По мере отдаления от лобовой части тела (увеличение $\frac{h}{d}$) пассивное давление на боковые поверхности свободно подвешенных тел переходит в активное. Поэтому удельное сопротивление частей свободно подвешенных тел для которых $\frac{h}{d} > 6$ имеет те же значения, что и у подвесок. Равенство удельных боковых сопротивлений наблюдается также при расположении тел в зоне зерновой воронки, где происходит несвязанное движение.

Определенно, что сопротивление различного рода утолщений на подвесках и сопротивление подвесок непараллельных оси потока должно рассматриваться, как сопротивление свободно подвешенных тел.

В работе проведено сравнение величин удельных сопротивлений, определенных опытным путем с расчетными ($p_{ян}$), определенными на основании формулы Янсена. Это сравнение показало, что в зоне максимальных давлений имеют место постоянные соотношения:

$$\begin{aligned} (p_B)_{\max} &= 2 (p_{ян})_{\max}; \\ (p_B^I)_{\max} &= 8,6 (p_{ян})_{\max}; \\ (p_L)_{\max} &= 45 (p_{ян})_{\max}. \end{aligned}$$

Здесь:

$(p_B)_{\max}$ — максимальное удельное боковое сопротивление подвески,

$(p_B^I)_{\max}$ — максимальное удельное боковое сопротивление свободно подвешенного тела, у которого $\frac{h}{d} = 1$.

$(p_L)_{\max}$ — максимальное удельное лобовое сопротивление пластин перпендикулярных потоку.

Кроме того установлено, что в зоне между дном и высотой, определяемой, как $H_p = 0,45 H_{\max}$, сопротивление тел почти не изменяет своей величины, которая может быть определена как:

$$\begin{aligned} (p_{ср})_п &= (p_B^I)_п = (p_B)_п = 0,6 (p_{ян})_{\max}; \\ (p_L)_п &= 4,5 (p_{ян})_{\max}. \end{aligned}$$

Когда тело находится на поверхности сыпучей смеси его сопротивление равно нулю, т. е. при $H=0$: $p_B^I=0$; $p_B=0$; $p_L=0$. Опыты показали, что изменение величины сопротивления тел между названными характерными точками $H=0$; H_{\max} и H_n происходит по закону близкому к линейному.

Все это вместе взятое позволяет, предварительно рассчитав для зоны максимальных давлений величину горизонтального давления по Янсену, построить приближенную эпюру изменения величины сопротивления различных тел в зависимости от глубины их погружения и скорости движения сыпучей смеси. При измерении величины сопротивления тел наблюдался пульсационный характер действующих усилий. Изменение величины усилий происходило во время просадок зернового столба, находящегося над откосами. Частота пульсации увеличивалась с ростом скорости движения потока.

Исследование показало, что даже незначительное изменение плотности укладки зерен, резко повышает величину сопротивления тела. Так при увеличении коэффициента плотности на 13% сопротивление свободно подвешенного тела возрастало в 2,6 раза. Зависимость величины сопротивления от плотности укладки близка к линейной.

Предлагается при расчетах величины сопротивления тел, необходимых для определения прочных размеров их креплений, учитывать пульсационный характер действующих усилий и увеличение сопротивления в начале движения, когда плотность повышена, коэффициентом равным 1,5.

В этой главе приводятся результаты исследования по определению сопротивления тел различной конфигурации и лепестковых поплавков.

Выводы

На основании экспериментального исследования процесса обтекания тел зерновым потоком, движущимся в сосуде, сделаны следующие выводы:

1. Движение сыпучей смеси в вертикальных сосудах, происходящее под действием сил тяжести в начале носит неустановившийся характер и затем переходит в установившееся. Установившееся движение характеризуется равномерной плотностью укладки зерен по всему сечению сосуда. Плотность ук-

ладки при этом близка к «критической». Период неустановившегося движения тем больше, чем выше первоначальная плотность укладки.

2. Движение сыпучей смеси может происходить в связанной или несвязанной форме. Для несвязанной формы характерным является наличие относительного перемещения зерен, расположенных в одном поперечном сечении, при связанной форме движения, такие перемещения отсутствуют. В период неустановившегося движения наблюдается несвязанная форма движения. В период установившегося движения в верхней части сосуда движение происходит в связанной форме, а в нижней части в несвязанной. Переход связанной формы движения в несвязанную происходит в месте сужения потока при входе его в воронку, образованную откосами неподвижных частиц у отверстия истечения.

3. Величина угла у основания откосов, определяющего высоту зерновой воронки, может быть найдена из уравнения:

$$\operatorname{tg} \varphi = aV^{-0.006} - C;$$

где V — скорость потока в зоне связанного движения в мм/сек.;

a и C — опытные коэффициенты, величины которых определены для:

пшеницы	$a = 15,2;$	$C = 14,6;$
крупы чумизы	$a = 28,7;$	$C = 27,4;$
ржи	$a = 38,9;$	$C = 37,6.$

Формула справедлива при $V = 0,04 \div 30$ мм/сек.

4. В месте перехода связанного движения в несвязанное, в результате сужения потока происходит взаимозаклинивание зерен.

Взаимозаклинивание зерен и наличие откосов, препятствующих смещению оснований сводов вниз, способствует тому, что большая часть давления вышележащих слоев в этой зоне передается распорными усилиями на стены сосуда и откосы.

5. Благодаря тому, что на зерна, находящиеся в воронке, передается лишь незначительная часть веса вышележащих слоев, истечение может происходить в течение некоторого времени за счет разрыхления сыпучей смеси, находящейся в воронке. В результате такого разрыхления начинается выпадение взаимозаклиненных зерен свода, перекрывающего вход в воронку.

Свод разрушается и происходит просадка всего столба сыпучей смеси, расположенного выше переходной зоны. В результате просадки плотность сыпучей смеси в зоне воронки повышается, частицы сыпучей смеси устремляясь в воронку вновь взаимозаклиниваются и процесс повторяется. Благодаря этому движение в верхней части сосуда происходит в виде периодических осадок зернового столба, что в свою очередь ведет к пульсации давлений на стены сосуда и тела, погруженные в поток. Частота пульсации зависит от средней скорости движения потока, определяющей интенсивность разрыхления сыпучей смеси в зоне воронки.

6. Давление сыпучей смеси на твердые тела достигает максимального значения не у дна сосуда, как это следует из формулы Янсена, а в зоне, лежащей у входа в воронку, названной зоной максимальных давлений. Высота этой зоны определяется высотой откосов из неподвижных зерен и высотой сводов:

$$H_{\text{max}} = H_0 + H_c;$$

где: $H_0 = l \cdot \text{tg} \varphi$.

Величина H_c , характеризующая высоту сводов, зависит от скорости движения сыпучей смеси в зоне связанного движения и при $V = 0,04 \div 30$ мм/сек. и может быть определена формулой:

$$H_c = l_d (a_1 V^{-0,184} + C_1) .$$

Здесь l и l_d — величины, характеризующие размер поперечного сечения сосуда, a_1 и C_1 — опытные коэффициенты, величина которых определена для пшеницы $a_1 = 0,42$, $C_1 = 0,04$ и для крупы чумизы $a_1 = 0,13$, $C_1 = 0,26$.

7. Сопротивление тела, погруженного в зерновой поток, зависит от структуры сыпучей смеси и от того воздействия, которое тело оказывает на поток. Сопротивление тела растет с увеличением плотности укладки сыпучей смеси, т. е. с увеличением прочности системы, образованной совокупностью зерен, а также с увеличением сил трения между поверхностью тела и сыпучей смесью. Сопротивление тела имеет наименьшие значения в условиях несвязанного движения, когда структура сыпучей смеси непрерывно изменяется.

8. Сопротивление тел, помещенных в зерновой поток, может быть условно разделено на два вида, которые по аналогии с гидродинамикой названы лобовым и боковым сопротивлением.

Лобовым является сопротивление тех частей тела, обтекание которых вызывает сужение потока и изменения сложившейся структуры сыпучей смеси. Боковым названо сопротивление тех частей тела, которые расположены параллельно потоку и не вызывают его сужения.

9. Величина лобового сопротивления тел прямопропорциональна степени сужения потока телом.

10. Тела не имеющие лобовых поверхностей и названные подвесками (стержни постоянного сечения, выходящие одним концом за пределы свободной поверхности зерна), оказывают потоку только боковое сопротивление. Т. к. такие тела не внедряются в поток, то на них действует активное боковое давление со стороны сыпучей смеси. Величина сопротивления подвесок прямопропорциональна площади их боковой поверхности.

11. Полное сопротивление (P) тел, оказывающих лобовое ($P_{л}$) и боковое ($P_{б}$) сопротивление и названных свободноподвешенными определяется как:

$$P = P_{л} + P_{б}.$$

На боковой поверхности таких тел со стороны сыпучей смеси действует давление, величина которого изменяется по мере удаления от лобовых поверхностей от значения соответствующего пассивному давлению до значения соответствующего активному боковому давлению.

12. Величина среднего по высоте удельного сопротивления свободно подвешенного тела ($\rho_{ср}$) зависит от отношения его высоты (h) к диаметру (d) и может быть определена по формуле:

$$\rho_{ср} = a_2 \frac{h}{d} \left[\left(\frac{h}{d} \right)^{0,45} - 0,45 \right] - 4 \frac{h}{d} \dots \text{ (г/см}^2\text{)};$$

где a_2 — опытный коэффициент, зависящий от механических свойств сыпучей смеси и от глубины погружения тела. В зоне максимальных давлений численное значение величины этого коэффициента может быть выражено через удельное боковое сопротивление тела вычисленное по формуле Янсена ($\rho_{ян}$):

$$(a_2)_{\max} = 20 (\rho_{ян})_{\max}.$$

13. Сопротивление тел, помещенных ниже зоны максимальных давлений — в зерновой воронке, резко падает, т. к. здесь

действуют незначительные давления со стороны сыпучей смеси и движение происходит в несвязанной форме.

14. В связи с тем, что до сих пор нет удовлетворительного способа определения величины давлений, действующих в потоке сыпучей смеси, предлагается приближенный метод расчета величины сопротивления. В основу этого метода, подробно изложенного в работе, положены, найденные для зоны максимальных давлений и других характерных зон, соотношения между истинными значениями величины удельных сопротивлений тел и значением удельного бокового сопротивления тела, определенным на основании формулы Янсена. Предложенный метод расчета позволяет учесть влияние на величину сопротивления скоростных и плотностных параметров потока. Отклонения расчетных величин сопротивления от значений, найденных опытным путем, не превышают 5%.

15. В тех случаях, когда необходимо чтобы сопротивление тела было максимальным, его следует размещать в зоне максимальных давлений и лобовую часть тела выполнять в виде плоскости перпендикулярной потоку. Боковые стенки должны иметь большую шероховатость, а их высоту рационально делать не больше $h=6d$, т. к. при высоте тела большей шестикратного размера диаметра, увеличение сопротивления тела происходит медленно. Если тело выполнено в виде лепесткового поплавка, то шаг между лепестками целесообразно применять равными $\frac{1}{3}$ диаметра поплавка. Постановка в лобовой части конуса, у которого отношение высоты к диаметру равно $1 \div 1,5$, уменьшает лобовое сопротивление на 20%.

16. Подвески, оказывающие минимальное сопротивление, должны изготавливаться без углощений и располагаться параллельно потоку.

17. В устройствах, представляющих собой решетки, обтекаемые зерновым потоком (секции зерносушилок, кондиционеров и пр.), стержням решетки, во избежание образования над ними застойных зон, рекомендуется придавать трехгранную форму с углом у основания, превышающим в $1,5 \div 2$ раза угол естественного откоса. При шахматном размещении стержней по высоте шахты, рекомендуется стержни, примыкающие к стенам, располагать не в каждом втором, а в каждом четвертом ряду, что устраняет возможность образования застойных зон у стен шахты.

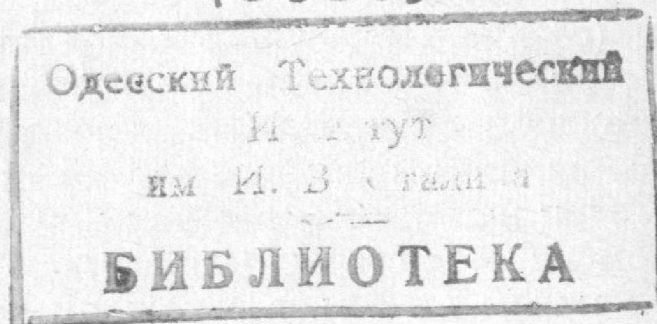
* * *

По диссертационной работе опубликованы следующие статьи:

1. В. Г. Лебединский, П. Н. Платонов. Характер движения зернового потока при обтекании тел различной геометрической формы. Труды Одесского технологического института, т. 9, 1958.

2. Платонов П. Н., Лебединский В. Г. Сопротивление тел, погруженных в зерновой поток. Пищевое машиностроение, № 10, 1958 г.

199069



Тип. г. Белгород-Днестровский, ул. Ленина, 42.

БР 02386.

13/X-58 г.

Заказ 3308—170.