

В С Н Х

ТРУДЫ

ВСЕСОЮЗНОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬНОГО
ИНСТИТУТА ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОГО
МАШИНОСТРОЕНИЯ
ВНИИПТМАШ

МЕТОДИКА РАСЧЕТА УСТАНОВОК ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

ПНЕВМОПОЧТА

ВЫПУСК 2 (24)

Под редакцией канд. техн. наук **СЕГАЛЬ И. С.**

ОТДЕЛ ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
МОСКВА — 1962

В сборнике приведены методики расчета установок пневматического транспорта сыпучих и пылевидных материалов, рекомендации по выбору оборудования и необходимых параметров, а также примеры расчета, описание оборудования, схемы и расчеты установок для пневматического транспортирования документов и мелких предметов.

Сборник предназначен для работников научно-исследовательских и проектных институтов, организаций и предприятий, проектирующих, изготовляющих и эксплуатирующих установки пневматического транспорта.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА УСТАНОВОК ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

1. ВВЕДЕНИЕ

Быстрое развитие пневматического транспорта, весьма прогрессивного вида подъемно-транспортной техники, и рост производства предназначенных для него машин и оборудования объясняется большими преимуществами этого оборудования по сравнению с другими подъемно-транспортными устройствами.

В настоящее время пневматический транспорт нашел применение почти во всех отраслях промышленности, сельского хозяйства, транспорта и строительства.

В связи с большим интересом к этому виду транспорта в СССР и за границей издается большое количество технической литературы, посвященной теории и расчету пневматического транспорта различных материалов и результатам экспериментальных работ.

Практическое использование указанной литературы при конструировании и проектировании часто приводит к противоречивым результатам. Последнее свидетельствует о наличии неясностей по основным вопросам теории пневматического транспортирования. Так как до конца еще не выяснен смысл происходящих при пневматическом транспортировании сложных физических явлений, то пневмотранспорт в настоящее время развивается в основном на базе эмпирических зависимостей и формул.

Несмотря на значительные работы, проводимые в области пневмотранспорта сыпучих материалов, его расчет и проектирование нельзя еще базировать на точных научных данных. В этой области положение аналогично существующему в самолетостроении, где еще до сих пор для изучения неясных вопросов аэродинамики применяются дорогие и сложные по конструкции аэродинамические трубы.

В настоящее время теоретические основы пневмотранспорта недостаточны для их приложения в практике.

Процесс транспортирования весьма сложен и определяется многообразием действующих факторов. К этим факторам принад-

лежат физико-механические свойства материалов (гранулометрический состав по крупности, удельный вес частиц и их форма, влажность, липкость, комкуемость, твердость, хрупкость, пористость, абразивность), тип установки, ее конструктивные особенности, схема движения, производительность и др.

В настоящее время эмпирические зависимости и формулы служат основой для расчета систем пневматического транспорта. Создание наиболее экономичных установок при отсутствии достаточных общей теории методики расчета и проектных рекомендаций остается затруднительным.

Публикуемая методика расчета установок пневмотранспорта, разработанная автором в лаборатории пневматического транспорта ВНИИПТМАШ на основе обобщенных теоретических положений о физических процессах, происходящих при пневматическом транспорте, систематизированных отечественных и зарубежных опытных и литературных данных, а также классификации машин и оборудования пневмотранспорта, предназначена для того, чтобы дать возможность получить оптимальные инженерные решения задач по перемещению сыпучих грузов с помощью воздуха, в условиях производства на заданное расстояние и высоту при наименьшей затрате энергии.

В связи с изложенным в настоящей методике применены в ряде случаев значительные упрощения происходящих явлений и введены некоторые условности и допущения. Предполагается, что по мере выяснения сущности процесса транспортировки сыпучих грузов воздухом, эти условности расчета будут устранены.

Одновременно по ряду транспортируемых материалов приводятся рекомендации по выбору типа оборудования и ориентирующие параметры (перепадов давлений, концентраций смеси и др.), которые значительно облегчат проектирование установок пневматического транспорта.

Методика создана, главным образом, для расчетов подъемно-транспортной техники, в которой установки пневмотранспорта рассматриваются как конвейерные установки (технологические и вентиляционные установки данной методикой не охватываются), и предназначена для расчета по ней основных параметров проектируемых установок — потребного давления воздуха, его расхода, диаметра транспортного трубопровода и расходуемой энергии по заданным транспортируемому материалу (грузу), производительности и схеме движения.

II. КЛАССИФИКАЦИЯ УСТАНОВОК ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

Различия в объяснении природы пневматического транспорта имеют место потому, что под пневматическим транспортированием понимают очень большое многообразие способов воздействия воздушного потока на сыпучий материал, с целью его перемещения в

пространстве. Из-за отсутствия должной классификации оборудования пневмотранспорта часто подход при определении основных параметров проектируемой установки бывает неправильным.

Публикуемый материал является первой попыткой создания единой классификации для всех основных разновидностей установок пневмотранспорта сыпучих и пылевидных материалов, позволяющей правильно выбрать тип проектируемой установки и методику ее расчета.

Такая классификация представлена в таблице 1.

Все основные виды установок пневматического транспортирования сыпучих материалов, т. е. установок, при помощи которых совершается перемещение сыпучего материала при воздействии на него воздушного потока, можно разделить по физической сущности явлений на три группы:

1) Транспорт частиц взвешенных в трубопроводе потоком воздуха. При наличии достаточно больших скоростей воздуха в трубопроводе частицы, введенные в него загрузочным устройством, более или менее равномерно распределяются по сечению трубы. Движение материала происходит во взвешенном состоянии. Режим движения на горизонтальных и вертикальных участках характеризуется отсутствием пульсаций давления и для участков достаточно удаленных от мест загрузки может характеризоваться как установившийся.

При этом режиме процесс перемещения частиц в трубопроводе происходит скачкообразно, причем, потерянная при ударе о стенку трубопровода часть скорости восстанавливается в процессе движения возникающим сопротивлением при отставании частицы. Поток восстанавливает движение отстающих частиц за счет сил сопротивления.

Восстановление вертикальных составляющих скорости осуществляется за счет развивающихся подъемных сил, возникающих из-за несимметричного обтекания воздухом при отставании частиц от потока, характеризующегося неравномерным полем скорости в поперечном сечении трубы.

2) Транспорт флюидизированного или частично флюидизированного материала в насосных установках. Разжиженный воздухом материал выжимается или нагнетается из ёмкости воздухом с помощью винта или другого механического устройства в транспортный трубопровод. При сравнительно малых скоростях воздуха происходит расслоение смеси, наибольшая концентрация которой сказывается в нижней части сечения трубопровода. При значительном уменьшении скорости основные крупные фракции материала осаждаются и начинается переброска скоплений (волн) материала по нижней части поверхности трубы или по т. н. «подстилающему слою». Может установиться такой режим, при котором флюидизированный материал перемещается скоплениями (пробками), заполняющими все сечение трубопровода. При этом материал уже не находится во взвешенном состоянии, а процесс

Классификация установок пневмотранспорта

Физическая сущность процесса транспорта	Транспорт частиц, взвешенных в трубопроводе потоком воздуха			Транспорт выжиманием с помощью насоса (питателя) флюидизированных или частично флюидизированных воздухом материалов	Гравитационный транспорт флюидизированных воздухом материалов	
Тип установки	I Низконапорный вентиляторный	II Среднеапорный	III Высоконапорный	IV Насосный, сжатым воздухом	V	
Способ транспорта	Всасывающий, нагнетательный, смешанный	Всасывающий, нагнетательный, смешанный	Нагнетательный	Нагнетательный	Гравитационный	
Вид загрузочного устройства	Эжектор, шлюзовой затвор, воронка, сопло	Шлюзовые затворы барабанного или клапанного типа, Всасывающие сопла, эжекторы, Эжекторы с шахтой		Камерный насос-питатель, винтовой насос, пневмоподъемник, пневмопогрузчик, резервуар или цистерна с пневматической выгрузкой	Бункер или силос с пневмопогрузителем, Вагон бункерного типа, Баржа с азрирующим днищем	Аэрационный желоб
Перепад давления	100—1000 мм. в. ст	1000—4000 мм. в. ст	0,5—1,3 $\frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$	1,3—8,0 $\frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$	1,0—2,5 $\frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$	300—600 мм. в. ст
Концентрация смеси μ	0,1 ÷ 2,5	2,5 ÷ 35	5 ÷ 40	5 ÷ 400	< 2000	< 1500
Потери давления	$\Delta P = \lambda_{\text{в}} \frac{L_{\text{прв}}}{d_{\text{т}}} \frac{v_{\text{в}}^2 \gamma_{\text{в}}}{2g} + \lambda_{\text{м}} \mu \frac{L_{\text{прм}} v^2 \gamma_{\text{м}}}{d_{\text{т}} 2g} + \mu \gamma_{\text{м}} H \frac{v_{\text{в}}}{v_{\text{м}}} + \xi_{\text{р}} \mu \frac{v_{\text{в}}^2 \gamma_{\text{в}}}{2g}$			$\Delta P = \sqrt{1 + \lambda_{\text{м}} \frac{\mu L v_{\text{в}}^2}{d_{\text{т}}}} + \mu \frac{\gamma_{\text{м}} H v_{\text{в}}}{10^4 v_{\text{м}}}$		$\Delta P = \gamma_{\text{см}} \cdot H$
Тип воздушной машины	Вентиляторы	Ротационные воздуходувки и компрессоры, Поршневые вакуумнасосы, Центробежные многоступенчатые воздуходувки		Компрессоры, воздуходувки	Компрессоры	Вентиляторы

транспортирования характеризуется сильными пульсациями давления, возникающими вследствие изменений свободного сечения транспортного трубопровода или его полного перекрытия. Первоначальная флюидизация (псевдооживление) в загрузочных устройствах насосного типа производится с помощью специальных форсунок или аэрирующих пористых перегородок. Это состояние флюидизации лучше всего поддерживается на вертикальных участках трубопровода, где происходит интенсивное перемешивание материала с воздухом. При выжимании флюидизированного материала из емкости через вертикальный трубопровод (в пневмоподъемниках) происходит транспортировка в выгодных по расходу энергии условиях. Физическая сущность механизма перемещения частиц заключается в процессе вытеснения сжимаемой смеси из емкости в трубопровод и дальнейшего ее перемещения в различных по степени флюидизации состояниях.

3) Гравитационный транспорт флюидизированных воздухом материалов. Процесс насыщения воздухом, т. е. флюидизация (псевдооживление, аэрирование, аэрация), осуществляется при равномерной подаче воздуха (гл. образом, снизу вверх) через сетку, пористую перегородку или особо расположенные форсунки, жалюзи или др. устройства к материалу, расположенному над аэрирующими устройствами.

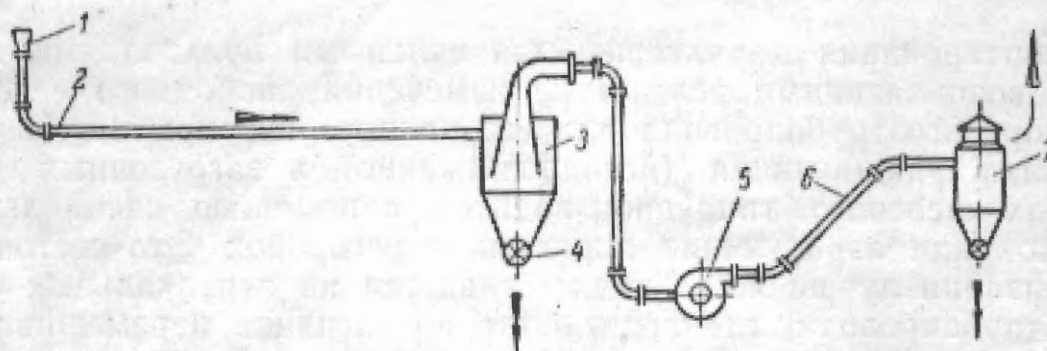
Многие сыпучие материалы при флюидизации (псевдооживлении) приобретают свойства текучести. Подобно жидкости флюидизированный материал может под действием сил тяжести течь по желобам, а также вытекать из отверстий в бункерах и силосах. Важным условием такого течения является поддержание флюидизированного состояния материала на всем участке движения под действием сил тяжести. Для обеспечения такого движения достаточно изменить объемный вес материала с помощью насыщения его воздухом на 15—35%, и трение частиц и их скоплений друг о друга заменяется трением частиц о воздух.

III. КОМПЛЕКСНЫЕ СХЕМЫ УСТАНОВОК ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

Всякая установка трубопроводного пневматического транспорта сыпучих или пылевидных грузов состоит из загрузочного устройства (насос, питатель, сопло, шлюзовой затвор, эжектор), транспортного трубопровода, переключателей трубопровода, отделителя, пылеуловителей или фильтров, воздуходувной машины и приборов управления.

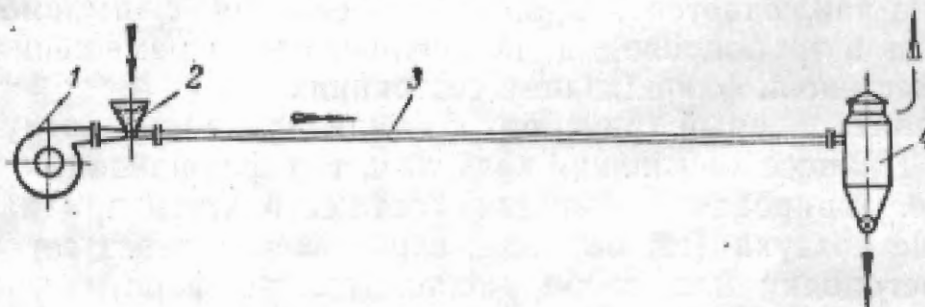
В зависимости от расположения воздуходувной машины и использования той или иной ветви воздухопровода установки могут быть всасывающими, нагнетательными или комбинированными — всасывающе-нагнетательными.

На фиг. 1—12 представлены основные виды комплексных схем установок пневматического трубопроводного транспорта.



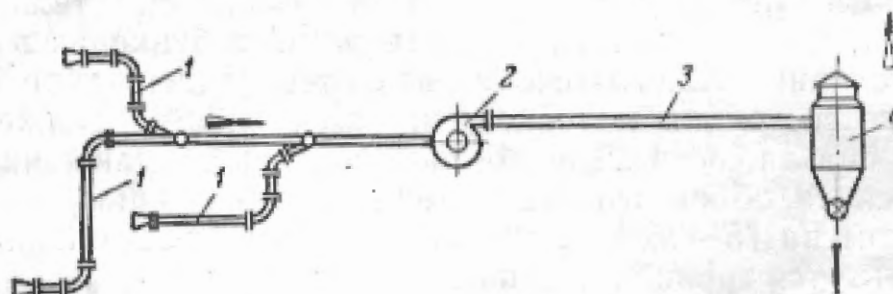
Фиг. 1. Низконапорная всасывающая установка. Тип I:

1 — всасывающее сопло, 2 — транспортный трубопровод, 3 — отделитель-циклон, 4 — шлюзовый затвор, 5 — центробежный вентилятор, 6 — воздуховод, 7 — пылеуловитель-циклон



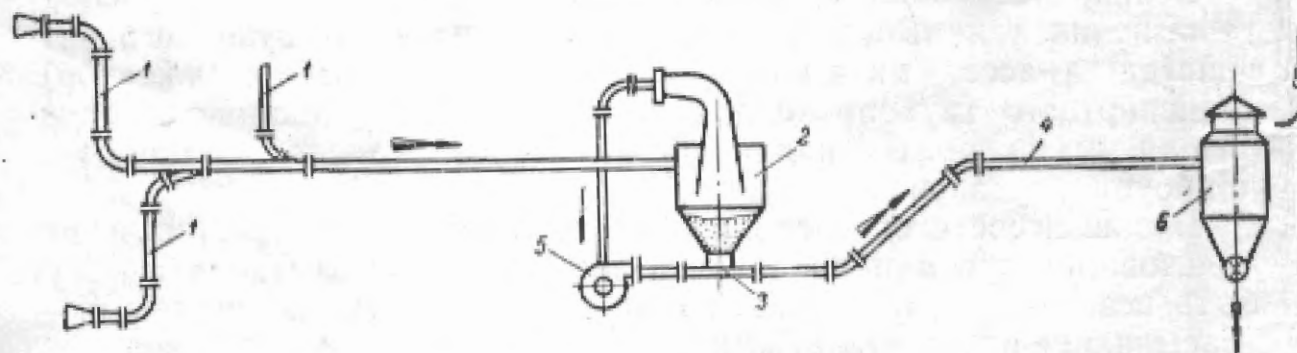
Фиг. 2. Низконапорная нагнетательная установка. Тип I:

1 — центробежный вентилятор, 2 — эжекционная загрузочная воронка, 3 — нагнетательный трубопровод, 4 — центробежный отделитель-циклон



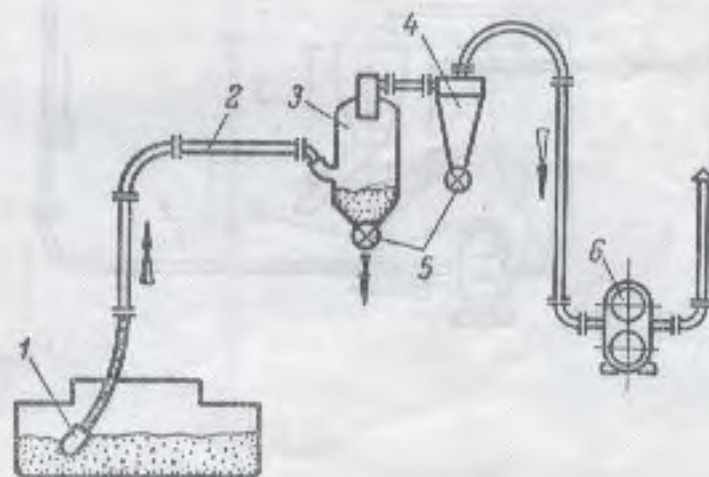
Фиг. 3. Низконапорная вентиляторная всасывающе-нагнетательная установка. Тип I:

1 — разветленный всасывающий трубопровод, 2 — центробежный вентилятор с пропуском материала, 3 — нагнетательный воздуховод, 4 — пылеуловитель-циклон



Фиг. 4. Низконапорная всасывающе-нагнетательная установка. Тип I:

1 — разветленный всасывающий трубопровод, 2 — промежуточный отделитель-циклон, 3 — эжекционная воронка для загрузки, 4 — нагнетательный трубопровод, 5 — центробежный вентилятор, 6 — отделитель-циклон



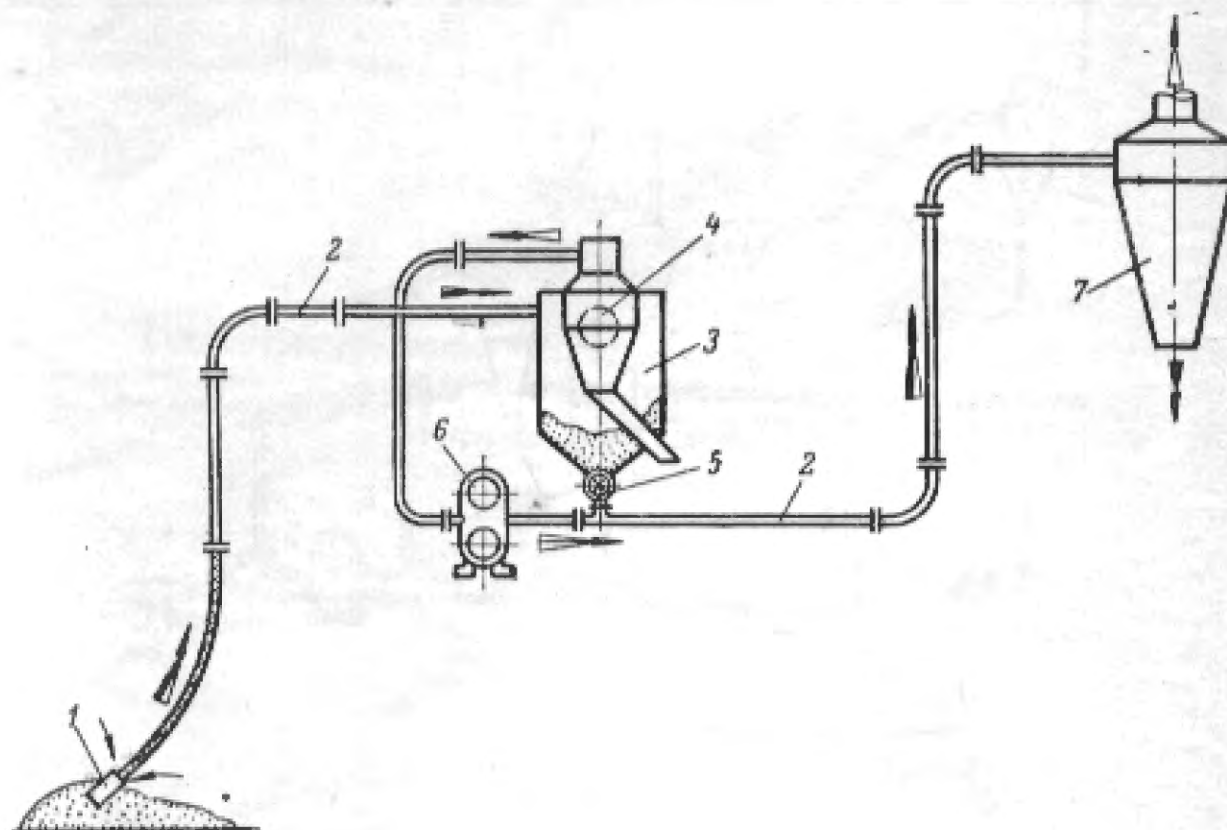
Фиг. 5. Всасывающая установка среднего давления. Тип II:

1 — всасывающее сопло, 2 — транспортный трубопровод,
3 — отделитель, 4 — циклон, 5 — шлюзовый затвор,
6 — воздуходувка



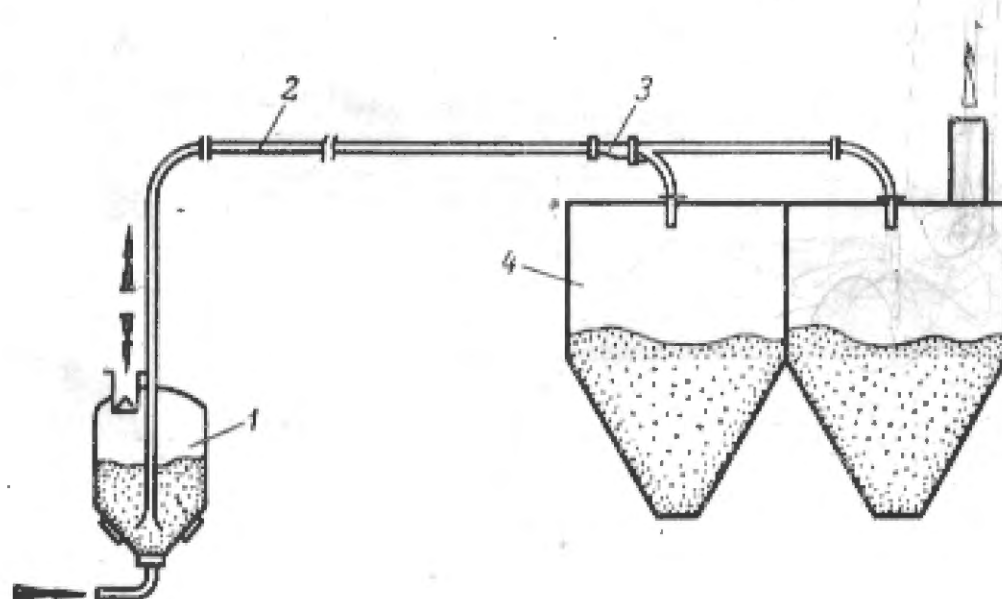
Фиг. 6. Нагнетательная установка среднего давления. Тип II:

1 — барабанный шлюзовый затвор, 2 — транспортный трубопровод,
3 — бункер-отделитель



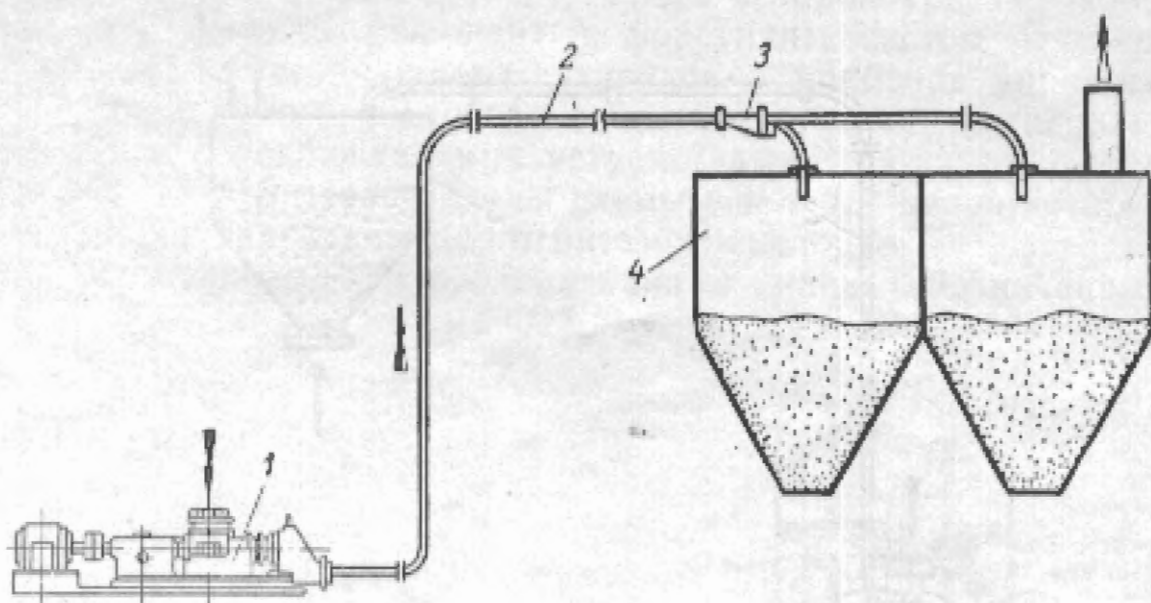
Фиг. 7. Всасывающе-нагнетательная установка. Тип II:

1 — всасывающее сопло, 2 — транспортный трубопровод, 3 — отделитель, 4 — пылеуловитель циклон, 5 — шлюзовый затвор, 6 — воздуходувка, 7 — отделитель



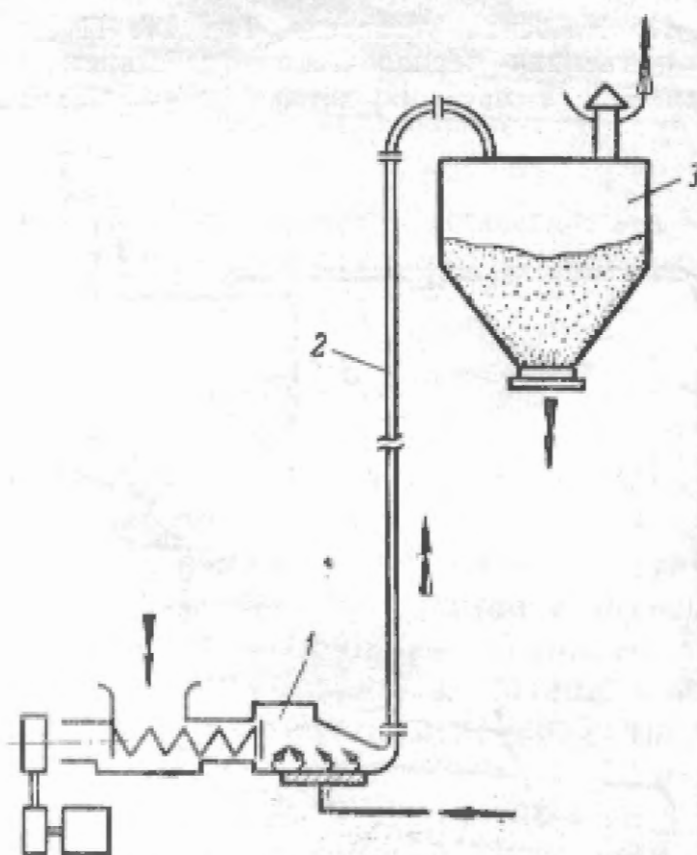
Фиг. 8. Насосная установка. Тип IV:

1 — камерный питатель, 2 — транспортный трубопровод, 3 — переключатель трубопровода, 4 — бункеры



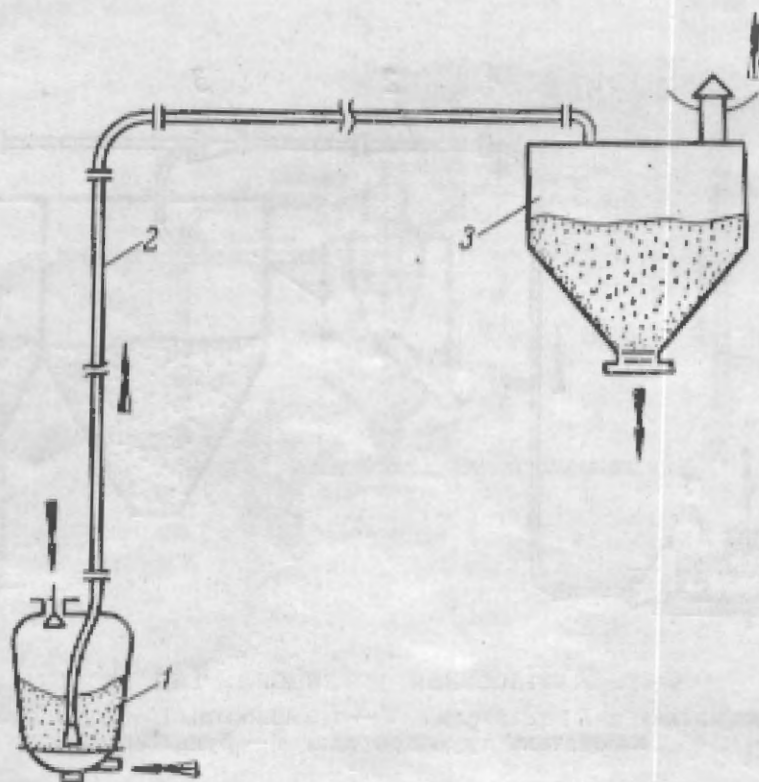
Фиг. 9. Насосная установка. Тип IV:

1 — винтовой пневматический питатель, 2 — транспортный трубопровод, 3 — переключатель трубопровода, 4 — бункеры

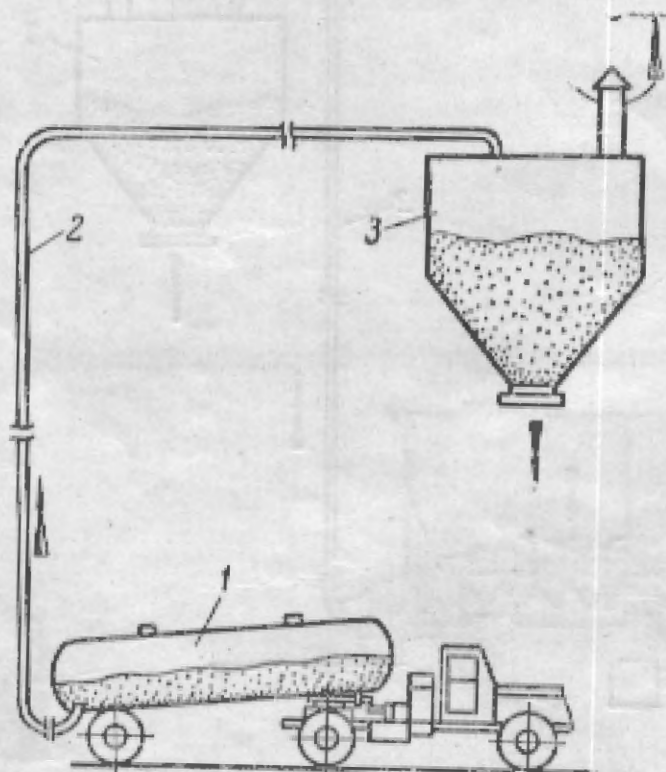


Фиг. 10. Насосная установка. Тип IV. Пневмо-подъемник непрерывного действия:

1 — винтовой питатель с аэрирующей камерой, 2 — транспортный трубопровод, 3 — бункер



✓ Фиг. 11. Насосная установка. Тип IV. Пневмо-подъемник периодического действия:
1 — камера с аэрирующим днищем, 2 — транспортный трубопровод, 3 — бункер



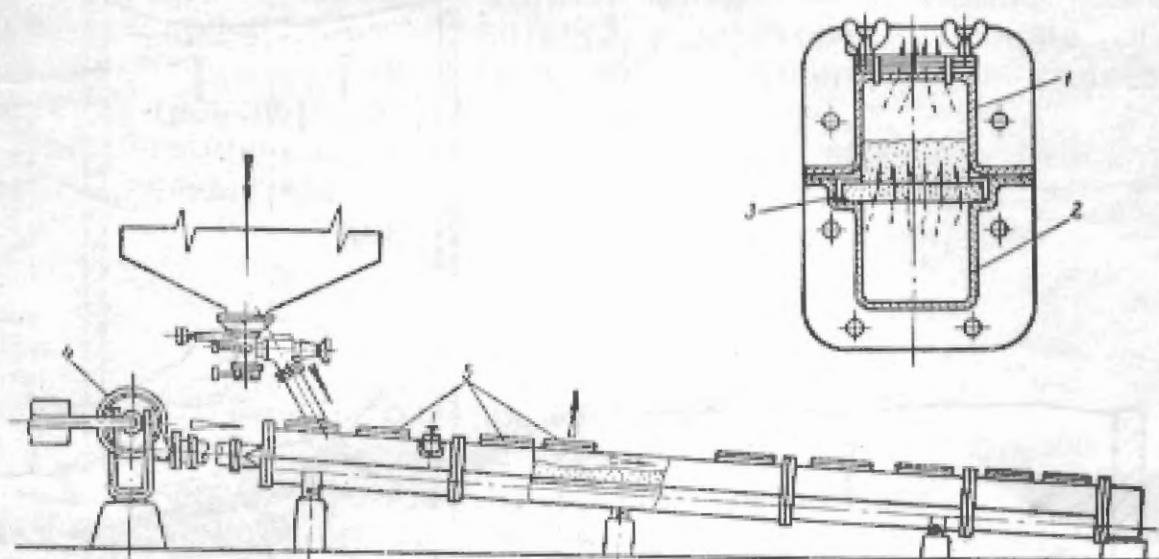
Фиг. 12. Насосная установка. Тип IV. Автоцементовоз с пневматической выгрузкой:

1 — цистерна с аэрирующим лотком, 2 — трансформаторный трубопровод, 3 — бункер.

Установки гравитационного пневмотранспорта пылевидных флюидизированных воздухом материалов состоят из емкости (бункера, силоса, баржи и т. д.), днище которой устлано аэрирующими устройствами (аэроплитки, форсуны), систем регулируемого выпуска, подводящих воздухопроводов и приборов управления или из аэрационных желобов с вентиляторными установками, фильтрами и переключающими устройствами.

На фиг. 13—15 представлены схемы основных видов комплексных установок гравитационного пневмотранспорта.

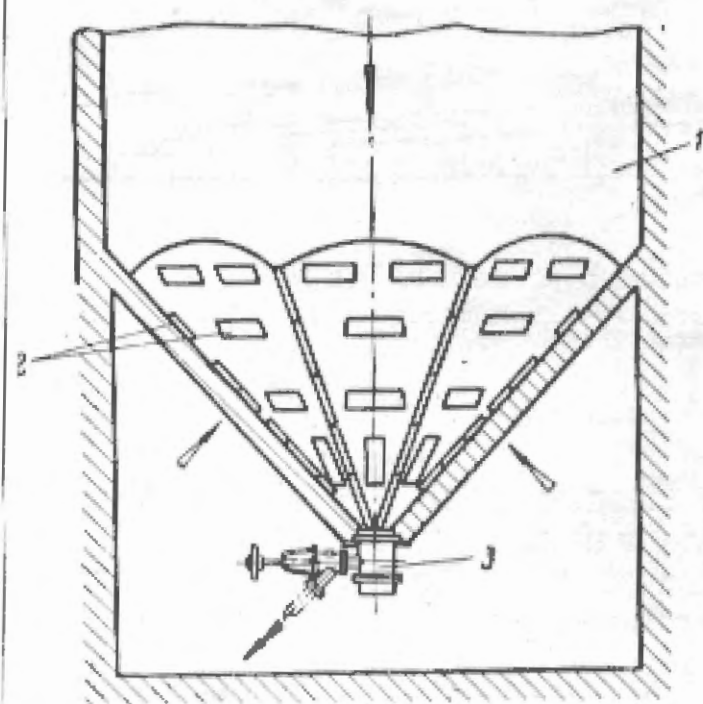
Все установки можно разделить на 5 типов (обозначенных в



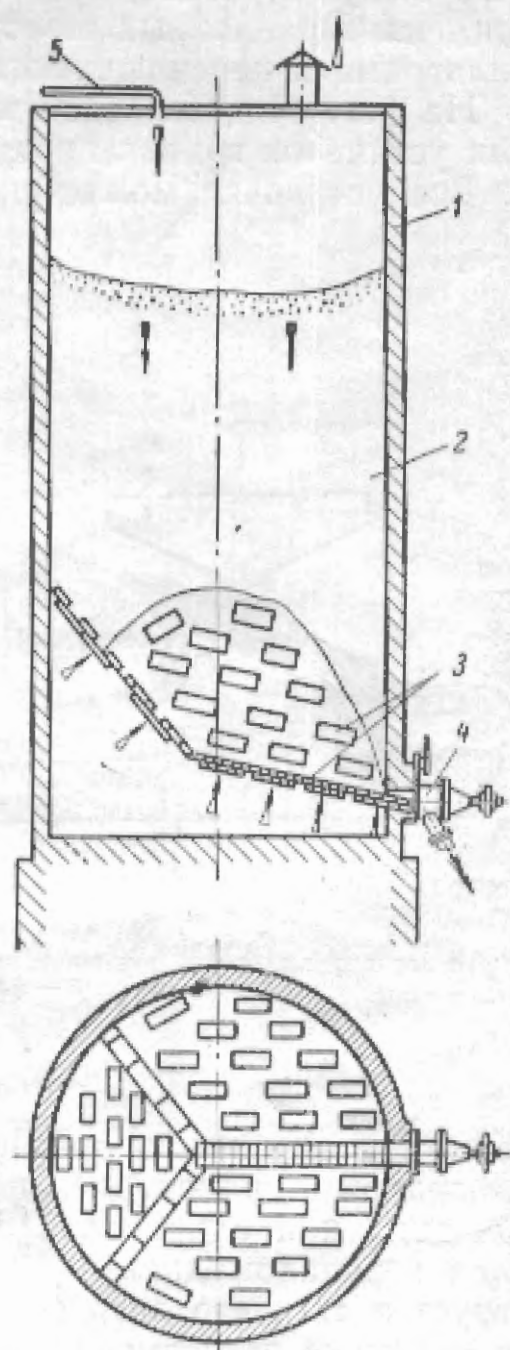
Фиг. 13. Гравитационные установки. Тип V;

1 — верхнее крыто, 2 — нижнее крыто, 3 — пористая перегородка, 4 — вентилятор, 5 — фильтры матерчатые

табл. I римскими цифрами). Первые четыре относятся к трубопроводному транспорту, последний к гравитационному. Первые три типа при одинаковой физической сущности процесса отличаются перепадом давлений. IV тип (насосные установки) характеризуется тем, что загрузочное устройство с помощью винта или воздухом из резервуара как поршнем выжимает флюидизированный или частично флюидизированный материал в трубопровод и далее в ряде случаев с добавлением воздуха транспортируется к месту назначения. V тип (гравитационный) характеризуется тем, что флюидизированный воздухом материал направляется из емкости через отверстие или по специальному желобу до места назначения подобно жидкости. В зависимости от того, какая ветвь воздуходувной машины, всасывающая или нагнетательная, используется, вид установки относится к всасывающему или нагнетательному. Как показано на фиг. 3, 4, 7, существуют и установки смешанного, комбинированного типа.



Фиг. 14. Гравитационные установки. Тип V:
1 — силос, 2 — аэрирующие пористые плиты,
3 — донный пневмовыгрузчик



Фиг. 15. Гравитационные установки. Тип V:
1 — силос, 2 — транспортируемый ма-
териал, 3 — аэрирующие пористые
плиты, 4 — боковой пневмовыгруз-
чик, 5 — транспортный трубопровод

IV. СКОРОСТЬ ВИТАНИЯ

Скоростью витания частицы называется скорость восходящего потока воздуха, при которой вес частицы уравнивается подъемной силой потока. Частица в это время не имеет абсолютной скорости. Скорость витания равна скорости равномерного осаждения частицы в неподвижном воздухе. Падение становится равномерным после приобретения частицей скорости, при которой сила сопротивления воздуха становится равной силе тяжести.

Знание величины скорости витания или скорости равномерного осаждения частиц необходимо при расчете вертикальных участков пневмоустановок, при определении физико-механических свойств материала, при расчете отделителей, сепараторов и циклонов, и она является одним из параметров, определяющим условия пневматического транспортирования частицы.

При равномерном осаждении частиц шаровой формы сопротивление движению частиц относительно воздуха

$$W = \Psi \cdot F \cdot \frac{v_m^2 \cdot \gamma_v}{2g}, \quad (1)$$

где Ψ — коэффициент сопротивления движению;

F — миделево сечение частицы;

v_m — скорость относительного движения частицы;

γ_v — объемный вес воздуха.

Если форма частицы близка к шаровой, то вес частицы можно выразить

$$G = \frac{\pi \cdot d_m^3}{6} (\gamma_m - \gamma_v), \quad (2)$$

где d_m — диаметр частицы;

γ_m — средний удельный вес материала.

Так как витание имеет место при $W = G_m$, а объемным весом воздуха γ_v по сравнению с γ_m можно пренебречь, то из уравнений 1 и 2 можно получить значение

$$v_k = v_m,$$

где v_k — скорость витания;

$$v_k = 3,62 \sqrt{\frac{d_m}{\Psi} \cdot \frac{\gamma_m}{\gamma_v}} \text{ м/сек.} \quad (3)$$

Полагая для данного диаметра частицы d_m ; Ψ и γ_v постоянными, получим в общем виде

$$v_k = K \sqrt{\gamma_m} \text{ м/сек.} \quad (4)$$

Приравнивая W силе веса G_m (частицы с диаметром d_m), можно выразить скорость v_k также и через значения критерия Рейнольдса:

$$v_k = \frac{Re \cdot \nu}{d_m}; \quad \Psi \cdot Re = \frac{4}{3} \left(\frac{g}{\gamma_s \cdot \nu^2} \right) \cdot \gamma_m \cdot d_m^3 \text{ м/сек.} \quad (5)$$

$$\text{При } \gamma_s = 1,2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

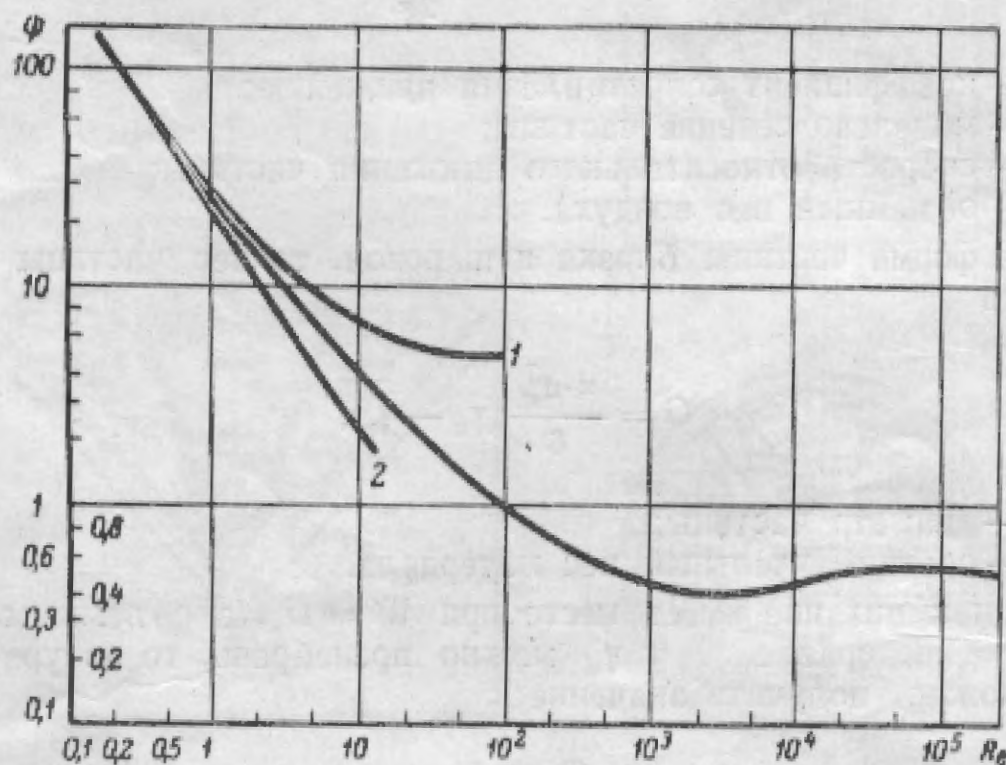
$$\nu = 0,145 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^2}{\text{сек}};$$

$$t = 20^\circ\text{C};$$

$$P = 760 \text{ мм рт. ст.}$$

$$\Psi \cdot Re^2 = 5,074 \cdot 10^{10} \cdot \gamma_m \cdot d_m^3. \quad (6)$$

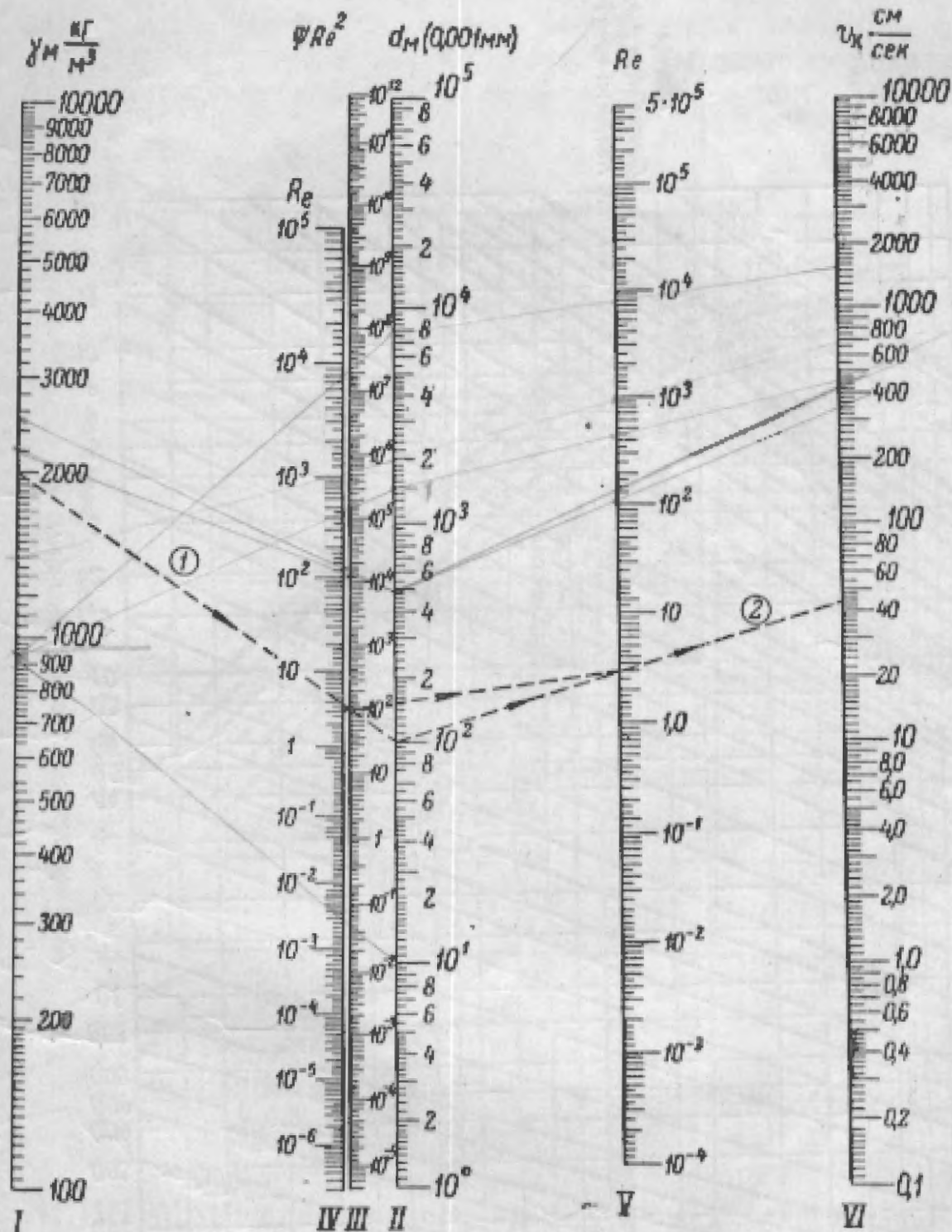
Зависимость между Ψ и Re , а также значения $\Psi \cdot Re^2$ характеризуются опытной кривой, изображенной на фиг. 16.



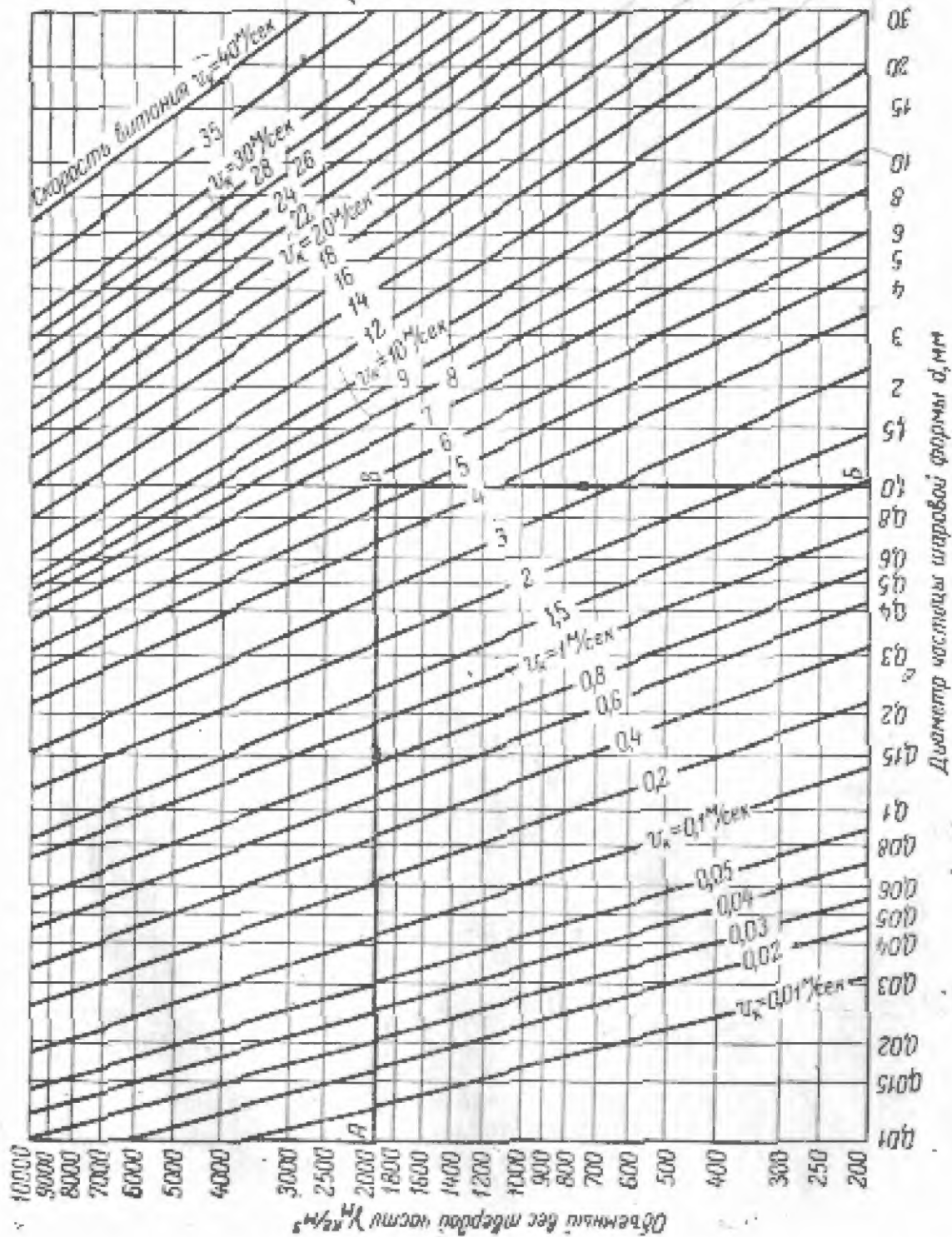
Фиг. 16. График зависимости Ψ и Re и значений $\Psi \cdot Re^2$.

По заданным d_m и γ_m для каждого материала определяется $\Psi \cdot Re^2$. Имея зависимость между $\Psi \cdot Re^2$ и Re , можно определить соответствующую скорость равномерного падения частицы.

Для ускорения расчетов на фиг. 17 приведена номограмма с выравненными точками, дающих возможность определить скорости витания для тел шаровой формы.



Фиг. 17. Номограмма для определения скорости вращения v_k :
 $\tau_B = 1.2 \text{ кг/м}^3$; $\nu = 0.145 \text{ см}^2/\text{сек}$; $t = 20^\circ\text{C}$, $P = 700 \text{ мм рт. ст.}$. Ключ: $\gamma_M - d_M - \psi Re^2 \dots (1)$;
 $d_M - Re - v_k \dots (2)$, по совмещенным шкалам $\psi Re^2 - Re$ находится Re , соответствующее полученному ψRe^2 .



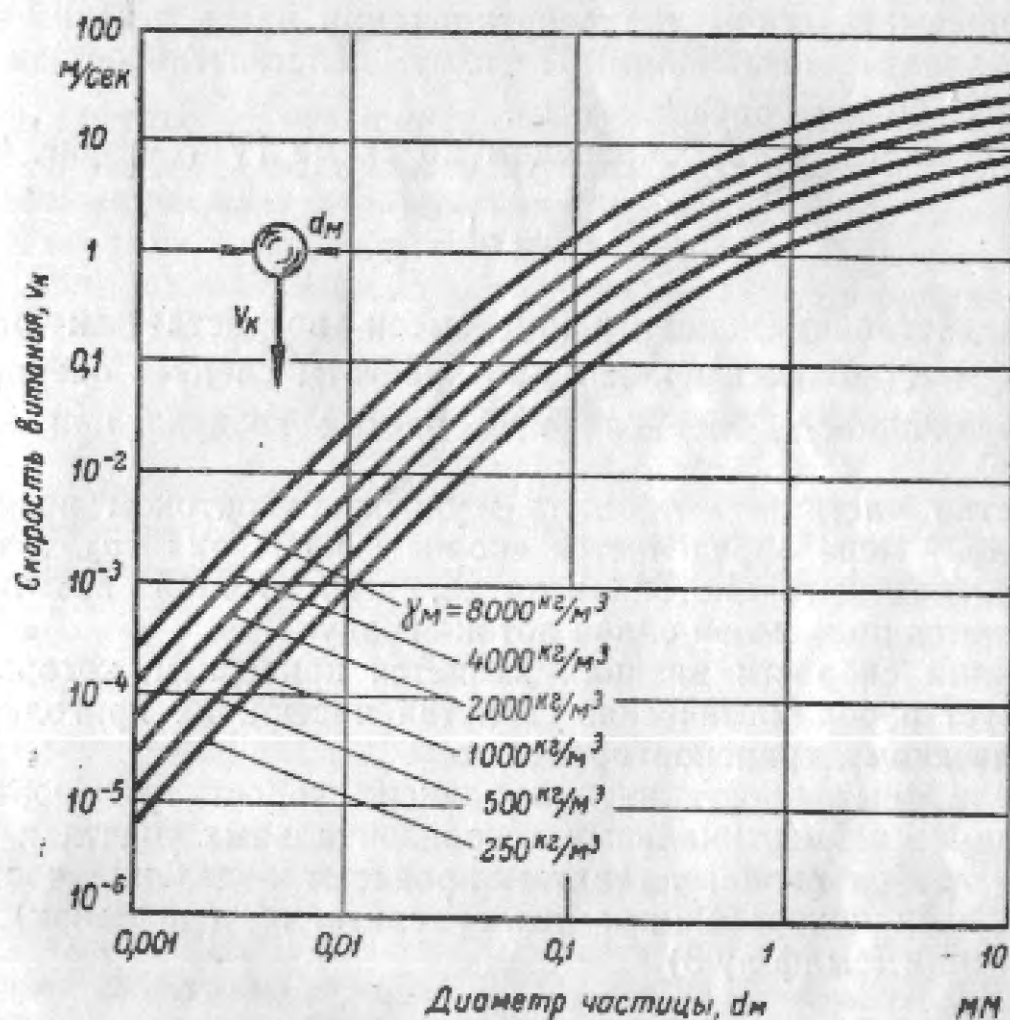
Пример
 Дано: $d = 1 \text{ мм}$, $\gamma_{\text{тв}} = 2000 \text{ м}^3/\text{м}^3$
 Найти: $v_s = 5 \text{ м/сек}$

Фиг. 18. Нахождение скорости витания v_s тел шаровой формы при $t = 20^\circ$ и $P = 1 \text{ атм}$ (по Лобачеву)

Значение ψ берется в зависимости от Re в пределах от $Re=10^{-4}$ до $Re=5 \cdot 10^5$.

Для ориентировки приводим также номограммы, составленные проф. Лобасвым и Бартом (фиг. 18, 19).

Номограммы дают некоторые расхождения значения скорости витания для одних и тех же частиц, и мы поэтому рекомендуем пользоваться первой, основанной на экспериментальной зависимости.



Фиг. 19. Номограмма для определения скорости витания v_k тел шаровой формы (по Барту)

ВНИИПТМАШ для определения физико-механических свойств материалов, состоящих из частиц разной крупности и формы, применяет метод отсевивания частиц по скорости витания.

V. СКОРОСТЬ ТРАНСПОРТИРУЮЩЕГО ВОЗДУХА

Устойчивое транспортирование материалов по трубопроводу возможно лишь при обеспечении достаточной скорости транспортирующего воздуха v_n . Для обычных установок пневматического

транспорта близкое к расчетному истинное среднее значение скорости воздуха определяется как отношение

$$v_b = \frac{V_b}{F_T} = \frac{V_b}{\frac{\pi \cdot d_T^2}{4}} \text{ м/сек}, \quad (7)$$

где F_T — сечение трубопровода;

V_b — расход воздуха в $\text{м}^3/\text{сек}^1$.

При пневматическом транспортировании часть сечения трубопровода занята материалом. Поэтому действительное значение скорости v_b^1 больше расчетного v_b .

Для установок с трубопроводом по схеме IV (см. фиг. 8—12)

$$v_b \approx v_b^1.$$

С возрастанием концентрации смеси возрастает и разница между v_b^1 и v_b . В дальнейшем для простоты следует оперировать только величиной v , определяющей расход воздуха при данном диаметре.

Свойство частицы материала — уноситься потоком воздуха — в известной мере определяется скоростью витания v_k , т. е. скоростью восходящего потока воздуха, при которой все частицы уравниваются подъемной силой потока воздуха.

Величина скорости витания является критерием, который характеризует аэродинамические свойства частиц, их пригодность к пневматическому транспортированию.

От величины скорости витания зависит скорость транспортирующего воздуха на вертикальных и горизонтальных участках транспортного трубопровода, а также процессы отделения частиц в отделителях и центробежных пылеуловителях (циклонах). Скорость витания (см. ф-лу 3)

$$v_k = k \sqrt{\frac{\gamma_m}{\gamma_b} \cdot d_m} \text{ м/сек} \quad (8)$$

тем больше, чем больше размер и удельный вес частиц материала и чем меньше плотность воздуха.

Таким образом для частиц определенной крупности, витающих в воздухе, при постоянных параметрах в общем виде

$$v_k = k' \sqrt{\gamma_m} \text{ м/сек}.$$

Но скорость транспортирующего воздуха v_b сама является функцией от v_k и поэтому

$$v_b = \alpha \sqrt{\gamma_m} \text{ м/сек}, \quad (9)$$

где значение α в настоящее время не может быть точно определено аналитически.

Скорость транспортирующего воздуха на участке с давлением, близким к атмосферному, т. е. на выпуске в нагнетательной установке и у среза сопла во всасывающей для $\gamma_b = \text{const} = 1,2 \text{ кг/м}^3$, рекомендуется определять по эмпирическому уравнению, которое учитывает также в насосных установках (тип IV) изменение объемного веса воздуха при больших длинах транспортировки (свыше 100 м).

$$v_b = \alpha \sqrt{\gamma_m} + BL_{\text{пр}}^2 \text{ м/сек}, \quad (10)$$

где α — опытный коэффициент, учитывающий свойства материала и схему транспортного трубопровода (см. фиг. 23);

B — коэффициент, учитывающий изменение удельного веса воздуха, которое происходит в связи с изменением значения абсолютной скорости движения его на начальном участке (B применяется равным $(2 \div 5) \cdot 10^{-5}$). Меньшие значения следует принимать для сухих, малоабразивных грузов, а большие — для комкующихся, абразивных, тяжелых);

$L_{\text{пр}}$ — приведенная длина транспортирования.

Для схем трубопроводов I, II, III значение BL^2 мало и поэтому им можно пренебречь. Для этих случаев уравнение примет вид

$$v_b = \alpha \sqrt{\gamma_m}. \quad (11)$$

Меньшие значения α следует применять для малых высот подъема, для более легких частиц, обладающих меньшей скоростью витания, для меньшего числа колен, для сухих материалов, при хорошей адсорбции воздуха, для весьма гладких труб.

Табл. 2

Значения коэффициента α для пылевидных материалов в зависимости от схемы трубопровода

Схема трубопровода	$L_{\text{пр}} = (L_r + H)_m$	α	Примечание
Схема I	H	3—8	$L_{\text{пр}}$ определяется с учетом $\Sigma l_{\text{эл}} + \Sigma l_{\text{эк}}$
Схема II	$(3 \div 15) + H$	4—9	
Схема III	$(15 \div 60) + H$	5—10	
Схема IV	> 60	10—18	

При определении значений коэффициента α с учетом крупности частиц груза, главным образом, для схемы IV следует пользоваться значениями α , приведенными в таблице 3.

Значение коэффициента α

Род материала	Характерные размеры частиц	α
Пылевидный	1—1000 микрон	10—18
Зернистый однородный	1—10 мм	17—20
Мелкокусковой однородный	10—40 мм	17—22
Среднекусковой однородный	40—80 мм	22—25

VI. ТРАНСПОРТИРУЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ (ГРУЗЫ)

В существующих установках пневматического транспорта перемещаются сыпучие материалы с ограниченной влажностью, малоабразивные, с крупностью частиц до 100 мм, нелипкие, нецепляющиеся, с температурой до 500°С.

Для правильного выбора типа установки необходимо знание следующих физико-механических свойств материалов:

1 — состав по крупности; 2 — состав по скорости витания; 3 — удельный вес; 4 — объемный вес; 5 — влажность; 6 — форма частиц; 7 — твердость; 8 — абразивность; 9 — липкость; 10 — комкуемость; 11 — пористость.

Рассмотрим основные свойства материалов, влияющие на условия пневматического транспортирования.

1) Состав материала по крупности (гранулометрический состав) определяется ситовым анализом — просеиванием пробы последовательно через ряд сит. Результаты ситового анализа наносятся на специальные графики, характеризующие состав материала по крупности частиц (фиг. 20).

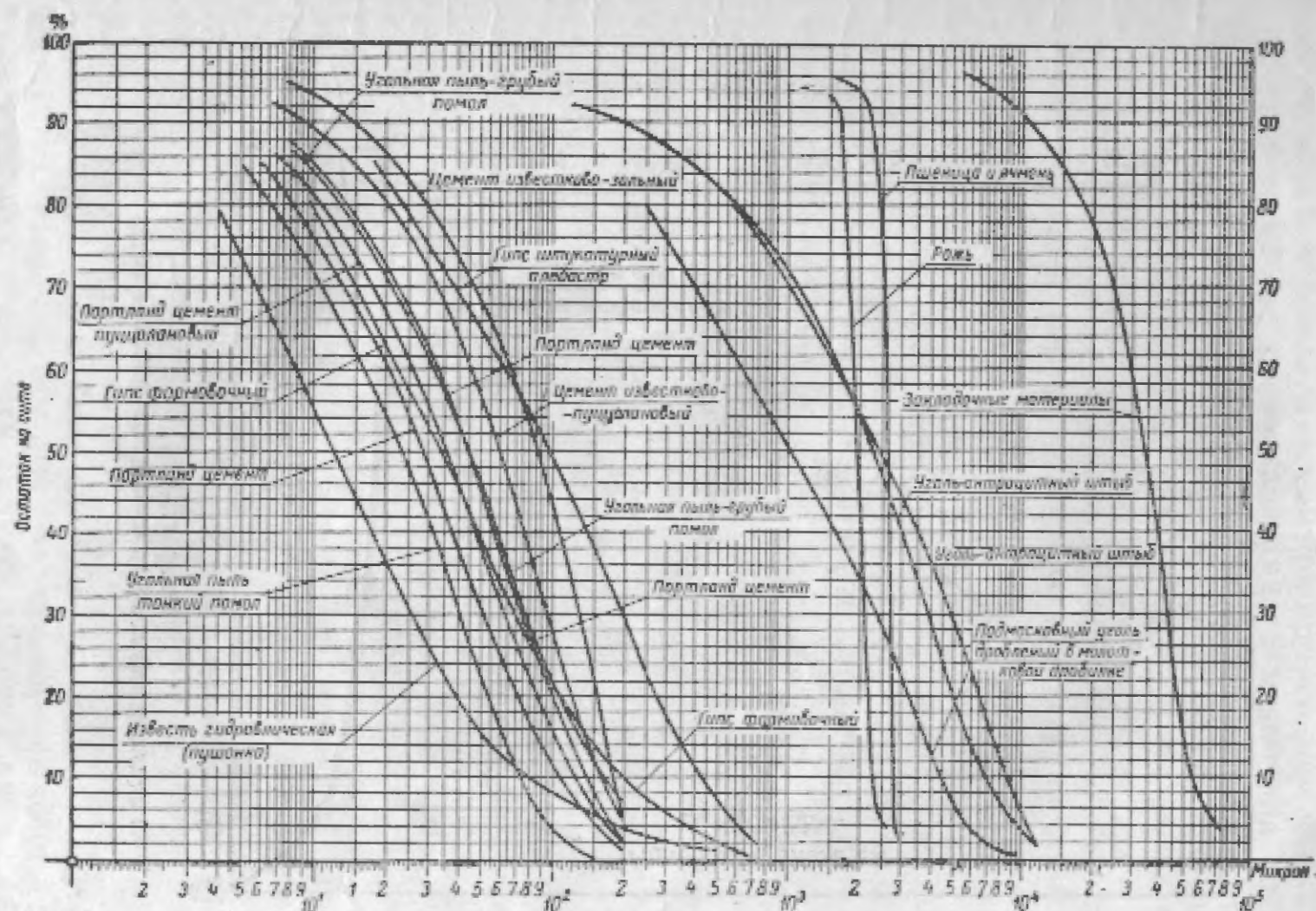
2) Скорость витания для материала, состоящего из частиц разных размеров, имеющих различные скорости витания, определяется методом отвеивания на специальных приборах. Результаты отвеивания наносят на графики, характеризующие аэродинамические свойства материала и позволяющие определить для него среднюю скорость витания.

Средняя скорость витания материала определяется по кривой отвеивания как скорость воздуха, при которой в трубе витания остается 25% частиц по весу от общего количества загруженного в прибор материала (фиг. 21).

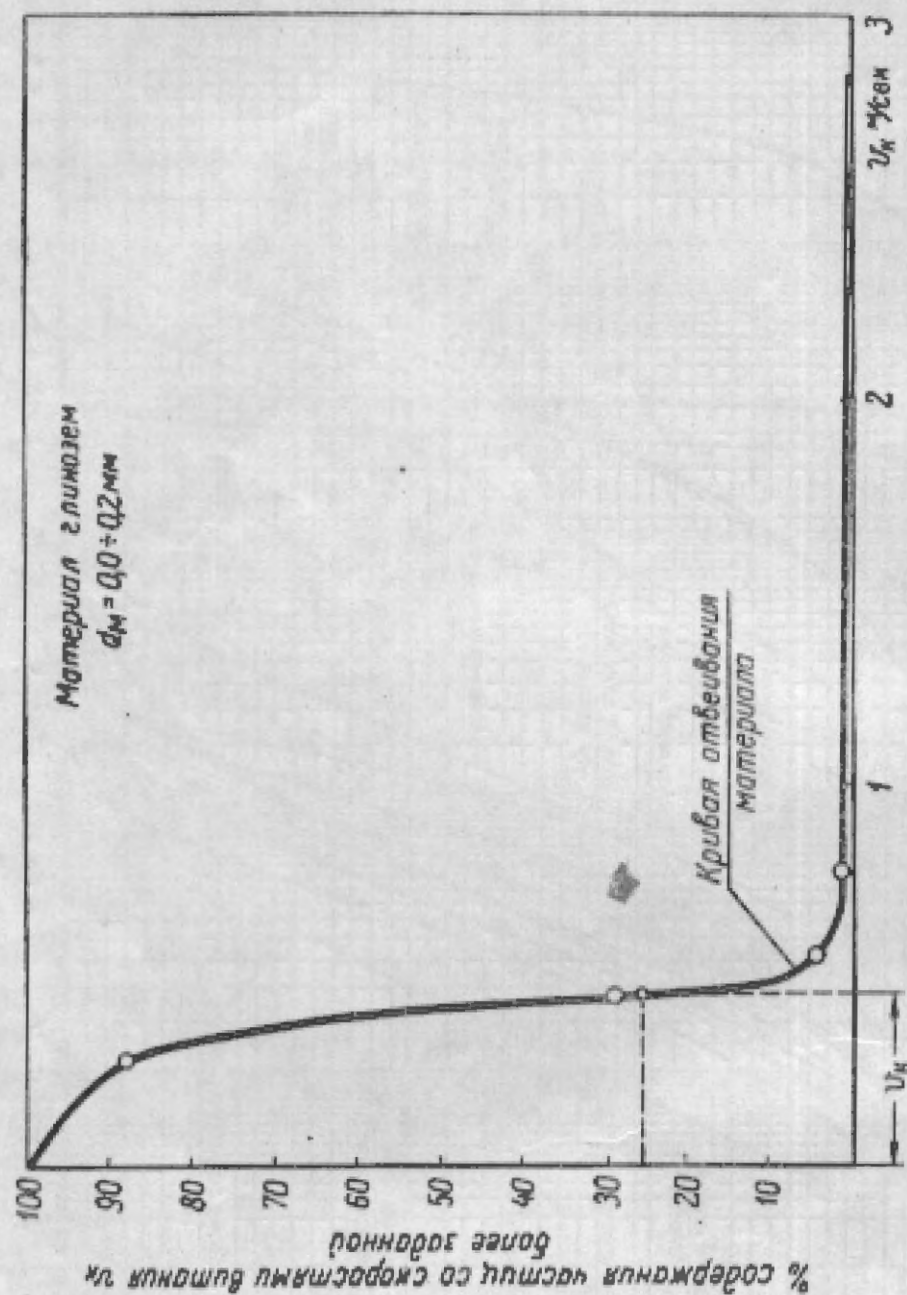
3) Удельным весом сыпучего материала γ_m (т/м^3); (г/см^3) называется средний удельный вес составляющих его частиц.

4) Объемным или насыпным весом сыпучего материала γ^0 (т/м^3); (г/см^3) называется вес единицы объема, занимаемого этим материалом.

Объемный вес материала в основном зависит от трех факторов: 1 — удельного веса γ_m ; 2 — пористости m ; 3 — влажности. От величины объемного веса материалов зависят размеры проектиру-



Фиг. 20. Характеристические кривые крупности частиц материалов, транспортируемых пневматическим способом



Фиг. 21. Кривая отсевания

емых емкостей, загрузочных устройств, отделителей, резервуаров, цистерн, бункеров и силосов.

Величина объемного веса изменяется также в зависимости от расположения частиц, обусловленного процессом перемещения или воздействия воздушного потока на частицы.

Для пылевидных материалов следует различать три вида объемного веса материала, важных при проектировании:

γ_0 —объемный вес свеженасыпанного материала (приводится во многих справочниках);

γ_y —объемный вес материала после утряски, произведенной на специальном приборе до момента достижения минимального неизменяемого объема;

γ_a —объемный вес интенсивно аэрируемого материала (флюидизированный материал характеризуется началом отрыва частиц от поверхности слоя).

Значения объемных весов для некоторых типичных пылевидных материалов приведены в таблице 5.

5) Влажность транспортируемых материалов. Условия флюидизации порошкообразных материалов, их сыпучесть и транспортабельность в установках пневматического транспорта во многом зависит от их влажности.

Обычно под влажностью материала понимают отношение количества влаги, находящейся в материале, к весу этого же количества сухого материала, т. е. к весу твердых частиц материала

$$\varphi = \frac{G_2}{G_1}. \quad (12)$$

Влажность материала определяется путем взвешивания заданной порции материала при естественной влажности и после высушивания образца до постоянного веса при температуре 105° С.

Влажность материалов не характеризует в полной мере свойств, связанных с аэрированием и сыпучестью материала, и это обстоятельство, как показали наблюдения и опыты, зависит от внутреннего распределения различных видов влаги в массе частиц. Это распределение определяется способом увлажнения материала, характеристикой внутренней и внутричастичной пористости его, временем увлажнения, размером и формой частиц. Для того, чтобы разобраться в этом, рассмотрим виды влаги, находящейся в массе материала.

На фиг. 22 изображена схема распределения влаги в сыпучем материале. Следует считать, что существует шесть видов влаги, определяющих влажность сыпучих материалов.

Молекулы воды, прилегающие непосредственно к самой поверхности частиц материала, подвержены весьма значительным силам электромолекулярного притяжения. Эту часть влаги нельзя отделить даже центрофугированием, развивающим силы, превосходящие силы тяжести в несколько десятков тысяч раз.

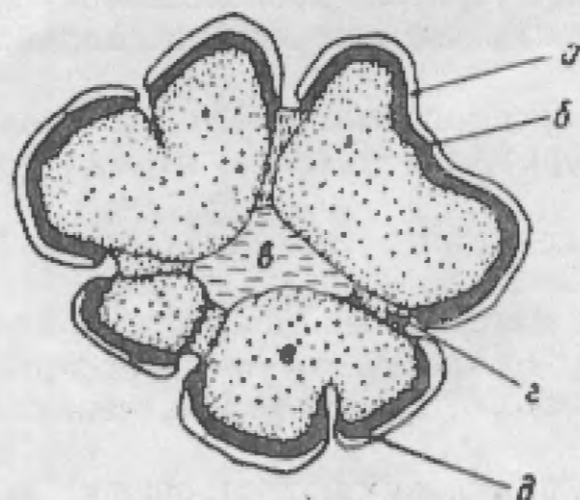
Этот вид влаги, называемый **прочносвязанной** или **адсорбированной** водой, имеет иные свойства, чем свободная вода и, как показали исследования проф. Б. В. Дерягина и др., находится в особо твердом состоянии. Ее молекулы не обладают подвижностью и ориентированы в строгом порядке в виде цепочек.

Толщина слоя прочносвязанной влаги, прилегающей к поверхности твердых частиц, измеряется величиной нескольких десятков расположенных рядом молекул.

Прочносвязанная влага в свою очередь связывает и направляет молекулы воды, прилегающие к ним. Этот вид влаги называется

рыхлосвязанной или **лиосорбированной** водой. Отличие ее от прочносвязанной заключается только в интенсивности связи частиц. Нельзя точно установить границы между прочно и рыхлосвязанной влагой, но известно, что толщина слоя прочносвязанной воды не превышает нескольких микрон. В отдельных случаях количество прочносвязанной воды может достигать до 30% веса материала, а рыхлосвязанной — до 1500%, т. е. количество рыхлосвязанной воды может быть очень велико.

Кроме того, с твердыми частицами связана **свободная вода** **в**, которая заполняет поры



Фиг. 22. Схема влажного сыпучего материала:

а) прочносвязанная вода (адсорбированная), б) рыхлосвязанная вода (лиосорбированная), в) вода в межчастичном пространстве, г) вода контактная, д) вода во внешних порах, е) внутричастичная вода

между частицами, т. е. вода в межчастичном пространстве, **г** — вода контактная, образующая пленку в месте касания частиц, **д** — вода капиллярная на внешних порах, сообщаемая с водой в межчастичных пространствах через сравнительно большие сечения пор, и **е** — внутричастичная вода, заполняющая поры внутри частиц и связанная со свободной водой через поры очень малого сечения.

Влияние различных видов влаги, содержащейся в сыпучем материале, на его способность к аэрированию и сыпучесть может быть объяснено следующим.

Пригодность материала к аэрированию (флюидизации) определяется интенсивностью разделения его частичек при прохождении восходящего потока воздуха через слой материала. Если же частички сцеплены между собой, то флюидизация происходит неустойчиво, циркуляции в слое нет или она ограничена, имеет место каналообразование, сыпучесть материала плохая.

Очевидно, что сыпучесть и пригодность к флюидизации не зависят от прочносвязанной воды и от внутричастичной воды. Рыхлосвязанная вода частично влияет на сцепляемость частиц. Основ-

ное влияние происходит от контактной воды и воды, содержащейся в межчастичном пространстве.

Следовательно, для определения основных свойств материалов, связанных с флюидизацией и сыпучестью, важно не общее значение влажности, а соотношение различных видов влаги, находящейся в материале. Следует отметить, что порошкообразные материалы с пористыми гидрофильными частицами сохраняют сыпучесть и высокую степень пригодности к флюидизации при большой общей весовой влажности, например, угольная пыль хорошо аэрируется при влажности, достигающей до 10%. Это объясняется тем, что поры частиц угольной пыли засасывают много воды, при этом воды в межчастичном пространстве и контактной воды в угольной пыли почти нет. Что касается молотого кварцевого песка, не имеющего внутричастичных пор, то даже небольшой процент влаги, образуя виды воды *в* и *г*, создает большую сцепляемость частиц, лишая их свойств аэрирования и сыпучести. Отсюда можно сделать вывод, что более пористые порошкообразные материалы с более тонкими частицами, с гидрофильными свойствами лучше аэрируются, чем материалы с частицами без внутренних пор, имеющими большой размер, и плохо сцепляющиеся с водой.

Условия, при которых произошло увлажнение, также имеют существенное значение при аэрировании материала или организации его движения в массе.

Если увлажнение происходит при распыливании влаги и связывании ее с материалом в технологическом процессе или испытаниях, следует учесть, что для заполнения пор и осуществления равномерности распределения влаги в материале требуется значительное время. Искусственно увлажненный материал характеризуется преобладанием контактной воды, воды в межчастичном пространстве и рыхлосвязанной воды, так как внутричастичные поры и внешние поры заполняются очень медленно.

Все это свидетельствует о том, что многие данные о влажности не характеризуют в полной мере ее свойств при флюидизации, при пневматическом транспортировании в пневможелобах или камерном питателе. Материал, длительно находящийся в примерно одинаковых условиях, приобретает естественную влажность более или менее однородную по своим свойствам.

Искусственное увлажнение материала, производимое в короткие сроки, увеличивает количество воды *в* и *г* (фиг. 22) по отношению *д*, *б* и *е*, что значительно снижает способность материала аэрироваться в восходящем потоке воздуха.

б) Абразивностью или истирающей способностью сыпучих материалов называется способность частиц этих грузов истирать поверхность труб, колен, переключателей, отделителей и др. деталей оборудования. Степень истирающей способности материалов зависит от твердости, размера и формы частиц, а также от способа и режима транспортировки.

Твердость частиц характеризуется десятибалльной шкалой, в

которой за единицу сравнения принята твердость следующих эталонных материалов, начиная от наиболее мягкого.

Табл. 4

Твердость материалов по МООСУ

Тальк	1
Гипс, каменная соль	2
Известковый шпат, медь	3
Плавиковый шпат, железо	4
Апатит, никель	5
Полевой шпат, молибден	6
Кварц, тантал	7
Топаз	8
Сапфир, корунд, хром	9
Алмаз	10

Для возможности суждения об абразивных свойствах разных материалов в условиях пневмотранспорта ВНИИПТМАШ²ем проведены сравнительные испытания их на специальных приборах. Эталоном является цемент, по транспортированию которого имеется длительный опыт эксплуатации различных установок пневмотранспорта.

Т. к. износ происходит при разных скоростях движения частиц относительно труб и др. деталей, то опыты производились для разных скоростей относительного движения. За единицу коэффициента абразивности принят износ стального образца по весу при воздействия на него цемента, движущегося с заданной относительной скоростью в течение заданного времени.

Табл. 5

Объемные веса, пористость и абразивность некоторых типичных материалов

Наименование материала	Удельный вес (кажущийся) γ_m в $т/м^3$	Объемный вес γ_0 в $т/м^3$	Объемный вес (угре-сенный) γ_u в $т/м^3$	Объемный вес (аэри-розованный) γ_a в $т/м^3$	Пористость $m = 1 - \frac{\gamma_0}{\gamma_m}$	Коэффициент абразивности	
						$v_h = 1 \text{ м/сек}$	$v_b = 100 \text{ м/сек}$
Цемент	3,2	1,1	1,43	0,9	0,65	1,0	1,0
Глинозем	3,85	0,96	1,22	0,89	0,75	0,2	0,8
Сода кальцинированная	2,46	0,56	0,7	0,51	0,71	0,04	—
Датолитовый концентрат	3,25	1,5	1,72	1,4	0,54	23,8	2,6
Апатитовый концентрат	3,22	1,7	2,05	1,38	0,47	4,97	1,4
Нефелиновый концентрат	2,8	1,31	1,65	0,92	0,53	15,7	2,3
Фосфоритная мука Кара-Тау	2,85	1,05	1,25	0,85	0,63	0,1	0,22
Песок молотый (кварцевый)	2,65	1,45	1,45	1,15	0,45	11,0	1,93

Рекомендуемые типы установок пневмотранспорта для различных материалов

Вид материала	Тип установки				
	Низкона- порный (вентиля- торный)	Средне- напорный	Высоко- напорный	Насосный, сжатым воздухом	Гравита- ционный
Апатитовый концентрат		×	×	×	×
Асбест порошкообразный	×	×			
Барит				×	×
Бентонит (отбелив. глина)		×	×	×	×
Бокситы		×		×	×
Бура		×	×	×	
Воск		×	×		
Гипс		×	×		
Глина		×	×		
Глинозем				×	×
Графит		×	×		
Грунт		×	×	×	
Доломит				×	×
Датолитовый концентрат				×	
Зерно		×	×		
Зола				×	×
Известь гашеная		×	×	×	×
Известь порошкообразная			×	×	×
Кальций углекислый		×	×	×	×
Кальций фосфорнокислый				×	
Каолин					
Каталлизаторы для процесса крекинга		×	×	×	
Кварц порошкообразный				×	×
Квасцы				×	
Клейковина (мука)	×	×	×		
Кофе в зернах		×	×		
Крахмал		×	×	×	×
Кремнезем		×	×	×	×
Крупа манная		×			×
Кукуруза в зернах		×	×		
Льняное семя		×			
Молоко сухое		×	×		
Мука пищевая		×	×		
Мука хлопковых семян		×	×		×
Нефтебитум					×
Нефелиновый концентрат				×	×
Оксид алюминия				×	×
Оксид магния		×	×	×	×
Оксид мышьяка		×		×	×
Оксид цинка		×	×	×	×
Опилки древесные		×	×		
Опилки	×	×			
Песчаник мелкозернист.				×	×
Пириты				×	×
Полиэтилен		×	×		
Порошок древесный		×	×		

Вид материала	Тип установок				
	Низкона- порный (вентиля- торный)	Средне- напорный	Высоко- напорный	Насосный, сжатый всасуком	Гравита- ционный
Резина гранулы (пеллеты)		×			
Резина порошок	×				
Рис		×	×		
Сахар-песок		×	×		
Сахар-рафинад		×	×		×
Саяжа			×	×	×
Свекла дробленая	×	×			
Семена		×	×		
Смола		×			
Сода кальцинированная		×	×	×	×
Сода фосфатная		×	×	×	×
Сода сульфатная		×			
Соя (бобы)	×	×			
Солод	×	×	×		
Соль		×			
Соль кусковая		×			
Стружка древесная	×	×			
Тальк		×	×	×	×
Титан двуокись		×	×		
Уголь		×	×	×	×
Уголь порошкообразный				×	×
Фосфориты (порошок)				×	×
Фосфоритная мука Кара-Тау				×	×
Цемент-портланд				×	×
Цемент (сырьевая мука)				×	×
Целлюлоза (ацетат)	×	×			
Шерсть минеральная	×	×			
Шпат известковый		×	×	×	×
Шпат плавленый				×	×
Шпат полевой				×	×

Коэффициенты абразивности остальных материалов выражены как отношение величины абсолютного износа образца на заданном материале по отношению к износу на цементе.

Значения коэффициентов абразивности приведены в таблице 5.

Разработка общих рекомендаций по условиям транспортирования сыпучих материалов из-за многочисленности факторов, оказывающих влияние на эти условия, весьма затруднительна.

С целью облегчения проектирования пневмотранспорта ниже приводится табл. 6, составленная на основании имеющегося опыта эксплуатации, в которой приведены рекомендации по выбору типа установок пневмотранспорта в зависимости от вида материала.

Следует, однако, отметить, что рекомендации, приведенные в табл. 6, не являются исчерпывающими, так как специфические особенности некоторых материалов, а также изменения отдельных

факторов меняют также и физикомеханические свойства этих материалов, а с ними и условия их транспортирования.

Так, например, сода — материал свободнотекущий, хорошо аэрируемый, являющийся на первый взгляд идеальным для пневматического транспортирования — в действительности из-за повышенной инертности по отношению к воздушному потоку требует большего расхода энергии, чем более тяжелый апатитовый концентрат; незначительное изменение содержания связанной воды у некоторых видов глинозема, отличающихся абразивностью, приводит к тому, что он теряет свои абразивные свойства; некоторые тонко измельченные красители, такие как Fe_2O_3 , быстро забивают колена, отделители и циклоны, прерывая нормальное транспортирование.

Поэтому в ряде случаев только специально поставленные эксперименты могут облегчить выбор типа оборудования и позволить определить основные характеристики установки для транспорта заданного материала.

VII. РАСЧЕТНЫЕ СХЕМЫ

Проектирование установок пневматического транспорта пылевидных грузов выполняется по заданным производительности Q т/час и конфигурации трубопровода (длина и схема трассы). Важное значение имеют также физико-механические свойства транспортируемого материала, определяемые в лабораторных условиях или на установках пневматического транспортирования (см. разд. VI).

Конечной целью основного расчета пневматической установки является определение следующих величин:

V — потребного расхода воздуха, приведенного к атмосферному давлению в $\frac{\text{м}^3}{\text{сек}}$;

d_t — диаметра транспортного трубопровода в мм;

P_n — потребного давления воздуха в кг/см^2 .

В процессе расчета установок требуется произвести также определение некоторых вспомогательных величин, характеризующих процесс пневматического транспортирования. Такими величинами являются:

$L_{пр}$ — приведенная (расчетная) длина транспортирующего трубопровода в м;

μ — весовая концентрация смеси в $\frac{\text{кг материала}}{\text{кг воздуха}}$;

v_k — скорость витания частиц материала в м/сек;

v_a — скорость транспортирующего воздуха в трубопроводе, приведенного к атмосферному давлению в м/сек.

Расчет пневматических устройств в значительной мере бази-

руется на опытных данных, полученных на действующих промышленных и экспериментальных установках.

Для правильного выбора отдельных величин, приводимых в расчете опытных коэффициентов, необходимо правильно классифицировать проектируемую установку. Эта классификация приведена в настоящей методике и базируется на разных физических принципах движения, осуществляемых при пневматическом транспортировании. Для установок насосного типа, работающих по принципу выжимания флюидизированного или частично флюидизированного продукта, большое значение имеет схема транспортного трубопровода.

Пневматическое транспортирование в насосных установках (типа IV) может производиться с различными загрузочными устройствами (насосами, питателями, подъемниками или аэролифтами) по многим схемам, которые можно привести к основным четырем схемам транспортного трубопровода, описанным ниже

Схема I. — Вертикальный трубопровод. В такой трубопровод материал может вводиться с весьма высокой концентрацией смеси, которая поддерживается сравнительно небольшим количеством воздуха. Подъем флюидизированного (аэрированного) материала осуществляется давлением воздуха в загрузочном устройстве — пневмоподъемнике периодического или непрерывного действия с помощью сжатого воздуха или механических устройств. В процессе движения смесь материала с воздухом интенсивно перемешивается, сохраняя текучесть. Эта схема установки является весьма выгодной, т. к. из-за малых расходов воздуха уменьшаются потери на трение и уменьшается износ установок.

Схема II. Вертикальный трубопровод, заканчивающийся горизонтальным участком небольшой длины (10—40 м).

При транспортировании материала для устранения оседания его на дно горизонтальной трубы следует увеличить расход воздуха, что уменьшает концентрацию смеси. За счет адсорбции воздуха материалом расслоение смеси может произойти для разных материалов на разной длине трубопровода. В отдельных случаях, особенно при высокой температуре материала, эта длина может достигать 100—150 м и более (как, например, при транспорте горячего колчеданного огарка).

Схема III. Транспортный трубопровод состоит из горизонтального участка ограниченной длины (10—30 м), переходящего в вертикальный (5—25 м). Трубопровод может заканчиваться также горизонтальным участком ограниченной длины (10—30 м).

Схема характеризуется увеличением расхода воздуха на начальном участке для устранения возможного расслоения смеси, что приводит к уменьшению концентрации смеси и на вертикальном участке ограниченной высоты.

Схема IV. При этой схеме транспортный трубопровод может иметь произвольную трассу и является обычной схемой для установок пневматического транспорта практически неограниченной

длины (100—1000 м) транспортирования разными концентрациями смеси и расходами воздуха. Выбор концентрации смеси зависит от типа установки

VIII. ВЕСОВАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ СМЕСИ

Под весовой концентрацией смеси и воздуха с транспортируемым материалом понимают отношение производительности установки к весовому расходу воздуха, обеспечивающему это транспортирование

$$\mu = \frac{Q}{\gamma_v \cdot V_n \cdot 3,6} \left[\frac{\text{кг материала}}{\text{кг воздуха}} \right], \quad (13)$$

где Q — весовая производительность установки в т/час ;

γ_v — удельный вес воздуха в кг/м^3 ;

V_n — расход воздуха в $\frac{\text{м}^3}{\text{сек}}$.

Определение или назначение величины концентрации смеси μ — параметра, характеризующего работу и тип установки пневмотранспорта, представляет большие затруднения. Имеющиеся в отечественной и иностранной литературе сведения относятся, главным образом, к области малых концентраций смеси. Достаточно обоснованные экспериментальные основания для выбора значений концентрации смеси отсутствуют. В главе II приводятся (в классификационной таблице) диапазоны изменения концентраций смеси в зависимости от типа установки.

Приводимые данные рекомендуются, главным образом, для типовых установок и материалов. Отклонения физико-механических свойств материалов от данных, накопленных проектирующими организациями, вызывает необходимость постановки специальной исследовательской работы.

Для большинства существующих устройств выбор величины концентрации смеси определяется схемами транспортных трубопроводов и типом загрузочного устройства, которое обычно характеризует свойственную ему величину перепада давления (см. классификационную таблицу I). Так, например, для пневмоподъемников разных типов (аэролифтов) $P = 0,4 \div 3,0 \text{ кг/см}^2$, для камерных и винтовых пневматических насосов $P = 2,0 \div 8,0 \text{ кг/см}^2$, для высоконапорных устройств нагнетательного типа $P = 0,4 \div 1,3 \text{ кг/см}^2$; для устройств всасывающего типа $P = 0,1 \div 0,4 \text{ кг/см}^2$.

Значения концентрации смеси в зависимости от схемы транспортного трубопровода, типа загрузочного устройства и рода материала в насосных установках рекомендуется выбирать по определенной длине транспортирования $L_{пр}$ для установок обычного типа и по L_t для транспорта с особо высокой концентрацией смеси при горизонтальных участках не длиннее 60—70 м.

В таблице 1 и на фиг. 23 приведены пределы изменений значений μ для установок насосного типа (тип IV) для расчетных схем I, II и III, а на рис. 24 для установок типа II, III и IV при расчетной схеме IV.

Нижнюю границу значений μ (кривая B) для расчетных схем I, II и III (фиг. 23) следует выбирать для высоких вертикальных участков относительно крупных частиц, больших диаметров труб и проводов, а также для абразивных, влажных и комкующихся материалов. Для установок типа IV с расчетной схемой IV (фиг. 24) значения концентрации смеси зависят также и от конструкции загрузочного устройства. Для камерных насосов, работающих при давлении до 7 атм, значения концентрации смеси определяется по верхней паре кривых IV*.

Для винтовых насосов и др. устройств установок типов III и I значения концентрации смеси лежат между кривыми III и IV. Для установок типа II на фиг. 24 приведены значения концентрации смеси для транспорта зерна и угля (семячко, АС и АСШ). Верхнюю границу значений μ следует выбирать для сухих, легко сыпучих материалов с большим удельным весом ($\gamma_m = 2,5-3,2 \text{ т/м}^3$), а нижнюю границу значений μ — для материалов с меньшим удельным весом частиц γ_m и для более влажных и абразивных материалов.

В отдельных случаях транспортировки материалов с особыми физико-механическими свойствами — резина, формовочные смеси и др., концентрация смеси устанавливается только на основании проведенных опытных данных.

Для низконапорных вентиляторных установок (тип I) значения концентрации смеси принимаются в основном в зависимости от рода материала на основании имеющегося длительного опыта.

В таблице 7 приводятся эти данные для ряда материалов.

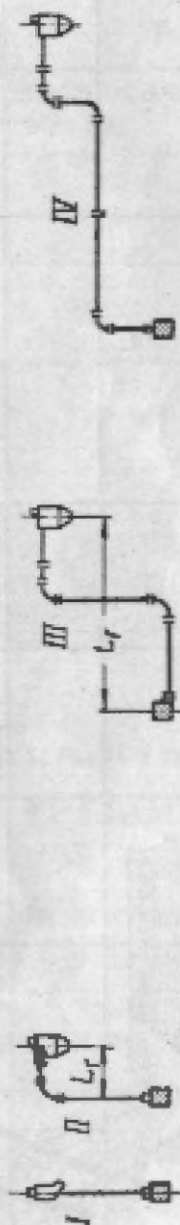
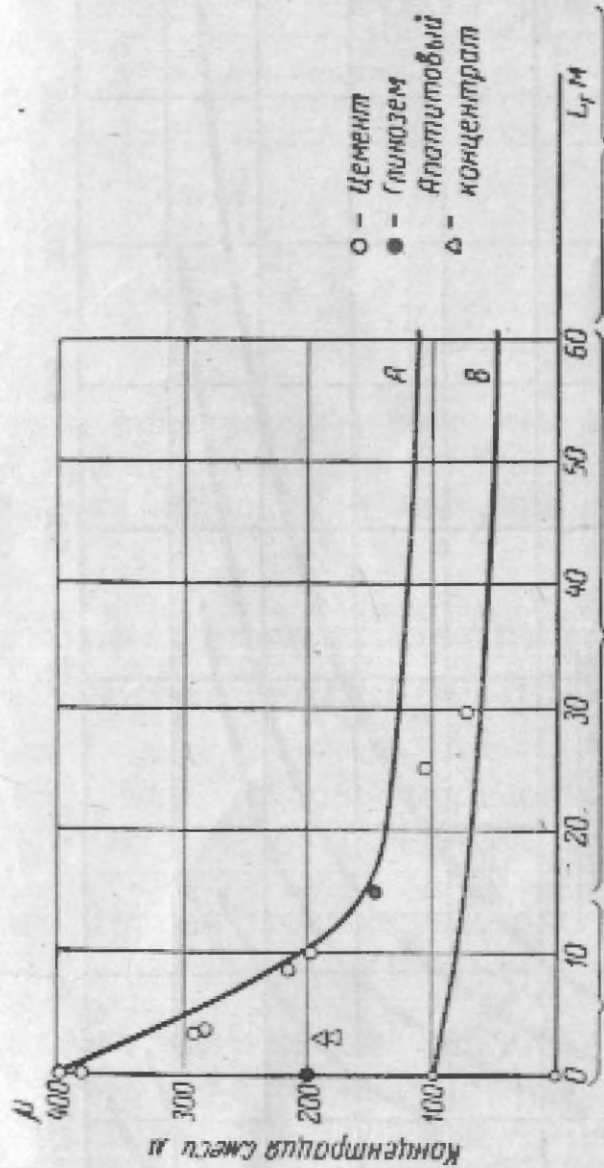
Табл. 7

Рекомендуемые весовые концентрации для низконапорных (вентиляторных) установок (тип. I)

Материал	Удельный вес в т/м^3	Концентрация μ
Глина молотая*	2,4	0,7—1,2
Опилки и стружка деревообрабатывающих цехов	0,9	0,1—0,6
Горелая земля	2,4	0,7—1,2
Песок	2,6	0,8—1,0
Хлопок	—	0,2—0,6
Шерсть	—	0,2—0,6

Значения концентрации смеси при транспортировании насосными установками следует выбирать из графика на фиг. 23 и

* Примечание. Для пылевидных материалов, как правило, следует применять установки высоконапорные или насосные (тип III и IV)

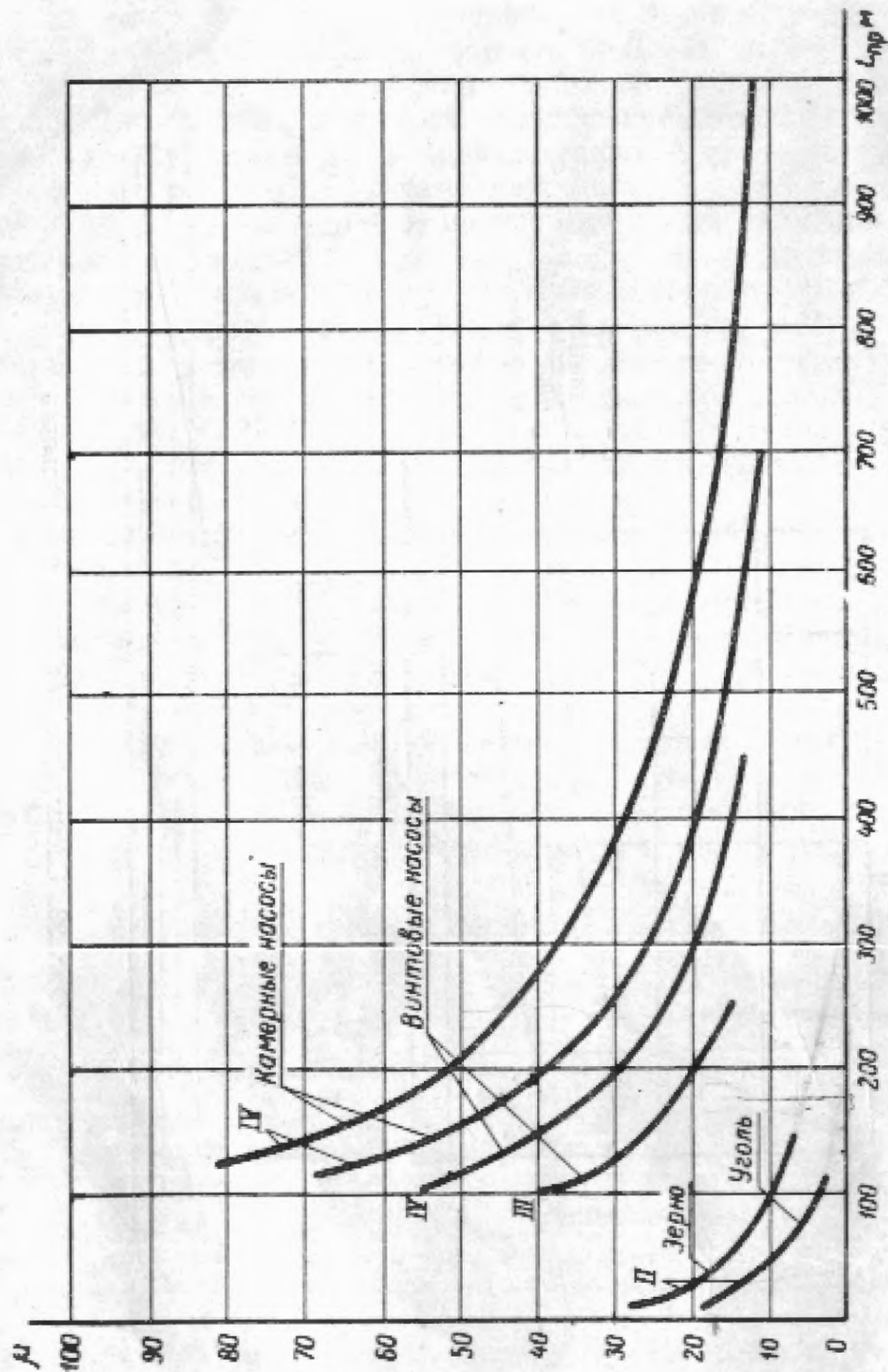


μ	400	200	100
L_r	0	10	20
α	3	4	5

Фиг. 23. Схемы транспортных трубопроводов

высоконапорный

напор



Фиг. 24. График зависимости μ от $L_{пр}$ для установок типа II, III и IV. Схема IV

из таблицы 8 и фиг. 24. Большие значения μ следует выбирать для малых высот, большего удельного веса частиц, при округленных частицах, хорошей адсорбции воздуха, малой влажности частиц материала, малой абразивности.

Для сухих пылевидных материалов, транспортируемых насосными установками с большим значением γ_m ($\gamma_m = 2,5—3,5 \text{ т/м}^3$), рекомендуются следующие значения.

Табл. 8

Значение коэффициента μ в зависимости от схемы трубопровода

Схема транспортного трубопровода	μ
Схема I	125—250
Схема II	100—180
Схема III	60—100
Схема IV	10—60

По мере накопления экспериментальных данных, во ВНИИПТ-МАНГе, при эксплуатации действующих предприятий, и в других организациях проводимые значения μ будут уточняться.

IX. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИВЕДЕННОЙ (РАСЧЕТНОЙ) ДЛИНЫ ТРАНСПОРТНОГО ТРУБОПРОВОДА

Транспортный трубопровод состоит из вертикальных и горизонтальных участков, колен, отводов и переключателей трубопроводов на два или несколько направлений. Определение приведенной (расчетной) длины транспортного трубопровода производится путем суммирования геометрической длины его с т.п. эквивалентными длинами.

Эквивалентной длиной местного (сосредоточенного) сопротивления в транспортном трубопроводе называется такая длина прямолинейного горизонтального участка, которая по величине потери давления воздуха при движении его в смеси с материалом соответствует этому местному сопротивлению в трубопроводе (например, в переключателе трубопровода, колене и пр.). Эта величина эквивалентной длины зависит от физико-механических свойств транспортируемого материала, в первую очередь, от крупности и абразивности частиц, от геометрических размеров и соотношений размеров устройств, вызывающих местные сопротивления, и в настоящее время не может быть точно рассчитана.

Для практического применения нами рекомендуются приближенные значения этих сопротивлений, составленные на основе име-

ющихся опытных данных. Таким образом приведенная длина транспортного трубопровода определяется по формуле

$$L_{\text{пр}} = \Sigma l_{\text{г}} + \Sigma l_{\text{в}} + \Sigma l_{\text{эк}} + \Sigma l_{\text{эп}} \text{ м,} \quad (14)$$

где $\Sigma l_{\text{г}}$ — сумма длин горизонтальных участков;

$\Sigma l_{\text{в}}$ — сумма длин вертикальных участков;

$\Sigma l_{\text{эк}}$ — сумма длин эквивалентных коленам;

$\Sigma l_{\text{эп}}$ — сумма длин эквивалентных переключателям.

Определение эквивалентной длины $l_{\text{эк}}$ в м для колен с углом поворота 90° можно производить в зависимости от $\frac{R_0}{d_{\text{т}}}$, где R_0 — радиус колена, а $d_{\text{т}}$ — диаметр трубопровода.

В табл. 9 приведены средние значения эквивалентных длин для колен при транспортировании пылевидных материалов.

Эквивалентные длины для двухходовых переключателей дискового типа следует принимать равными 10 м.

В табл. 10 приведены значения эквивалентных длин для колен при транспортировании зерновых и кусковых материалов.

Для материалов с большими удельными весами следует выбирать большие значения $l_{\text{эк}}$.

Табл. 9

Средние значения $l_{\text{эк}}$ для колен при транспортировании пылевидных материалов

Схема трубопровода	$\frac{R_0}{d_{\text{т}}}$			
	10	15	20	25
II	3	4	5	7
III	5	6	7	9
IV	7	8	10	12

Табл. 10

Средние значения $l_{\text{эк}}$ для колен при транспортировании зерновых и кусковых материалов

Вид материалов	Размеры частиц в мм	$\frac{R_0}{d_{\text{т}}}$		
		6	10	20
Зерновой, однородный	1—10	8—10	12—16	16—20
Мелкокусковой неоднородный	8—25		28—35	32—45
Крупнокусковой	25—30		60—80	70—90

Для крупнокусковых материалов и более высокой концентрации смеси следует также выбирать большие значения $l_{\text{эк}}$.

Недостаточное количество исследований не позволяет в настоящее время привести более общие и точные данные $l_{\text{эк}}$ для колен

Х. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАМЕТРА ТРУБОПРОВОДА

Из определения концентрации смеси следует, что

$$d_r = \sqrt{\frac{Q_p}{3,4 \cdot v_B \cdot \mu}} \text{ мм}; \quad (15)$$

$$d_r = \sqrt{\frac{Q_p}{3,4 \cdot \alpha \cdot \sqrt{\gamma_M \cdot \mu}}} \text{ мм}, \quad \begin{cases} \text{для схемы I, II, III,} \\ \text{установок типа IV} \\ \text{и для всех установок} \\ \text{типа I, II, III;} \end{cases} \quad (16)$$

$$d_r = \sqrt{\frac{Q_p}{3,4 (\alpha \sqrt{\gamma_M} + B L^2) \cdot \mu}} \text{ мм (для схем IV тип IV)} \quad (17)$$

XI. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОГО РАСХОДА ВОЗДУХА

Потребный расход воздуха в транспортном трубопроводе установок пневматического транспорта любого типа определяется по формуле

$$V_B = \frac{\pi \cdot d_r^2}{4} \cdot v_B^1 \text{ м}^3/\text{сек}; \quad V = \frac{\pi \cdot d_r^2}{4} \cdot v_B^1 \cdot 60 \text{ м}^3/\text{мин}. \quad (18)$$

Однако в установках пневматического транспорта с загрузочными устройствами камерного типа (пневморезервуарами) потребно дополнительное количество воздуха, определяемое необходимостью заполнения всего геометрического объема резервуара воздухом, не участвующим в транспортировке материала по трубопроводу. Это заполнение сжатым воздухом происходит за один цикл выгрузки камеры. Таким образом

$$V = V' + V'',$$

где V'' — расход воздуха, необходимый для заполнения камеры и не участвующий в движении с материалом по трубопроводу, определяемый по ф-ле

$$V'' = \frac{Q_p \cdot P}{\sigma \cdot \gamma_0 \cdot 3600}. \quad (19)$$

Таким образом полный расход воздуха в установках с загрузочными устройствами камерного типа будет

$$V = \frac{\pi \cdot d_r^2}{4} \cdot v_B^1 + \frac{Q_p \cdot P}{\sigma \cdot \gamma_0 \cdot 3600} \frac{\text{м}^3}{\text{сек}}. \quad (20)$$

где P — абсолютное давление воздуха в камере в атм;

γ_0 — объемный вес материала в $\text{м}/\text{м}^3$;

σ — коэффициент заполнения объема камеры материалом;

$\sigma = 0,75 \div 0,85$ в зависимости от конструкции камеры или физико-механических свойств материала.

ХИ. ОБЩАЯ ПОТЕРЯ ДАВЛЕНИЯ В ТРУБОПРОВОДЕ ВЫСОКОНАПОРНОЙ ИЛИ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА (тип III и IV)

Теоретические и экспериментальные исследования давления сжимаемой среды (газа; воздуха) в трубопроводе дают возможность для установок нагнетательного типа написать

$$P_n = P_k \sqrt{1 + \frac{\lambda \cdot L_{np} \cdot v_n^2}{d_r}} \text{ ата,} \quad (2)$$

где P_n — абсолютное давление воздуха в начале трубопровода (загрузочного устройства);

P_k — абсолютное давление воздуха в конце трубопровода (на выходе);

λ — коэффициент сопротивления движению сжимаемой среды;

d_r — диаметр трубопровода.

При движении смеси воздуха с материалом следует учесть, что λ — коэффициент сопротивления сжимаемой среды, зависящий от многих факторов, в основном зависит от концентрации смеси. Многочисленные эксперименты ряда исследователей позволяют допустить, что

$$\lambda = \lambda_m \cdot \mu, \quad (2)$$

где λ_m — опытный коэффициент, зависящий от схемы трубопровода и вспомогательной величины.

$$S = \frac{\mu \cdot L_{np} \cdot v_n^2}{d_r}. \quad (2)$$

Зависимость между λ_m и S для насосных установок высоконапорного пневмотранспорта с загрузочными устройствами разных типов представлена на фиг. 25.

В данной работе сделана попытка представить коэффициент трения λ_m и как функцию числа Фруда, на основании обработки тех же исходных данных опыта, что и для $\lambda_m = f(S)$.

Подсчет потерь давления по этой методике дает удовлетворительные результаты. На фиг. 26 приведены значения коэффициента $\lambda_m = f(Fr)$ в зависимости от типа установки, которые рекомендуются для исследования наряду с уже проведенной в течение ряда лет методикой расчетов по $\lambda_m = f(S)$.

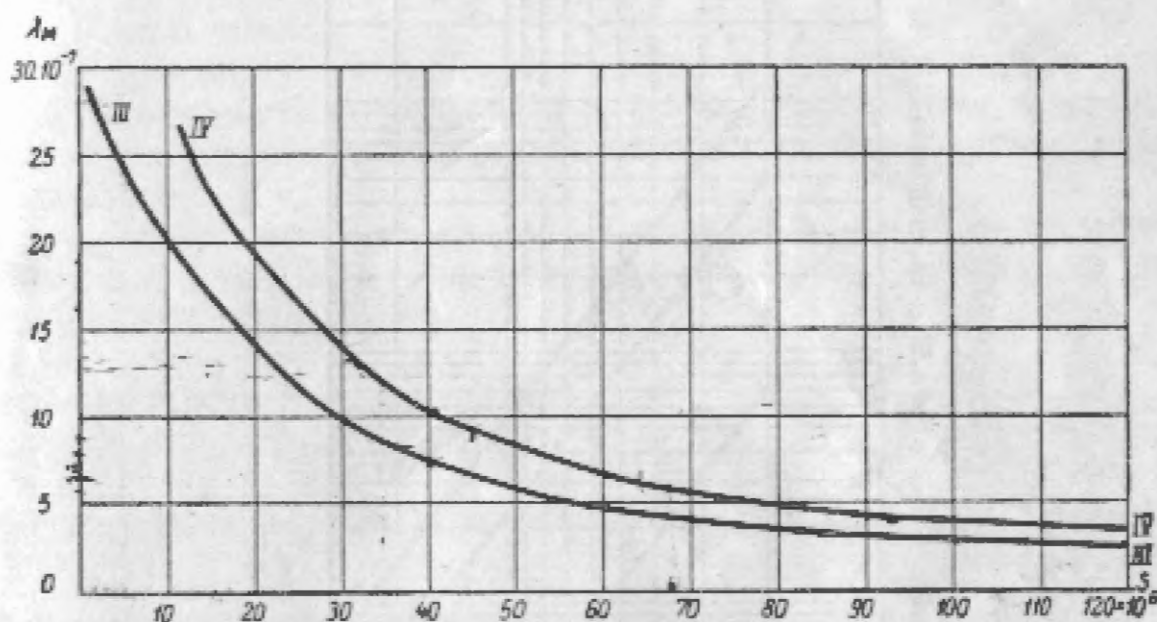
Эти зависимости получены в результате обработки имеющихся экспериментальных и эксплуатационных данных, которые в дальнейшем по мере накопления опыта будут уточнены для ма

риалов с разными физико-механическими свойствами и разных условий их транспортировки.

Если движение материала по трубопроводу связано с подъемом на высоту $H = \sum l_v$, то к потерям на трение необходимо добавить величину веса столба смеси воздуха с материалом, отнесенного к единице площади поперечного сечения трубы

$$P_n = \frac{H \cdot \gamma_n \cdot \mu}{10^4} \text{ ат}, \quad (24)$$

где γ_n — удельный вес воздуха (средний) для данного вертикального участка.



Фиг. 25. График зависимости $\lambda_m = f(S)$. III и IV схемы транспортных трубопроводов

Следует учесть, что при рассмотрении схемы трубопровода еще неизвестно, какое будет давление в разных точках трубопровода, поэтому определение γ_v будет вначале затруднено. Ниже приводится вспомогательная таблица II, грубо ориентирующая проектировщиков при выборе γ_v в предварительном определении P_n .

Зная P_n , а значит и γ_v , можно при повторном расчете определить P_1 точнее.

Большие значения γ_v выбираются для вертикальных участков, находящихся ближе к загрузочному устройству (пневмоподъемнику, аэролифту). Обычно для вертикальных участков выбирается среднее значение γ_v . При схемах трубопровода I и II расчет потерь давления можно производить только по формуле

$$P_v = C \frac{H \cdot \gamma_v \cdot \mu}{10^4}, \quad (25)$$

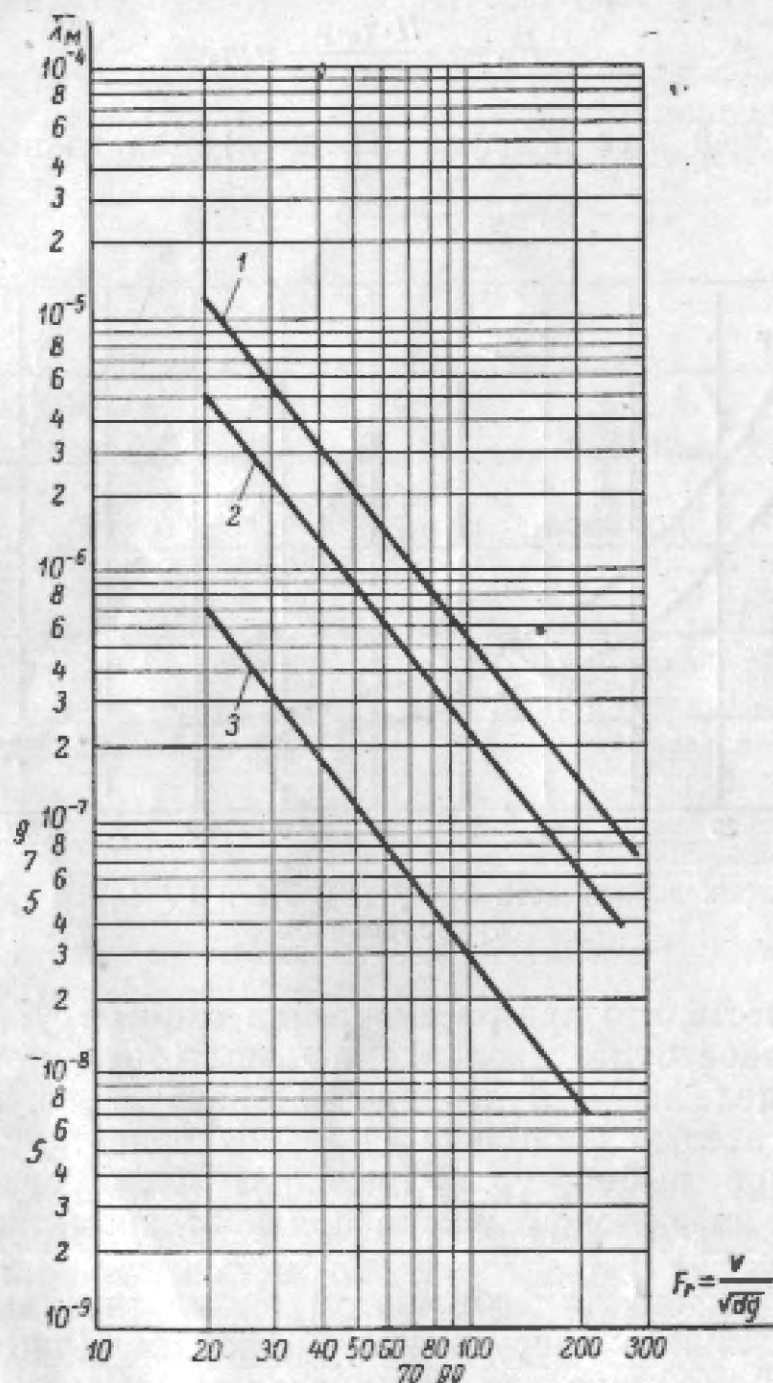
где C — коэффициент, учитывающий влияние трения материала о стенки.

Меньшие значения следует выбирать для тонких материалов

с меньшими коэффициентами трения и частицами округленной формы.

$$P_n = (1,1 \div 1,35) \frac{H \cdot \gamma_n \cdot \mu}{10^4} \text{ ата, схема I;} \quad (26)$$

$$P_n = (1,35 \div 1,85) \frac{(H + 0,2L_r) \cdot \gamma_n \cdot \mu}{10^4} \text{ ата, схема II.} \quad (27)$$



Фиг. 26. График зависимости $\lambda_k = f(Fr)$:

1 — для установок с камерными насосами, 2 — для установок с винтовыми насосами, 3 — для установок по типу III

Для общих случаев по сложной схеме трубопровода расчет потерь давления следует производить по уравнению

$$P_n = \sqrt{1 + \frac{\lambda_k \cdot \mu \cdot L_{пр} \cdot v_n^2}{d_T}} + \frac{H \cdot \gamma_n \cdot \mu}{10^4} \text{ ата.} \quad (28)$$

ХІІІ. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ВЫСОКОНАПОРНЫХ ИЛИ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК (тип ІІІ и ІV)

Для правильного выбора диаметров трубопровода следует учесть режим работы загрузочного устройства установки пневмотранспорта. Если загрузочное устройство вводит материал в трубопровод непрерывно в течение часа, то производительность

$$Q = Q_p \text{ т/час.}$$

где Q_p — расчетная (техническая) производительность, по которой рассчитывается диаметр транспортного трубопровода в т/час;

Q — заданная эксплуатационная производительность в т/час.

Эта зависимость справедлива в случае применения в качестве загрузочных устройств винтовых насосов или барабанных шлюзовых затворов.

Если загрузочное устройство вводит материал периодически (по циклам), то расчетная производительность Q_p должна быть больше заданной Q .

Если:

полезная емкость камеры	$V_n \text{ м}^3$;
объемный вес загруженного материала	$\gamma_0 \text{ т/м}^3$;
время загрузки камеры	$t_1 \text{ сек}$;
время опорожнения камеры	$t_2 \text{ сек}$;
цикл работы	$T = t_1 + t_2 \text{ сек}$,

то техническая производительность камерного загрузочного устройства

$$Q = \frac{V_n \cdot \gamma_0 \cdot 3600}{t_2} \text{ т/час.} \quad (29)$$

а эксплуатационная производительность

$$Q = \frac{V_n \cdot \gamma_0 \cdot 3600}{T} \text{ т/час;} \quad (30)$$

$$Q_p = \frac{T}{t_2} \cdot Q \text{ т/час.} \quad (31)$$

Приводим ориентировочные значения Q_p для использования при проектировании.

Для однокамерных насосов и пневмоподъемников:
с ручным управлением

$$Q_p = (1,6 \div 2,0) \cdot Q \text{ т/час,} \quad (32)$$

с автоматическим управлением

$$Q_p = (1,35 \div 1,5) \cdot Q \text{ т/час.} \quad (33)$$

Для двухкамерных насосов и пневмоподъемников с автоматическим управлением

$$Q_p = (1,05 \div 1,1) \cdot Q \text{ т/час} \quad (34)$$

Табл. II

Ориентировочные данные для расчета установок (тип IV)

Схема трубопровода	I	II	III	IV
μ	100—100	200÷80	120—60	60—5
$L_{пр}$	H	$H + (3 + 15)$	$H + (15 + 60)$	> 60
α	3÷8	4÷9	5÷10	10÷18
$P_{ата}$	1,4÷3,8	2,0÷4,2	2,5÷5,3	3,0÷7,0
$\gamma_v \frac{\kappa\Gamma}{м^3}$	1,8÷4,9	2,6÷5,4	3,2÷6,8	3,9÷9,0

XIV. ОБЩАЯ ПОТЕРЯ ДАВЛЕНИЯ В ТРУБОПРОВОДЕ УСТАНОВКИ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА НИЗКОГО И СРЕДНЕГО ДАВЛЕНИЙ (тип I, II, III)

Общая потеря давления в трубопроводе может быть выражена как

$$\Delta P_z = \Delta P_v + \Delta P_u + \Delta P_n + \Delta P_p, \quad (35)$$

где ΔP_v — потери давления, возникающие при движении чистого воздуха в $\kappa\Gamma/м^2$;

ΔP_u — дополнительные потери давления, возникающие при движении материала в $\kappa\Gamma/м^2$;

ΔP_n — потери давления на поддержание транспортируемого материала во взвешенном состоянии на вертикальном участке в $\kappa\Gamma/м^2$;

ΔP_p — потери давления на разгон транспортируемых частиц при загрузке их в транспортный трубопровод в $\kappa\Gamma/м^2$.

Подставив значения ΔP и произведя некоторые упрощения, получим

$$\begin{aligned} \Delta P_z = & \lambda_v \frac{L_{пр\text{ в}}}{d_r} \cdot \frac{v_v^2 \cdot \gamma_v}{2g} + \lambda_{ж\cdot\mu} \frac{L_{пр\text{ м}} \cdot v_v^2 \cdot \gamma_v}{d_r \cdot 2g} + \\ & + \mu \cdot \gamma_v \cdot H \frac{v_v}{v_u} + \xi_p \frac{\mu \cdot v_v^2 \cdot \gamma_v}{2g}. \end{aligned} \quad (36)$$

Рассмотрим ниже методику определения каждого составляющего общей потери давления.

Потери давления при движении чистого (незапыленного) воздуха (ΔP_v). Потери давления при движении чистого (незапыленного) воздуха в прямолинейном трубопроводе определяется по общеизвестной формуле, для сравнительно небольших перепадов давления

$$\Delta P_v = \lambda_v \frac{L_{тр \text{ в}}}{d_r} \cdot \frac{v_v^2 \cdot \gamma_v}{2g} \text{ кг/м}^2. \quad (37)$$

Коэффициент сопротивления λ_v зависит от числа Re и от состояния внутренней поверхности трубопровода.

Существует большое значение теоретических и эмпирических формул для определения коэффициентов сопротивления λ_v . К ним относятся формулы Кармана, Никурадзе, Блазиуса, Якимова, Филоненко и др.

Для определения коэффициента сопротивления λ_v рекомендуется пользоваться номограммой (фиг. 27), составленной ВТИ на основании промышленного опыта и лабораторных исследований. В этой номограмме коэффициент сопротивления λ_v для стальных труб определяется в зависимости от отношения диаметра трубы d_r к величине шероховатости k при различных числах Рейнольдса Re .

Значения λ_v рассчитаны: для шероховатых труб в области квадратичного закона по формуле

$$\lambda_v = \frac{1}{\left(1,14 + 2 \lg \frac{d_r}{k}\right)^2};$$

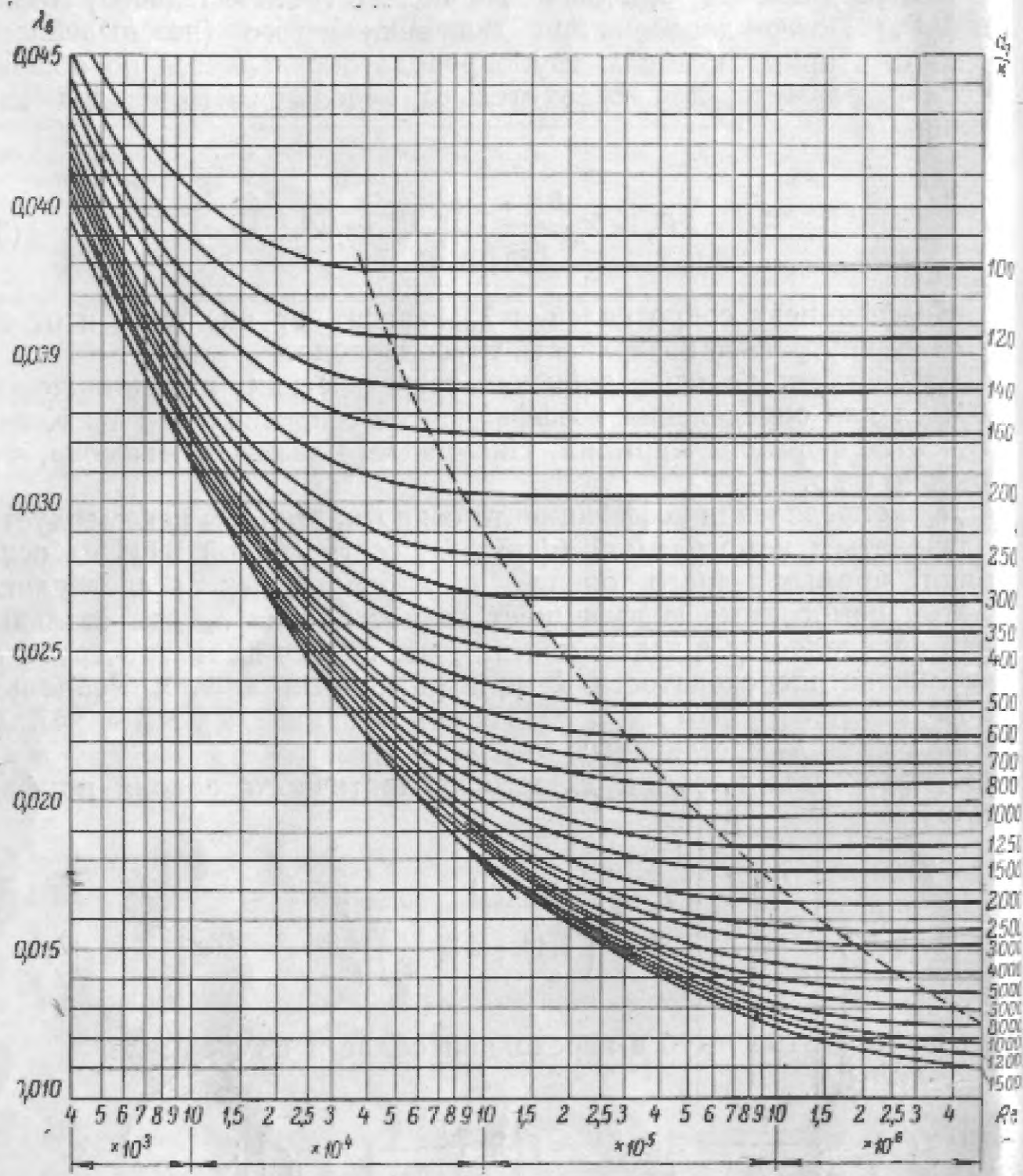
для шероховатых труб в переходной области по формуле

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_v}} = 2 \lg \frac{d_r}{k} = f \left[\lg \left(\frac{Re \cdot k}{d_r} \sqrt{\frac{\lambda_v}{8}} \right) \right];$$

для гладких труб по формуле

$$\lambda_v = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}.$$

Шероховатость внутренней поверхности труб характеризуется величиной выступов на внутренней поверхности труб. Значения последних приведены в таблице 12. С увеличением шероховатости увеличиваются и потери давления.



Фиг. 27. Номограмма для определения λ_x в зависимости от отношения $\frac{d_x}{k}$ для разных значений Re .

Начало области квадратичного закона сопротивления отмечено пунктирной кривой. Относящиеся к этой кривой предельные значения числа Рейнольдса $Re_{пр}^{(*)}$ могут быть определены по следующей приближенной формуле:

$$Re_{пр}^{(*)} = \left(120 \cdot \frac{d}{k} \right)^{1.125}$$

Средние значения коэффициента k

Вид труб и состояние их поверхности	k в мм
Трубы отполированные при пневматическом транспортировании . . .	0,02
Новые стальные трубы	0,06
Трубы из полихлорвинила	0,035
Трубы, хранившиеся на воздухе свыше 1 года	0,2
Старые газопроводы, подверженные коррозии	0,4
Воздуховоды сжатого воздуха	0,8
Старые трубы, сильно подверженные коррозии	1,0
Бетонные и железобетонные трубы	1,1

По типу и диаметру труб определяется отношение $\frac{d_T}{k}$. Определив для заданного режима работы число Re , находят значение λ_B .

Для учета потерь давления, вызываемых местными сопротивлениями, заменим величины местного сопротивления, вычисляемые по квадратичной формуле

$$\Delta P_{\text{мс}} = \xi \cdot \frac{v_B^2 \cdot \gamma}{2g}, \quad (38)$$

величиной потери давления воздуха на участке длиной, определяющей эквивалентное местное сопротивление.

Длина этого участка определяется по ф-ле

$$l_{\text{эмс}} = \frac{\xi \cdot d_T}{\lambda_B}. \quad (39)$$

Таким образом для определения потерь давления при движении чистого воздуха расчетная или приведенная длина транспортного трубопровода будет равна

$$L_{\text{пр в}} = \Sigma L_T + \Sigma l_B + \Sigma l_{\text{эмс}}. \quad (40)$$

Для колен круглого сечения приводим метод определения коэффициентов сопротивлений ξ в зависимости от угла изгиба, радиуса изгиба и числа Re .

Коэффициент ξ определяется по ф-ле

$$\xi = \xi_0 \cdot A \cdot B, \quad (41)$$

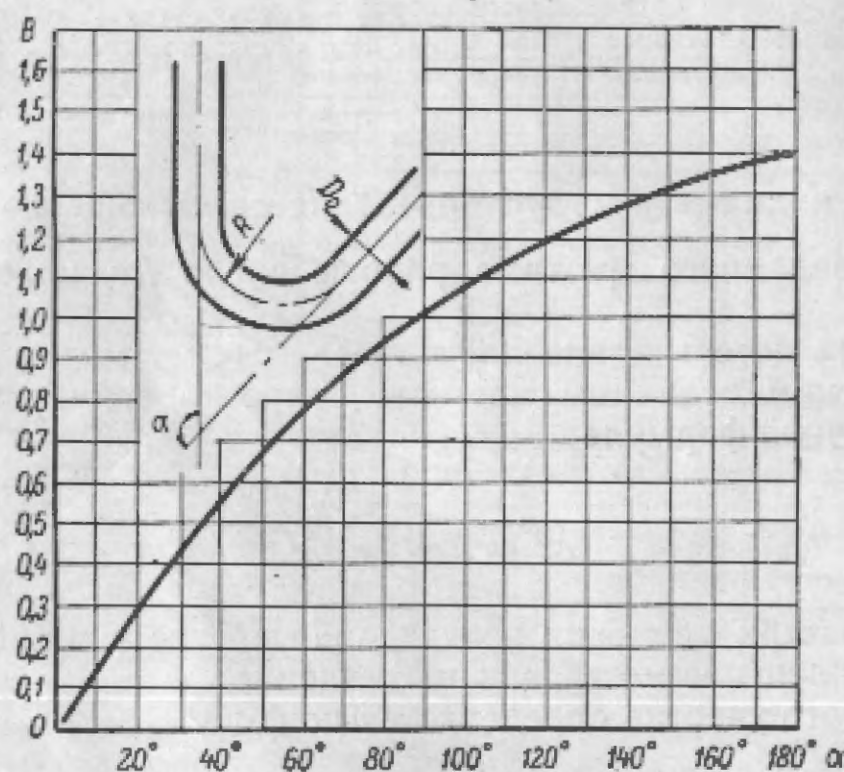
где ξ_0 — коэффициент, определяемый из таблицы 13 в зависимости от отношения $\frac{R}{d_T}$;

A — коэффициент, определяемый из таблицы 14 в зависимости от Re ;

B — коэффициент, определяемый из графика, приведенного на фиг. 28.

Дополнительные потери давления на движение материала (ΔP_m). Дополнительные потери давления, возникающие при движении материала в потоке воздуха по трубопроводу, могут определяться по формуле

$$\Delta P_m = \lambda_m \cdot \rho \frac{L_{пр м} \cdot v_n^2 \cdot \gamma_n}{d_r \cdot 2g}, \quad (42)$$



Фиг. 28. График зависимости

Многочисленные опыты разных исследователей показали, что коэффициент сопротивления λ_m для случая движения материала в транспортном трубопроводе не является функцией от числа Re .

Число Рейнольдса имеет при этом второстепенное значение. В этом отношении показательны опыты группы исследователей под руководством В. Барта, которые установили зависимость между коэффициентом λ_m и числом Фруда $Fr = \frac{v_n}{\sqrt{d_r \cdot g}}$.

Табл. 13

Значения коэффициента ξ_0 в зависимости от отношения $\frac{R}{d_r}$

$\frac{R}{d_r}$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,25	1,5	2	3	5	10	15	20
ξ_0	1,1	0,9	0,65	0,44	0,31	0,27	0,21	0,19	0,165	0,137	0,111	0,08	0,065	0,05

Значения коэффициента A в зависимости от Re

Re	20 000	40 000	60 000	80 000	100 000	200 000	300 000	500 000	700 000	900 000
A	1,45	1,1	0,96	0,9	0,87	0,8	0,75	0,71	0,69	0,67

Число Фруда — это безразмерная величина, характеризующая отношение между силами инерции и силами тяжести в потоке жидкости. Оно определяется отношением

$$Fr = \frac{v_n}{\sqrt{d_T \cdot g}}. \quad (43)$$

Если два потока газа, имеющего геометрически подобные границы, подобны динамически, то числа Фруда для обоих потоков должны быть равны между собой

$$\frac{v_{в1}}{\sqrt{d_{т1} \cdot g}} = \frac{v_{в2}}{\sqrt{d_{т2} \cdot g}}. \quad (44)$$

Это соотношение называется условием подобия Фруда. Если при экспериментировании на моделях тела, движущегося в жидкой среде, соблюдается условие подобия Фруда, то коэффициент сопротивления движению, потеря энергии потоком и другие его характеристики, зависящие от силы тяжести, будут одинаковы с соответствующими характеристиками натурального объекта.

При пневматическом транспортировании сыпучих материалов по трубопроводу движется смесь воздуха с частицами материалов, а в физике процесса транспортирования важную роль играют силы тяжести. Поэтому при определении коэффициентов сопротивления λ_m следует в первую очередь учитывать условия подобия чисел Фруда и лишь во вторую очередь — условия подобия чисел Рейнольдса.

В процессе транспортировки материалов в установках пневматического транспорта различают два разных вида распределения частиц и потока воздуха. Первый вид распределения имеет место при больших значениях чисел Фруда и характеризуется относительно равномерным распределением частиц материала в потоке воздуха.

Во втором случае частицы материала выпадают из потока воздуха и движутся по транспортному трубопроводу в виде скоплений, комков, волн. Этот вид распределения материала имеет место при небольших значениях чисел Фруда (< 30) и в общем случае определяет положение границы завалов трубопровода. С увеличением числа Фруда второй вид распределения частиц в потоке переходит в первый.

Граница завалов материала в трубопроводе не является бильной. Вблизи от этой границы возможны различные состояния движения потока смеси.

При малых числах Фруда коэффициент сопротивления λ_m является, прежде всего, функцией концентрации смеси μ , а в больших числах Фруда — прежде всего функцией сопротивления воздуха при относительном движении частиц, которое определяется скоростью витания v_k .

В результате многочисленных опытов Зеглера и группы исследователей, руководимых проф. Бартом, были построены зависимости коэффициента сопротивления λ_m от числа Фруда Fr и влажности. На фиг. 29 представлены эти зависимости для гранулированных и зернистых материалов для различных значений концентраций смеси.

Рекомендуется при определении коэффициента λ_m для установок типа I, II, III пользоваться графиком, приведенным на фиг. 29.

При рассмотрении движения потока смеси материала с воздухом в нем учитываются условия подобия процессов при экспериментах и в натуральных установках, что отличает этот метод от многих, опубликованных ранее.

Определение расчетной длины транспортного трубопровода $L_{пр-м}$ следует производить так же, как в установках высокого давления (см. разд. IX).

Потери давления на вертикальном участке (ΔP_n). При движении смесей по вертикальным и наклонным трубопроводам следует к общим потерям давления добавлять давление, создаваемое весом столба материала, или равные ему потери давления на поддержание транспортируемого материала во взвешенном состоянии на вертикальном участке.

Эти потери обычно вычисляются по формуле

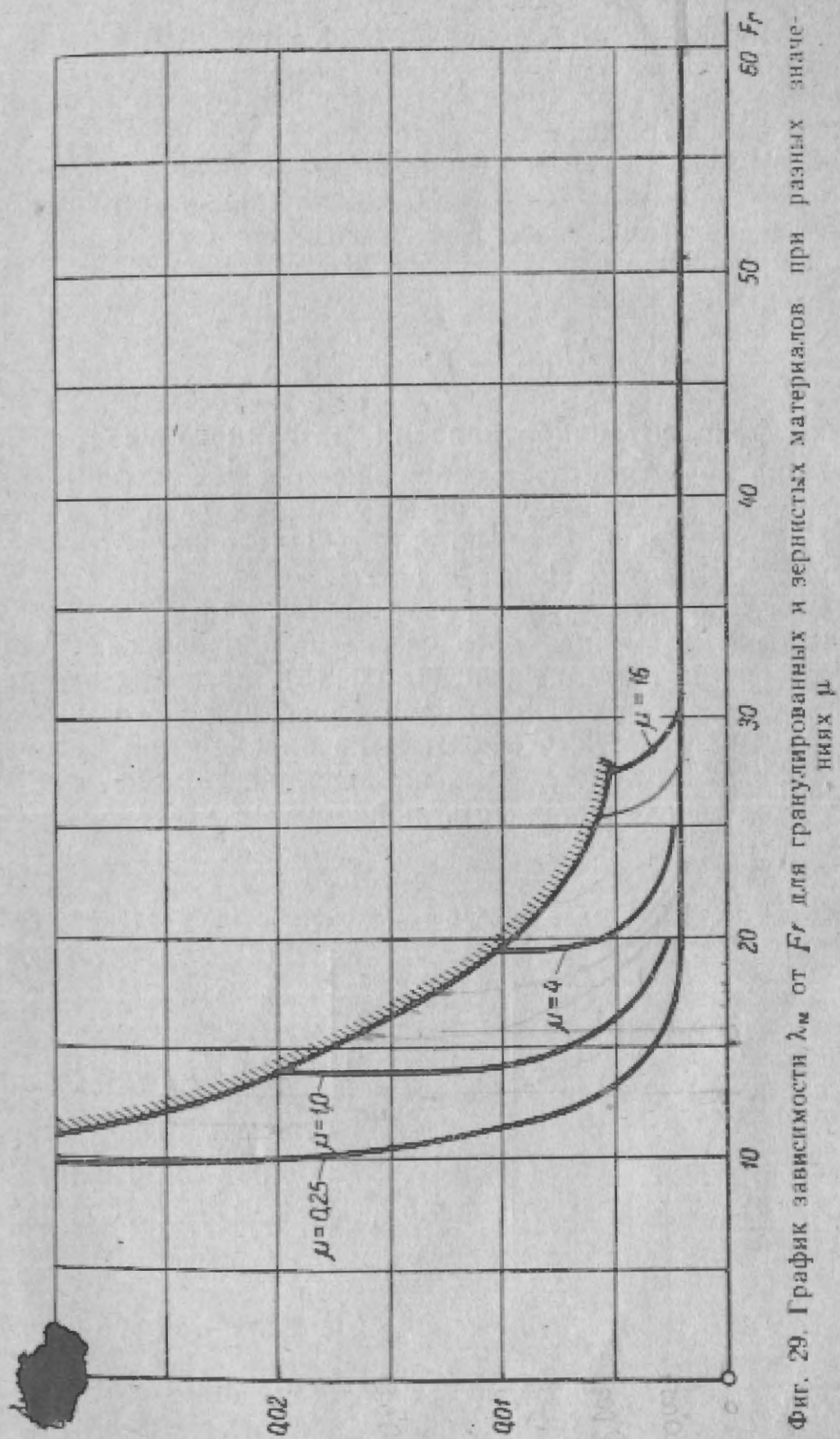
$$\Delta P_n = H \cdot \gamma_v \cdot \mu \cdot \frac{\kappa g}{m^2}.$$

Это выражение действительно лишь для материалов с мелкими частицами (цемент, угольная пыль, мука и т. п.), у которых скорость витания намного меньше скорости транспортирующего воздуха. Скорость движения крупных частиц в трубопроводе v_m всегда меньше скорости транспортирующего воздуха

$$v_m = v_v - v_k;$$

$$\Delta P = \frac{Q_m}{v_m \cdot F_T} \cdot H = H \cdot \gamma_v \cdot \mu \cdot \frac{v_v}{v_v - v_k}.$$

Потери движения на разгон транспортируемых частиц при загрузке их в транспортный трубопровод (ΔP_p). Потери давления на сообщение скорости частицам транспортируемого материала име-



Фиг. 29. График зависимости λ_m от F_r для гранулированных и зернистых материалов при разных значениях μ

место у загрузочных устройств, шлюзовых затворов, эжекторов всасывающих сопел, воронок и др. устройств для ввода материала в трубопровод.

Структура формулы для определения потери напора на участке сообщения скорости частицам материала может быть теоретически определена, если применить теорему об изменении количества движения к участку потока смеси, ограниченного сечениями, совпадающими с началом и концом разгонного участка, граничные условия в которых известны. Оценка дополнительной потери давления на разгонном участке ΔP_p может быть определена по следующей формуле

$$\Delta P_p = \xi_p \cdot \rho \cdot \frac{v_B^2 \cdot \gamma_B}{2g} \frac{\kappa \varepsilon}{\text{м}^2}, \quad (47)$$

где ξ_p —коэффициент сопротивления разгонного участка.

Значения коэффициентов сопротивления ξ_p колеблются в сравнительно узких пределах. По опытам многих авторов (Успенский, Догин М. Е., Карпов, Дзядзю А. М., Платонов, Кофман С. Е.) коэффициент сопротивления $\xi_p = 1 \div 2,1$.

Учитывая некоторую противоречивость учета влияния различных факторов у разных авторов, нами приводятся обобщенные значения этих коэффициентов (табл. 15), позволяющие производить ориентировочные расчеты для более широкого круга материалов. Следует учесть, что опыты по определению ξ_p проделаны только для частиц приведенных параметров. Поэтому при пользовании таблицей следует учесть приводимые ниже рекомендации.

Табл. 15

Значения коэффициента ξ_p для горизонтальных участков разгона

Материал	Характерный размер (эквивалентный диаметр частицы) d_m (мм)	Удельный вес $\gamma_m \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right)$	ξ_p		
			$d_T = 150 \text{ мм}$	$d_T = 100 \text{ мм}$	$d_T = 75 \text{ мм}$
Пшено	1,5	1350	1,6	1,3	1,1
Пшеница	4	1200	1,4	1,2	1,0
Зола (крупная)	0,8	—	1,4	1,2	1,1
Мука пищевая	—	—	1,1	1,0	0,9
Зола мелкая	0,14	—	—	2,2	2,0

Из анализа результатов экспериментальных работ следует, что

1) при вертикальных участках трубопроводов коэффициент ξ_p следует увеличить на 15 ÷ 25 %;

2) коэффициент ξ_p не зависит существенно от изменения скорости воздушного потока.

Потеря давления на участке разгона определяется затратами

энергии воздушного потока на преодоление инерции твердых частиц, на сообщение им скорости. Затрачиваемая энергия при разгоне будет прямо пропорциональна кинетической энергии воздушного потока, поэтому коэффициент ξ_p в формуле (47) остается постоянным;

3) увеличение диаметра частиц влияет на уменьшение коэффициента сопротивления, т. к. значение конечной скорости частиц v_m при этом уменьшается.

Также объясняется увеличение коэффициента ξ_p при уменьшении удельного веса частиц материала;

4) с увеличением диаметра трубопровода коэффициент ξ_p увеличивается.

XV. МОЩНОСТЬ ДВИГАТЕЛЕЙ ВОЗДУХОДУВНЫХ МАШИН

Определение потребной мощности двигателя воздуходувных машин производится по известному уравнению

$$N_m = \frac{L_m \cdot V}{60 \cdot 102 \cdot \eta} \text{ квт}, \quad (48)$$

где L_m — теоретическая работа воздуходувной машины, отнесенная к 1 м³ засасываемого воздуха при изотермическом сжатии, определяемая по уравнению

$$L_m = 23030 \cdot P_0 \cdot \lg \frac{P_m}{P_0} \text{ кгм/м}^3; \quad (49)$$

P_m — давление, создающееся в воздуходувной машине, определяемое из уравнения

$$P_m = P_p \cdot \alpha' + P_v \text{ ата}, \quad (50)$$

где P_p — рабочее давление в ата (давление воздуха в начальной точке трубопровода P_p — для нагнетательных устройств и разрежение воздуха в конечной точке трубопровода $P_p = P_0 - P_k$ — для всасывающих устройств);

$\alpha = 1,15 \div 1,25$ — коэффициент потерь в загрузочном устройстве, зависящий от его конструкции;

P_v — потери давления в подводящем воздухопроводе, принимаемые при предварительном расчете для компрессоров равными 0,3 кг/см², а для воздуходувки — 0,05 кг/см²;

P_0 — атмосферное давление, равное ≈ 1 ата.

Общий к. п. д. компрессора η в уравнениях следует принимать в пределах $\eta = 0,55 \div 0,75$.

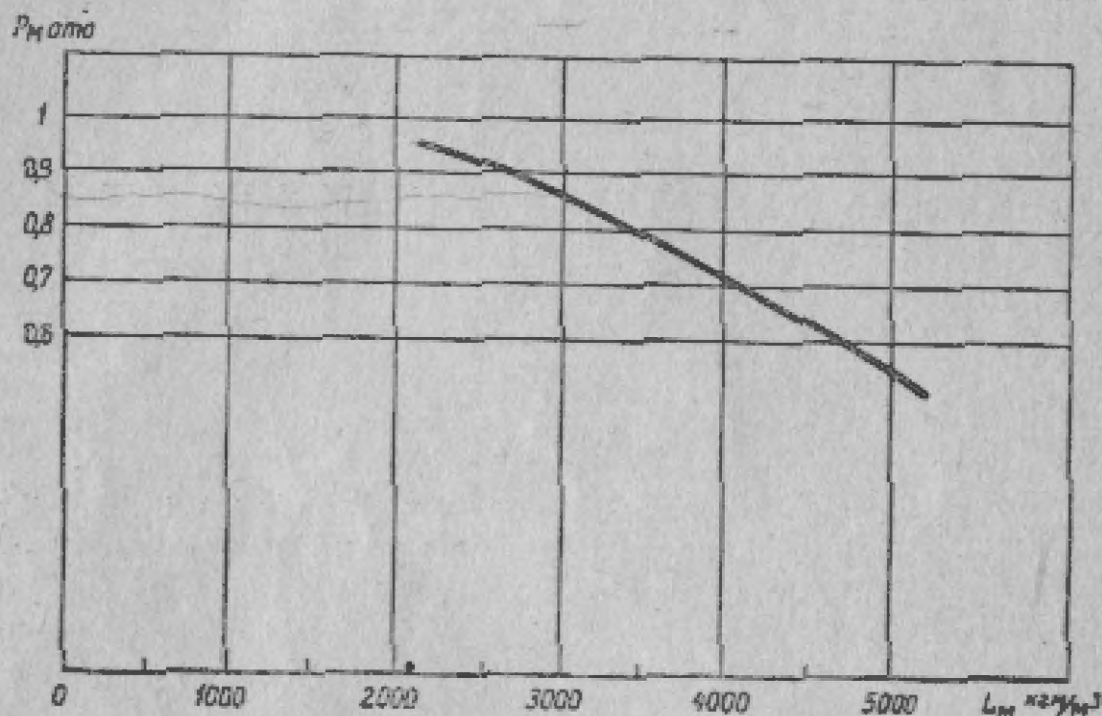
Мощность двигателей воздуходувных машин, работающих на разрежение, подсчитывается по тому же уравнению; при этом потребную работу сжатия 1 м³ воздуха L_m следует выбирать в зависимости от P_m по графику, приведенному на фиг. 30.

При определении мощности двигателя центробежного вентилятора следует пользоваться формулой

$$N = \frac{P \cdot V}{60 \cdot 102 \cdot \eta_v \cdot \eta_p} \text{ кВт},$$

где P — напор, создаваемый вентилятором в кг/м^2 ;

V_0 — расход воздуха в $\frac{\text{м}^3}{\text{мин}}$;



Фиг. 30. График зависимости L_K от P_M

η_v — к. п. д. вентилятора (0,5 — 0,6);

η_p — к. п. д. привода вентилятора (0,85 — 0,95).

При давлении воздуха и температуре, отличающихся от нормальных условий ($\gamma = 1,2 \text{ кг/м}^3$; $B = 760 \text{ мм рт. ст.}$; $t = +20^\circ \text{C}$) производится расчет напора P по формуле

$$P = P_p \cdot \frac{t + 273}{293} \cdot \frac{760}{B} \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}. \quad (5)$$

ХVI. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА

ЗАДАНИЕ

Подлежит транспортированию сухой глинозем с удельным весом $\gamma = 3,85 \text{ т/м}^3$ с производительностью $Q = 50 \text{ т/час}$ по трубопроводам различной конфигурации с помощью загрузочных устройств камерного типа.

✓ **Пример 1.** Чистый подъем материала на высоту 20 м (схема I).

1. Скорость транспортирующего воздуха определяется по формуле (11)

$$v_a = \alpha \sqrt{\gamma_m} = 5 \sqrt{3,85} = 9,8 \text{ м/сек.}$$

Значения α выбираются по таблице 2. Для схемы I α принимается равным 5, а из графика, приведенного на фиг. 23, определено $\mu = 180$.

Так как глинозем сухой, весьма сыпучий материал, с большим удельным весом, то для него принимаются средние значения μ .

2. Внутренний диаметр трубопровода определяется по формуле (15)

$$d_i = \sqrt{\frac{60}{3,4 \cdot 9,8 \cdot 180}} = 0,1 \text{ м} = 100 \text{ мм.}$$

3. Потребный расход воздуха определяется из уравнения 20 с учетом необходимости заполнения объема камеры сжатым воздухом

$$V = \frac{\pi \cdot d_i^2}{4} \cdot v_a + \frac{Q_p \cdot P}{\sigma \cdot \gamma_0 \cdot 3600} = 0,078 + \frac{60 \cdot 2,5}{0,8 \cdot 0,96 \cdot 3600} =$$

$$= 0,133 \text{ м}^3/\text{сек} = 7,1 \text{ м}^3/\text{мин.}$$

4. Потребное давление воздуха в начале трубопровода определяется по формуле 26

$$P_n = C \frac{H \cdot \gamma_a \cdot \mu}{10^4} = \frac{201 \cdot 2 \cdot 2,2 \cdot 180}{10^4} = 0,95 \text{ атм.}$$

Коэффициент C выбирается равным 1,2 (см. стр. 45), $\gamma_a = 2,2 \text{ кг/м}^3$ выбирается из табл. 11 ориентировочных значений.

Пример 2. Подъем материала по вертикальному трубопроводу на высоту в 20 м и перемещение его по горизонтальному участку в 15 м (схема II)

1. Скорость транспортирующего воздуха определяется по формуле 11

$$v_a = \alpha \sqrt{\gamma_m} = 7 \sqrt{3,85} = 13,7 \text{ м/сек.}$$

Значение $\alpha = 7$ выбирается из таблицы 2, а из графика, приведенного на фиг. 23, для схемы II выбирается значение $\mu = 130$.

2. Внутренний диаметр трубопровода определяется по формуле 15

$$d_i = \sqrt{\frac{Q_{пр}}{3,4 \cdot v_a \cdot \mu}} = \sqrt{\frac{60}{3,4 \cdot 13,7 \cdot 130}} \approx 0,1 \text{ м} = 100 \text{ мм.}$$

3. Потребный расход воздуха определяется из уравнения с учетом необходимости заполнения объема камеры сжатым воздухом

$$V = \frac{\pi \cdot d_{\tau}^2}{4} \cdot v_{\text{в}} + \frac{Q_{\text{р}} \cdot P}{\sigma \cdot \gamma_0 \cdot 3600} = 0,165 \text{ м}^3/\text{сек} \approx 10 \text{ м}^3/\text{мин.}$$

4. Потребное давление воздуха в начале транспортного трубопровода определяется по ф-ле 27 для

$$P_{\text{н}} = C \frac{(H + 0,2 L_{\text{с}}) \cdot \gamma_{\text{н}} \cdot \mu}{10^4} = \frac{1,4 \cdot 23 \cdot 3,3 \cdot 130}{10^4} = 1,38 \text{ атм.}$$

где C выбирается равным 1,4 (см. стр. 45).

Из таблицы 11 ориентировочных значений выбирает $\gamma_{\text{н}} = 4,0 \text{ кг/м}^3$ (как среднее значение объемного веса воздуха в вертикальном участке трубопровода).

Пример 3. Транспортирование материала по трубопроводу, состоящему из двух горизонтальных участков по 20 м и одного вертикального участка между ними высотой 20 м (схема III).

1. Скорость транспортирующего воздуха определяется по ф-ле 11

$$v_{\text{в}} = \alpha \sqrt{\gamma_{\text{н}}} = 9 \sqrt{3,85} = 15,7 \text{ м/сек};$$

выбираем из значений, приведенных на фиг. 23, для схемы III

$$\alpha = 9 \text{ и } \mu = 90.$$

2. Внутренний диаметр трубопровода определяется по ф-ле 15

$$d_{\tau} = \sqrt{\frac{Q_{\text{р}}}{3,4 \cdot v_{\text{в}} \cdot \mu}} = \sqrt{\frac{60}{3,4 \cdot 15,7 \cdot 90}} \approx 0,114 \text{ м} = 114 \text{ мм.}$$

3. Потребный расход воздуха определяется из уравнения с учетом необходимости заполнения объема камеры сжатым воздухом

$$\begin{aligned} V &= \frac{\pi \cdot d_{\tau}^2}{4} \cdot v_{\text{в}} + \frac{Q_{\text{р}} \cdot P}{\sigma \cdot \gamma_0 \cdot 3600} = 0,0104 \cdot 15,7 + \frac{60 \cdot 3}{0,8 \cdot 0,06 \cdot 3600} = \\ &= 0,228 \text{ м}^3/\text{сек} \approx 14 \text{ м}^3/\text{мин.} \end{aligned}$$

4. Потребное давление воздуха в начале трубопровода определяется по ф-ле 28.

Для этого необходимо вначале определить приведенную длину транспортирования по уравнению 14

$$L_{\text{пр}} = \Sigma l_r + \Sigma l_v + \Sigma l_{\text{эк}} = 2 \cdot 20 + 20 + 2 \cdot 9 = 78 \text{ м.}$$

Для определения λ_m по графику, приведенному на фиг. 25, определяется вспомогательная величина S по ф-ле 23

$$S = \frac{\mu \cdot L_{\text{пр}} \cdot v_B^2}{d_r} = \frac{90 \cdot 78 \cdot 15,7^2}{0,114} = 1,52 \cdot 10^6.$$

Из графика, приведенного на фиг. 25 (интерполяцией), определяем

$$\lambda_m = 28 \cdot 10^{-7}.$$

5. Потери давления на трение материала в трубопроводе определяются по ф-лам 21 и 22

$$P_n' = \sqrt{1 + \frac{\lambda_m \cdot \mu \cdot L_{\text{пр}} \cdot v_B^2}{d_r}} = \sqrt{1 + 28 \cdot 10^{-7} \cdot 0,152 \cdot 10^7} = 2,3 \text{ атм.}$$

6. Потери давления на преодоление веса вертикального столба смеси материала с воздухом определяются по ф-ле 24

$$P_n = \frac{H \cdot \gamma_B \cdot \mu}{10^4} = \frac{20 \cdot 3 \cdot 90}{10^4} = 0,54 \text{ атм.}$$

7. Потребное давление воздуха в начале трубопровода будет

$$P_n = P_n' + P_n = 2,3 + 0,54 = 2,84 \text{ атм} = 1,84 \text{ ати.}$$

Пример 4. Транспортирование материала по горизонтали на расстояние $L_{\text{пр}} = 500$ м и по вертикали на высоту $H = 20$ м (схема IV).

1. Определяем скорость транспортирующего воздуха по ф-ле 10

$$v_B = \alpha \sqrt{\gamma_m} + B L_{\text{пр}}^2 = 13 \sqrt{3,85} + 3 \cdot 10^{-5} \cdot 2,5 \cdot 10^5 = 33 \text{ м/сек.}$$

Для сухого абразивного материала принимается $B = 3 \cdot 10^{-5}$.

Из табл. 2 и графика, приведенного на фиг. 24, выбираются (как средние рекомендованного диапазона величин) для схемы IV значения $\alpha = 13$ и $\mu = 20$.

2. Внутренний диаметр трубопровода определяется по ф-ле 17

$$d_r = \sqrt{\frac{Q_p}{3,4 \cdot (\alpha \sqrt{\gamma_m} + B \cdot L^2) \cdot \mu}} = \sqrt{\frac{60}{3,4 \cdot 33 \cdot 20}} = 0,163 \text{ м} \approx 165 \text{ мм.}$$

3. Потребный расход воздуха определяется из уравнения 20 с учетом необходимости заполнения объема камеры сжатым воздухом

$$V = \frac{\pi \cdot d_r^2}{4} \cdot v_s + \frac{Q_p \cdot P}{\sigma \cdot \gamma_0 \cdot 3600} = 0,0214 \cdot 33 + \\ + \frac{60 \cdot 55}{0,8 \cdot 0,96 \cdot 3600} = 0,705 + 0,12;$$

$$V = 0,825 \text{ м}^3/\text{сек} = 49 \text{ м}^3/\text{мин.}$$

4. Потребное давление воздуха в начале трубопровода определяется по ф-ле 28.

Для этого по ф-ле 23 находим значение вспомогательной величины

$$S = \frac{\mu \cdot L_{\text{пр}} \cdot v_s^2}{d_T} = \frac{20 \cdot 500 \cdot 33^2}{0,165} = 6,67 \cdot 10^7.$$

Из графика, приведенного на фиг. 25, определяем

$$\lambda_m = 7 \cdot 10^{-7}.$$

5. Потери давления на трение материала в трубопроводе определяются по ф-ле 21 и 22

$$P_k = \sqrt{1 + \frac{\lambda_m \cdot \mu \cdot L_{\text{пр}} \cdot v_s^2}{d_T}} = \sqrt{1 + 7 \cdot 10^{-7} \cdot 6,67 \cdot 10^7} = 6,9 \text{ атм.}$$

6. Потери давления на преодоление веса вертикального столба смеси материала с воздухом определяются по ф-ле

$$P_n = \frac{H \cdot \gamma_{\text{в}} \cdot \mu}{10^4} = \frac{20 \cdot 3 \cdot 20}{10^4} = 0,12 \text{ атм.}$$

Табл. 16

Расчётные данные по примерам 1—4

Параметры	Ед. изм.	Схема I	Схема II	Схема III	Схема IV
L_r	м	—	15	20+20	—
H	м	20	20	20	20
$L_{\text{пр}}$	м	20	—	78	500
d_T	мм	100	100	114	165
Расход воздуха V	м ³ /мин	71	10	14	49
Потребное давление в начале трубопровода P	атм	~0,95	~1,38	1,85	6,2

7. Потребное давление воздуха в начале трубопровода

$$P_n = P'_n + P_n = 6,9 + 0,12 = 7,2 \text{ ата} \approx 6,2 \text{ ати.}$$

Пример 5. Транспортированию подлежит цемент от мельниц в силосы склада.

Заданы:

Производительность по цементу — 65 т/час

Общая длина подачи по горизонтали — 180 м

Общая высота подачи — 41 м

Количество колен — 5

Количество переключателей — 7

Общая длина трубопровода — 221 м

Тип установки IV — схема трубопровода 4

Загрузочное устройство — камерный питатель

1. Приведенная длина транспортирования определяется по ф-ле 14

$$L_{пр} = \Sigma l_r + \Sigma l_v + \Sigma l_{эк} + \Sigma l_{эп}$$

Σl_r — сумма длин горизонтальных участков — 180 м;

Σl_v — сумма длин вертикальных участков — 41 м;

$\Sigma l_{эк}$ — сумма длин эквивалентных коленам;

$\Sigma l_{эп}$ — сумма длин эквивалентных переключателям трубопровода.

Для колена с углом поворота 90° из табл. 8 при $\frac{R_0}{d_r} = 20$ $l_{эк} = 10$ м.

Первое колено на транспортном трубопроводе от начала трасы можно разбить на два колена с углом поворота 45° каждое.

Для колена с углом поворота 45° $l_{эк} = 4$ м

$$\Sigma l_{эк} = 10 \cdot 4 + 4 \cdot 2 = 48 \text{ м.}$$

Для переключателя трубопровода

$$l_{эп} = 8 \text{ м;}$$

$$\Sigma l_{эп} = 7 \cdot 8 = 56 \text{ м;}$$

$$L_{пр} = 180 + 41 + 48 + 56 = 325 \text{ м.}$$

2. Скорость транспортирующего воздуха на выпуске определяется по ф-ле 10

$$v_n = \alpha \sqrt{\gamma_n} + B L_{пр}^2$$

Коэффициент $\alpha = 12$, учитывающий крупность частиц груза, выбран из табл. 2;

удельный вес частиц груза (по табл. 5) равен $\gamma_n = 3,2 \text{ т/м}^3$
 B — коэффициент, принимаемый $B = (2 + 5) 10^{-5}$;
 для цемента можно принять $B = 3 \cdot 10^{-5}$;
 $L_{пр}$ — приведенная длина транспортирования;

$$v_g = 12 \sqrt{3,2 + 3 \cdot 10^{-5} \cdot 325^2} = 24,57 \text{ м/сек.}$$

3. Весовая концентрация смеси определяется по опытной кривой в зависимости от $L_{пр}$ из графика, приведенного на фиг. 2 для схемы 4

$$\mu = 35 \text{ кг/кг.}$$

4. Внутренний диаметр трубопровода определяется по ф-ле

$$d_r = \sqrt{\frac{Q_p}{3,4 \cdot v_g \cdot \mu}} = \sqrt{\frac{65}{3,4 \cdot 24,6 \cdot 35}} = 0,149 \text{ м.}$$

По ГОСТ 301—50 подбираем стальную бесшовную трубу ближайшего размера с наружным диаметром 159 мм и толщиной стенки 5 мм ($d_r = 149 \text{ мм}$).

5. Потребный расход воздуха определяется по ф-ле 18

$$V = \frac{\pi \cdot d_r^2}{4} \cdot v_g = 0,785 \cdot 0,165^2 \cdot 24,57 = 0,43 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

6. Потребное давление воздуха в начальной точке транспортного трубопровода определяется по ф-ле 28

$$P_n = \sqrt{1 + \frac{\lambda_m \cdot \mu \cdot L_{пр} \cdot v_g^2}{d_r}} + \frac{H \cdot \gamma_n \cdot \mu}{10^4} \text{ ата;}$$

где λ_m — опытный коэффициент, зависящий от вспомогательной величины S , определяемой по ф-ле 23

$$S = \frac{\mu \cdot L_{пр} \cdot v_g^2}{d_r} = \frac{35 \cdot 325 \cdot 24,57^2}{0,149} = 46 \cdot 10^6.$$

По вычисленной величине S находим из графика, приведенного на фиг. 25, $\lambda_m = 8 \cdot 10^{-7}$.

Принимая удельный вес воздуха (средний для данного участка с подъемом) $\gamma_n = 1,9 \text{ кг/м}^3$ для вертикального участка в конце трубопровода

$$P_n = \sqrt{1 + \frac{8 \cdot 10^{-7} \cdot 35 \cdot 325 \cdot 24,57^2}{0,149}} + \frac{41 \cdot 1,9 \cdot 35}{10^4} \approx 6,28 \text{ ата} \approx 5,28 \text{ ат}$$

7. Потребное давление воздуха в воздухопроводе у компрессора будет

$$P_m = P_n \cdot \alpha' + P_n.$$

где α' — коэффициент потерь в загрузочном устройстве, зависящий от конструкции аэрирующих устройств; принимается равным 1,05;

P_v — потери давления в подводящем воздухопроводе

$$P_v \approx 0,2 \text{ кг/см}^2;$$

$$P_m = 5,28 \cdot 1,05 + 0,2 = 5,8 \text{ ати.}$$

8. Потребная производительность компрессора определяется по ф-ле 18

$$V = \frac{\pi \cdot d_r^2}{4} \cdot v_v \cdot \xi \cdot 60 \text{ м}^3/\text{мин},$$

где ξ — коэффициент, учитывающий неплотности в системе трубопроводов; принимается равным 1,1;

$$V = \frac{3,14 \cdot 0,149^2}{4} \cdot 24,57 \cdot 1,1 \cdot 60 = 28,3 \text{ м}^3/\text{мин}.$$

9. Потребная мощность двигателя компрессора определяется по уравнению 48

$$N_m = \frac{L_m \cdot V_0}{60 \cdot 102 \cdot \eta} \text{ кВт};$$

L_m — теоретическая работа компрессора, отнесенная к м^3 засасываемого воздуха;

$$L_m = 23\,030 \cdot P_0 \cdot \lg \frac{P_v}{P_0},$$

где P_0 — атмосферное давление $\approx 1 \text{ ати}$;

$$L_m = 23\,030 \cdot 1 \cdot \lg \frac{4,42}{1} = 19,3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3;$$

η — к. п. д. компрессора, равен 0,8.

$$N_m = \frac{19,3 \cdot 10^3 \cdot 28,3}{60 \cdot 102 \cdot 0,8} \approx 149 \text{ кВт}.$$

10. Расход воздуха на 1 т цемента

$$V_{ya} = \frac{V \cdot 60}{Q_p};$$

$$V_{ya} = \frac{28,3 \cdot 60}{65} \approx 26,2 \text{ м}^3/\text{т}.$$

Пример 6. Транспортированию подлежит сухой уголь (антрацитовое семячко) крупностью частиц до 20 мм от бункера к по

мольной установке. Применена нагнетательная установка — тип с загрузочным устройством — барабанным шлюзовым затвором.
Заданы:

Производительность установки — $Q_p = 8 \text{ т/час}$

Удельный вес угля $\gamma_m = 1,4 \text{ т/м}^3$

Влажность — $\varphi = 0,6\%$

Высота транспортирования — $H_{\max} = 16 \text{ м}$

Длина горизонтального участка $L = L_1 + L_2 = 45 + 30 \text{ м}$

На трассе имеется 2 колена с углом $\alpha = 90^\circ$

Схема установки приведена на фиг. 6.

1. Скорость транспортирования определяется по ф-ле 11

$$v_s = \alpha \sqrt{\gamma_m}.$$

Из таблицы 3 выбирается минимальное значение $\alpha = 17$, т. уголь не абразивен и крупность частиц невелика.

$$v_s = 17 \sqrt{1,4} = 17 \cdot 1,185 = 20,2 \cong 20 \text{ м/сек.}$$

По опытным данным концентрация смеси для зернистых материалов принята равной $\mu = 6$ (фиг. 24).

2. Диаметр транспортного трубопровода определится из ф-лы

$$d_r = \sqrt{\frac{Q_p}{3,4 \cdot v_s \cdot \mu}} = \sqrt{\frac{8}{3,4 \cdot 20 \cdot 6}} = 0,142 \cong 0,145 \text{ м.}$$

3. Потребный расход воздуха определяется по формуле 18

$$V = \frac{\pi \cdot d_r^2}{4} \cdot v_s \cdot 60 = \frac{3,14 \cdot 0,145^2}{4} \cdot 20 \cdot 60 = 19,8 \text{ м}^3/\text{мин.}$$

4. Общие потери давления определяются по уравнению 35

$$\Delta P_z = \Delta P_n + \Delta P_m + \Delta P_n + \Delta P_p.$$

5. Потери давления при движении чистого воздуха определяются по формуле 37

$$\Delta P_s = \lambda_s \frac{L_{\text{пр. в}}}{d_r} \cdot \frac{v_s^2 \cdot \gamma_v}{2g} \text{ кг/м}^2;$$

λ_s определяется по отношению $\frac{d_r}{k}$ к числу Re из графика, приведенного на фиг. 27;

k — для новых стальных труб (по табл. 12) равен 0,06 мм;

$$\frac{d_r}{k} = \frac{145}{0,06} = 2430;$$

$$Re = \frac{v_s \cdot d_r}{\nu} = \frac{20 \cdot 0,145}{1,85 \cdot 10^{-6}} = 1,57 \cdot 10^6; \quad \lambda_s = 0,0162.$$

6. Приведенная длина транспортного трубопровода при движении чистого воздуха определяется из уравнения 40

$$L_{пр. в} = L_r + L_b + L_{эмс};$$

$$L_{эмс} = l_{эк} \cdot n,$$

где n — число колен = 2;

$l_{эк}$ — приведенная длина одного колена равная

$$l_{эк} = \xi \frac{d_r}{\lambda_n}; \quad \xi = \xi_0 \cdot A \cdot B \quad (\text{см. фиг. 28}).$$

Коэффициент ξ_0 зависит от отношения $\frac{R}{d_r}$

$$\frac{R}{d_r} = \frac{800}{145} = 5,5;$$

из графика, приведенного на фиг. 28, $\xi_0 = 0,11$.

Поправочный коэффициент A зависит от числа Re ; $A = 0,67$.

Коэффициент B зависит от угла поворота колена α . По графику, изображенному на фиг. 28, для $\alpha = 90^\circ$ B равно 1; следовательно

$$\xi = \xi_0 \cdot A \cdot B = 0,11 \cdot 0,67 \cdot 1 = 0,074;$$

$$l_{эк} = 0,074 \frac{0,145}{0,0162} = 0,66 \text{ м};$$

$$L_{эмс} = 0,66 \cdot 2 = 1,32 \text{ м};$$

$$L_{пр. в} = 45 + 30 + 16 + 1,32 = 92,32 \text{ м};$$

$$\Delta P_n = 0,0162 \frac{92,32}{0,145} \cdot \frac{20^2 \cdot 1,2}{2 \cdot 9,8} = 255 \text{ кг/м}^2.$$

7. Дополнительные потери давления при движении материала определяются по формуле 42

$$\Delta P_m = \lambda_m \cdot \mu \frac{L_{пр.м} \cdot v_n^2 \cdot \gamma_D}{d_r \cdot 2g};$$

$\lambda_m = 0,0025$ определяется из графика, приведенного на фиг. 29.

8. $l_{эк}$ выбрано для зернистых однородных материалов по табл. 10 равным 20 м

$$L_{эмс} = l_{эк} \cdot n = 20 \cdot 2 = 40 \text{ м}.$$

9. Приведенная длина для расчета движения материала определяется из уравнения

$$L_{пр.м} = L_r + L_v + L_{умс} = 45 + 30 + 16 + 2 \cdot 20 = 131 \text{ м};$$

$$\Delta P_m = 0,0025 \cdot 6 \frac{131 \cdot 20^2 \cdot 1,2}{0,145 \cdot 2 \cdot 9,8} = 332 \text{ кг/м}^2.$$

10. Потери давления на подъем материала определяются по ф-ле 46

$$\Delta P_n = \mu \cdot \gamma_m \cdot H \frac{v_v}{v_v - v_k},$$

где v_k — скорость витания частиц равная 7 м/сек;

$$\Delta P_n = 6 \cdot 1,2 \cdot 16 \frac{20}{20 - 7} = 165 \text{ кг/м}^2.$$

11. Потери давления на разгон материала определяются по ф-лы 47

$$\Delta P_p = \xi_0 \cdot \mu \frac{v_v^2 \cdot \gamma_m}{2g};$$

$$\Delta P_p = 1,4 \cdot 6 \frac{20^2 \cdot 1,2}{2 \cdot 9,8} = 205 \text{ кг/м}^2.$$

12. Общая потеря давления

$$\Delta P_z = 255 + 332 + 165 + 205 = 952 \text{ кг/м}^2 = 0,095 \text{ кг/см}^2$$

13. Работа воздуходувной машины, отнесенная к м^3 засасываемого воздуха, определяется из уравнения

$$L_m = 23030 \cdot P_0 \cdot \lg \frac{P_m}{P_0} = 23030 \cdot 1 \cdot \lg \frac{1,29}{1} = 23030 \cdot 0,1106 =$$

$$= 2534 \text{ кг/м}^3,$$

где

$$P_m = \Delta P_z \cdot \alpha + P_0 = 1,095 \cdot 1,15 + 0,05 = 1,29 \text{ атм.}$$

14. Потребная мощность воздуходувки определится из ф-лы

$$N = \frac{V \cdot L_m}{60 \cdot 102 \cdot \eta} = \frac{19,8 \cdot 2534}{60 \cdot 102 \cdot 0,55} = 14,9 \text{ кВт} \approx 15 \text{ кВт.}$$

✓Пример 7. Судна с зерном подлежат разгрузке при помощи всасывающей пневматической установки.

Заданы:

Производительность $Q_p = 50$ т/час

Удельный вес пшеницы $\gamma_m = 1,4$ т/м³

Длина горизонтального участка трассы — 16 м

Длина вертикального участка трассы — 25 м

Количество колен с углом $\alpha = 90^\circ$ — 1

Схема установки приведена на фиг. 5.

1. Скорость транспортирования определяется из формулы 11

$$v_n = \alpha \sqrt{\gamma_m};$$

α принимается по табл. 3 равным 18.

Тогда скорость транспортирования будет

$$v_n = 18 \sqrt{1,4} = 21,5 \text{ м/сек} \approx 22 \text{ м/сек.}$$

По имеющимся опытным данным для зерноперегружателей концентрацию смеси принимаем равной $\mu = 25$ (фиг. 24).

2. Диаметр транспортного трубопровода определится из ф-лы 15

$$d_r = \sqrt{\frac{Q_p}{3,4 \cdot v_n \cdot \mu}} = \sqrt{\frac{50}{3,4 \cdot 22 \cdot 25}} = 0,164 \text{ м.}$$

Принимаем диаметр трубопровода — 0,165 м.

3. Потребный расход воздуха определяется по ф-ле 18

$$V = \frac{\pi \cdot d_r^2}{4} \cdot v_n \cdot 60 = \frac{3,14 \cdot 0,165^2}{4} \cdot 22 \cdot 60 = 28,2 \text{ м}^3/\text{мин.}$$

4. Потери давления определяются по уравнению 35

$$\Delta P_z = \Delta P_v + \Delta P_m + \Delta P_n + \Delta P_p.$$

5. Потери давления при движении чистого воздуха определяются по ф-ле 37

$$\Delta P_v = \lambda_v \frac{L_{\text{пр.в.}}}{d_r} \cdot \frac{v_n^2 \cdot \gamma_v}{2g} \text{ мм вод. ст.};$$

определяется по отношению $\frac{d_r}{k}$ и числу Re из графика, приведенного на фиг. 27.

Принимая k для новых стальных труб из табл. 12, равным 0,06, получим

$$\frac{d_r}{k} = \frac{0,165}{0,06} = 2,75;$$

$$Re = \frac{20 \cdot 0,165}{185 \cdot 10^{-6}} = 1,78 \cdot 10^5;$$

$$\lambda_v = 0,0158.$$

6. Приведенная длина транспортного трубопровода при движении чистого воздуха определяется из уравнения 40

$$L_{\text{пр. в}} = L_r + L_v + L_{\text{эмс.}}$$

Из-за малости величиной $L_{\text{эмс}}$ пренебрегаем

$$L_{\text{пр. в}} = 25 + 16 = 41 \text{ м.}$$

7. Потери давления в трубопроводе при движении чистого воздуха будут

$$\Delta P_v = 0,0158 \frac{41}{0,165} \cdot \frac{22^2 \cdot 1,2}{2 \cdot 9,8} = 118 \text{ мм вод. ст.}$$

8. Дополнительные потери давления при движении материала определяются по ф-ле 42

$$\Delta P_m = \lambda_m \cdot \mu \frac{L_{\text{пр. м}} \cdot v_v^2 \cdot \gamma_v}{d_r \cdot 2g},$$

$\lambda_m = 0,0025$ определяем из графика, приведенного на фиг.

$$L_{\text{пр. м}} = 25 + 16 + L_{\text{эмс.}}$$

$$L_{\text{эмс}} = l_{\text{эм}} \cdot n; \quad l_{\text{эм}} = 14; \quad n = 4;$$

$$L_{\text{пр. м}} = 25 + 16 + 4 \cdot 14 = 97 \text{ м;}$$

$$\Delta P_m = 0,0025 \cdot 25 \frac{97 \cdot 22^2 \cdot 1,2}{0,165 \cdot 2 \cdot 9,8} = 1100 \text{ мм вод. ст.}$$

9. Потери давления на подъем материала определяются по формуле 46

$$\Delta P_n = \mu \cdot \gamma_v \cdot H \frac{v_n}{v_n - v_k},$$

где v_k — скорость витания зерна равная 0,95 м/сек;

$$\Delta P_n = 25 \cdot 1,2 \cdot 25 \frac{22}{22 - 0,95} = 770 \text{ мм вод. ст.}$$

10. Потери давления на разгон определяются из ф-лы 47

$$\Delta P_p = \xi \cdot \mu \frac{v_v^2 \cdot \gamma_v}{2g}; \quad \xi = 1,6;$$

$$\Delta P_p = 1,6 \cdot 25 \frac{22^2 \cdot 1,2}{2 \cdot 9,8} = 1190 \text{ мм вод. ст.}$$

11. Общая потеря давления составит

$$\Delta P_z = 118 + 1100 + 770 + 1190 = 3078 \text{ мм вод. ст.}$$

Разрежение $P = 1 - 0,308 = 0,692 \text{ атм.}$

В зависимости от разрежения определяем удельную работу из графика, приведенного на фиг. 30

$$L_m = 4700 \text{ кдж/м}^3.$$

12. Потребная мощность воздухоподготовки определяется из ф-лы 48

$$N = \frac{V \cdot L_m}{60 \cdot 75 \cdot \eta} = \frac{28,2 \cdot 4700}{60 \cdot 75 \cdot 0,55} = 53,5 \text{ л. с.} = 39,5 \text{ квт.}$$

Пример 8. Из нескольких точек в одну подлежит транспортированию с производительностью $Q = 3,5 \text{ т/час}$ гранулированный вулкан.

Удельный вес каучука — $0,95 \text{ т/м}^3$. Схема транспортного трубопровода аналогична представленной на фиг. 5. В схеме имеется 4 колена под углом 90° и одно колено под углом 30° . Причем транспортный трубопровод имеет горизонтальные участки общей длиной 28 м и вертикальный участок 15 м при 3-х коленах под углом 90° . Длина воздухопровода с горизонтальным участком — 3 м с двумя коленами — одно под углом в 90° , а другое в 30° .

Проектируется всасывающая установка по типу II.

1. Скорость транспортирующего воздуха у сопла определяется по ф-ле 11

$$v_0 = \alpha \sqrt{\gamma_m} = 25 \sqrt{0,95} \cong 24,4 \text{ м/сек.}$$

Эта скорость достаточна для осуществления транспорта сухих гранул и непрерывного тока воздуха. Учитывая липкость гранул, возможность срыва вакуума при применении автоматической системы и необходимость подъема осевшего на горизонтальном участке материала, принимаем

$$v_n = 2 \cdot v_0 = 2 \cdot 24,4 \cong 50 \text{ м/сек.}$$

2 — коэффициент запаса скорости, обеспечивающий перемещение осевших и отдельных прилипших частиц.

Концентрация смеси μ по опытным данным для выполисных установок принимается равной 0,43 (случай особых свойств материала).

2. Диаметр трубопровода определяется из ф-лы 15

$$d_r = \sqrt{\frac{Q_p}{3,4 \cdot v_n \cdot \mu}} = \sqrt{\frac{3,5}{3,4 \cdot 50 \cdot 0,45}} \cong 0,22 \text{ м.}$$

3. Потребный расход воздуха определяется из ф-лы 18

$$V = \frac{\pi \cdot d_r^2}{4} v_v \cdot 60 = 0,782 \cdot 0,22^2 \cdot 50 \cdot 60 = 114 \text{ м}^3/\text{мин.}$$

4. Потери давления определяются по уравнению 35

$$\Delta P_z = \Delta P_n + \Delta P_m + \Delta P_n + \Delta P_p.$$

Потери давления при движении чистого воздуха определяются по формуле 37

$$\Delta P_n = \lambda_0 \frac{L_{\text{пр.в}}}{d_r} \cdot \frac{v_v^2 \cdot \gamma_v}{2g} \text{ кг/м}^2.$$

Принимая k для новых стальных труб из табл. 12 равным 0,06, по отношению $\frac{d_r}{k} = \frac{220}{0,06} = 3600$ и числу Рейнольда $Re = \frac{v \cdot d}{\nu} = 5,9 \cdot 10^5$ находим из графика, приведенного на фиг. 27

$$\lambda_v = 0,0145.$$

5. Приведенная длина транспортного трубопровода при движении чистого воздуха определяется по уравнению 40.

Здесь учтена длина транспортного трубопровода и воздухопровода между отделителем 3 и фильтром 4 (фиг. 5).

$$L_{\text{пр.в}} = \Sigma l_r + \Sigma l_n + \Sigma l_{\text{эмс.}}$$

В схеме трубопровода имеются четыре колена по 90° и одно колено в 30° .

$$l_{\text{эмс}} = \frac{\xi \cdot d_r}{\lambda_v},$$

где $\xi = \xi_0 \cdot A \cdot B$ определяется из таблиц 13 и 14 и фиг. 28.

Для колена — 90°

$$l_{\text{эмс}} = 0,079 \cdot \frac{0,22}{0,0145} \approx 1,2 \text{ м};$$

для колена — 30°

$$l_{\text{эмс}} = 0,051 \cdot \frac{0,22}{0,0145} = 0,8 \text{ м};$$

тогда

$$\Sigma l_{\text{эмс}} = 4 \cdot 1,2 + 0,8 = 5,6 \text{ м.}$$

Приведенная длина трубопровода при движении чистого воздуха будет

$$L_{пр.в} = 231 + 15 + 5,6 \approx 252 \text{ м.}$$

6. Потери давления в трубопроводе при движении чистого воздуха будут

$$\Delta P_v = 0,0145 \frac{252 \cdot 50^2 \cdot 1,2}{0,22 \cdot 2 \cdot 9,81} = 2530 \text{ кг/м}^2.$$

7. Дополнительные потери давления при движении материала определяются по ф-ле 42

$$\Delta P_m = \lambda_m \frac{\mu \cdot L_{пр.м} \cdot v_v^2 \cdot \gamma_v}{d_T \cdot 2g};$$

$\lambda_m = 0,0025$ получаем из графика, приведенного на фиг. 29, в зависимости от числа Фруда

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{d_T g}} = \frac{50}{\sqrt{0,22 \cdot 9,81}} \approx 34.$$

Приведенная длина для расчета трубопровода при движении материала

$$L_{пр.м} = \Sigma l_r + \Sigma l_v + \Sigma l_{эк} = 228 + 15 + 3 \cdot 20 = 303 \text{ м};$$

$l_{эк} = 20 \text{ м}$ берем из таблицы 19;

$$\Delta P_m = 0,0025 \cdot 0,43 \frac{303 \cdot 50^2 \cdot 1,2}{0,22 \cdot 2 \cdot 9,81} \approx 250 \text{ мм вод. ст.}$$

8. Потери давления на подъем материала определяются по ф-ле 46

$$\Delta P_n = \mu \cdot \gamma_v \cdot H \frac{v_v}{v_n - v_k} = \frac{0,43 \cdot 1,2 \cdot 15 \cdot 50}{50 - 15} = 11 \text{ кг/м}^2,$$

где скорость витания для гранул каучука по данным опыта

$$v_k = 15 \text{ м/сек.}$$

9. Потери давления на разгон материала определяются по ф-ле 47

$$\Delta P_p = \xi \cdot \mu \cdot \frac{v_v^2 \cdot \gamma_v}{2g} = \frac{2 \cdot 0,43 \cdot 50^2 \cdot 1,2}{2 \cdot 9,81} = 132 \text{ кг/м}^2.$$

10. Общая потеря давления

$$\Delta P_{\Sigma} = 2530 + 250 + 11 + 132 = 2923 \text{ кг/м}^2.$$

XVII. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ОСНОВНЫХ ВЕЛИЧИН

- d_{τ} — диаметр трубопровода, м
 d_m — диаметр частицы (характерный размер), м
 $L_{пр. в}$ — приведенная длина трубопровода при движении чистого воздуха, м
 $L_{пр. м}$ — приведенная длина трубопровода при движении смеси воздуха с материалом, м
 H — высота вертикального участка трубопровода, м
 v_B — средняя скорость воздуха в поперечном сечении трубы, м/сек
 V_B — потребный расход воздуха при атмосферном давлении, м³/мин; м³/сек
 v_m — средняя скорость движения частиц, м/сек
 v_k — скорость витания частицы, м/сек
 Q — производительность установки, т/час
 μ — весовая концентрация смеси
 γ_B — удельный вес воздуха, кг/м³
 γ_m — удельный вес материала, т/м³
 γ_o — объемный вес материала, т/м³
 φ — влажность материала, %
 λ_m — коэффициент сопротивления при движении смеси материала и воздуха
 λ_B — коэффициент сопротивления при движении чистого воздуха
 P_H — давление сжатого воздуха в начале трубопровода, ата
 P_K — давление сжатого воздуха в конце трубопровода, ата
 P_P — потеря давления на подъем вертикального столба смеси, кг/см²
 P_{Σ} — общая потеря давления в трубопроводе, кг/м³
 ΔP_B — потеря давления при движении чистого воздуха, кг/см²
 ΔP_m — дополнительные потери давления при движении материала, кг/м²
 ΔP_P — потери давления на поддержание транспортируемого материала во взвешенном состоянии на вертикальном участке, кг/м²
 ΔP_P — потери давления на разгон транспортируемых частиц при загрузке их в транспортный трубопровод, кг/м²

$$Fr = \frac{v_B}{\sqrt{d_{\tau} \cdot g}} \quad \text{— число Фруда}$$

$$Re = \frac{v_B \cdot d_{\tau}}{\nu} \quad \text{— число Рейнольдса}$$

$$\nu \text{ — коэффициент вязкости } \frac{\text{см}^2}{\text{сек}}$$

Литература

1. Барт В. — Новейшие исследования процессов при пневматическом транспортировании. Журнал «Die Mühle», № 36, 1954 г.
 2. Дзядзю А. М., Платонов П. Н., Кофман Е. А. — Пневматический транспорт на сельскохозяйственных мельницах. Пищепромиздат, 1954 г.
 3. Калинушкин М. П. — Обеспыливающие установки. Изд. МКХ РСФСР, 1957 г.
 4. Калинушкин М. П., Орловский З. Э., Сегаль И. С. — Пневматический транспорт в строительстве. Госстройиздат, Москва, 1961 г.
 5. Орловский З. Э. — Выбор некоторых расчетных величин при проектировании установок пневматического транспорта. Сб. трудов РИСИ, вып. IX, Ростов-на-Дону, 1957 г.
 6. Сегаль И. С. — Пневматический транспорт в литейном производстве. Московский дом научно-технической пропаганды, 1957 г.
 7. Сегаль И. С. — Пневматические транспортные желоба. Машгиз, 1950 г.
 8. Смолдырев А. Е. — Трубопроводный транспорт. Госгортехиздат, 1961 г.
 9. Спиваковский А. О., Дьячков В. К. — Транспортирующие машины. Машгиз, 1955 г.
 10. Успенский В. А. — Пневматический транспорт. Metallurgizdat, Свердловск, 1959.
 11. Шваб В. А. — Об основных закономерностях сопротивления в горизонтальных трубах при пневматическом транспорте. Труды Томского электромеханического института инженеров железнодорожного транспорта, том XXIX, 1960.
-

ПНЕВМОПОЧТА

(ПНЕВМАТИЧЕСКОЕ ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ ДОКУМЕНТОВ И МЕЛКИХ ПРЕДМЕТОВ)

Пневматическое транспортирование документов и мелких предметов относится к самостоятельной области пневматического транспорта штучных грузов.

Перемещение таких грузов в трубопроводе происходит в калиброванной таре специальной конструкции (так называемом патроне), а в некоторых случаях и без тары, если характер груза это допускает. Диапазон веса штучных грузов, применяемых в этом виде пневмотранспорта, колеблется от нескольких граммов до 15 кг. Перепад давления воздуха, под действием которого происходит перемещение патрона, колеблется в пределах от 300 до 8000 кг/м².

Установившиеся в практике средние скорости движения грузов в трубопроводе колеблются в пределах от 6 до 20 м/сек и определяются различными факторами: длиной и конфигурацией транспортного трубопровода, весом и габаритными размерами груза и т. д.

Для установок пневматического транспортирования штучных грузов общепринято название пневматической почты. Этот термин использован в дальнейшем изложении.

Область применения пневматической почты для транспортирования легковесных грузов очень широка.

Еще в середине прошлого века предпринимались попытки использования принципа пневмопочты в качестве одного из видов пассажирского транспорта. Однако эти попытки практического значения не имели.

Пневматическая почта используется, главным образом, для транспортирования почтовых отправок, посылок, чертежей, деловых бумаг, квитанций, накладных, историй болезни и других документов.

В промышленности предметами пневматического транспортирования являются разные инструменты, лабораторные пробы, образцы металла и резины, мелкие детали и т. д.

В установках бестарного (беспатронного) транспортирования грузами могут быть фрукты, овощи, изделия пищевой промышленности, имеющие определенные габаритные размеры правильной формы (круг, квадрат, прямоугольник и т. д.).

В странах Западной Европы и США пневматическая почта нашла очень широкое применение. Она с успехом заменяет труд курьеров и рассыльных в различных предприятиях. О масштабах развития пневматической почты зарубежом дают представление следующие данные: только в Париже общая протяженность внутригородских трубопроводов пневмопочты превышает 1000 км, в Берлине — 370 км, в Лондоне — 300 км и т. д.

Этот вид пневмотранспорта применяется на почтамтах (для пересылки квитанций, перфокарт, писем, посылок), на телеграфах (для пересылки бланков и телеграмм), в архивах, на аэропортах, в больших проектных организациях, гостиницах, в магазинах и др. торговых предприятиях, в лечебных учреждениях, на больших конференциях и конгрессах, в ресторанах, на самолетах, теплоходах, железнодорожном транспорте (для пересылки поездных документов) и т. д. Пневматическая почта нашла широкое применение также на металлургических и химических предприятиях для пересылки образцов и проб от рабочих мест в лаборатории и обратно.

Вообще пневматическая почта с успехом может быть использована везде, где требуется быстро, надежно и эффективно пересылать те или иные мелкие предметы и документы.

Применение пневматических устройств для пересылки штучных грузов способствует (наряду с осуществлением технологических функций) уменьшению управленческих расходов, ускорению документооборота, экономии времени и повышению оперативности в работе производственного и административного персонала.

Пневматическая почта обладает рядом преимуществ перед другими средствами механизации.

К основным ее достоинствам относятся:

1. Высокая производительность и быстрота доставки за счет применения значительных скоростей (до 20 м/сек).
2. Возможность полной или частичной автоматизации.
3. Возможность обслуживания сложных трасс, а также трасс большой протяженности, исчисляемой километрами.
4. Компактность и малый вес аппаратуры.
5. Большие возможности для унификации узлов и деталей.

Основным недостатком пневмопочты является сравнительно высокий расход электроэнергии.

1. ПНЕВМАТИЧЕСКАЯ ПОЧТА В СССР

Пневматическая почта, несмотря на свои явные достоинства, не заняла еще надлежащего места в СССР. Этот весьма эффективный вид механизации преимущественно внутриучрежденческо-

го и городского средства связи продолжает оставаться до сего времени еще не освоенным отечественной промышленностью.

В настоящее время в СССР насчитывается не более двух десятков действующих установок пневмопочты, в том числе до десяти импортных (на Московском и Ленинградском главпочтамтах, на Центральном московском телеграфе, в издательстве газеты «Правда», на Московском и Днепропетровском шинных заводах и на некоторых междугородных телефонных станциях).

Отечественные установки выполнены кустарно и далеко не совершенны в работе.

Ни одна из проектных организаций не занимается систематически конструктивной разработкой пневмопочты, и богатый опыт зарубежных стран в проектировании и эксплуатации этого вида пневмотранспорта в СССР должным образом не используется.

Можно указать лишь на проектные институты: «Гипромез» и «Транссигналсвязь», где частично ведется разработка некоторых видов пневмопочты.

В период с 1950 по 1955 г. ряд проектов был разработан ЦПКО «Союзпроммеханизации» и институтом «Гипросвязь».

Такое положение в значительной степени объясняется отсутствием в СССР производственной базы для изготовления оборудования и должного внимания этому средству механизации.

В ближайшее время будет выделен специализированный завод для изготовления и доводки наиболее ходовых типоразмеров опытных образцов оборудования пневмопочты. Разработкой указанного типового оборудования уже с 1961 г. занимается ВНИИПТМАШ, используя последние достижения техники в этой области.

По проекту ВНИИПТМАШ'a должен быть механизирован средствами пневмопочты строящийся в настоящее время крупнейший почтамт при Казанском вокзале в г. Москве. Общая протяженность транспортных трубопроводов пневмопочты этого почтамта составляет свыше 2-х км.

В дальнейшем установки пневмопочты такого же типоразмера будут запроектированы для других предприятий.

II. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ ПНЕВМОПОЧТЫ

Движение патронов в установках пневмопочты обеспечивается давлением воздуха. Патрон под действием этого давления перемещается по трубе с определенными минимальными зазорами между уплотняющими поверхностями корпуса патрона и стенкой трубы. Уплотняющими элементами служат головка и хвостовик патрона, изготавливаемые из кожи, фетра, резины или какого-либо другого эластичного материала. Головка и хвостовик являются одновременно и центрирующими элементами движущегося патрона. Величина зазора определяет степень отставания патрона от воздуха

(так назыв. «скольжение») и возможность прохода патрона через непрямолинейные участки трубопровода.

На фиг. 1 представлены несколько типов патронов, различающихся диаметром, длиной, способом вложения груза, запирающим устройством и пр.

На фиг. 2 изображен патрон для трубопровода прямоугольного сечения. Ввиду значительного веса груза патрон снабжен ручкой для удобства обслуживания.

Патрон является одним из основных элементов оборудования пневмопочты и его размеры определяют все узлы и устройства установки.

Конструкция и габаритные размеры патрона зависят от транспортируемого груза и могут быть самыми различными.

Закладка груза может осуществляться как с торца, так и с боковой стороны; запирающее устройство может быть выполнено в виде прижимной пружины, крышки с кнопочным замком и другими способами. Диаметр гильзы патрона для круглого трубопровода достигает 400 мм, начиная от 25 мм.

Основными требованиями, предъявляемыми к патрону, являются: долговечность в работе, надежность затвора, предохраняющего груз от выпадания во время движения, небольшой вес, удобство вложения и вынимания груза.

В состав оборудования пневматической почты входят следующие узлы и группы элементов: 1) транспортный трубопровод; 2) путевое оборудование; 3) приемно-отправительное устройство; 4) воздуходувное оборудование.

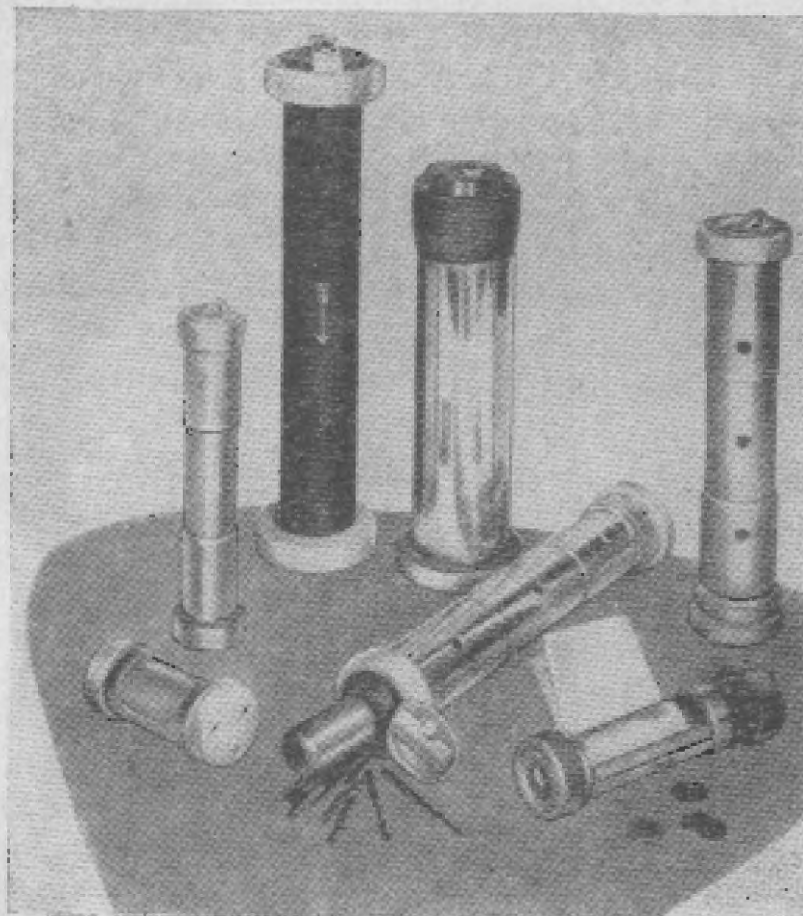
У транспортных трубопроводов, помимо достаточной механической прочности, для максимального снижения всех сопротивлений движению должны быть возможно более точные внутренние размеры и весьма гладкая внутренняя поверхность. Кроме перечисленного, трубопроводы должны быть устойчивы против коррозии.

Трубопроводы пневмопочты изготавливаются из латуни, алюминиевых сплавов, нержавеющей стали, полиэтилена, винипласта и т. д.

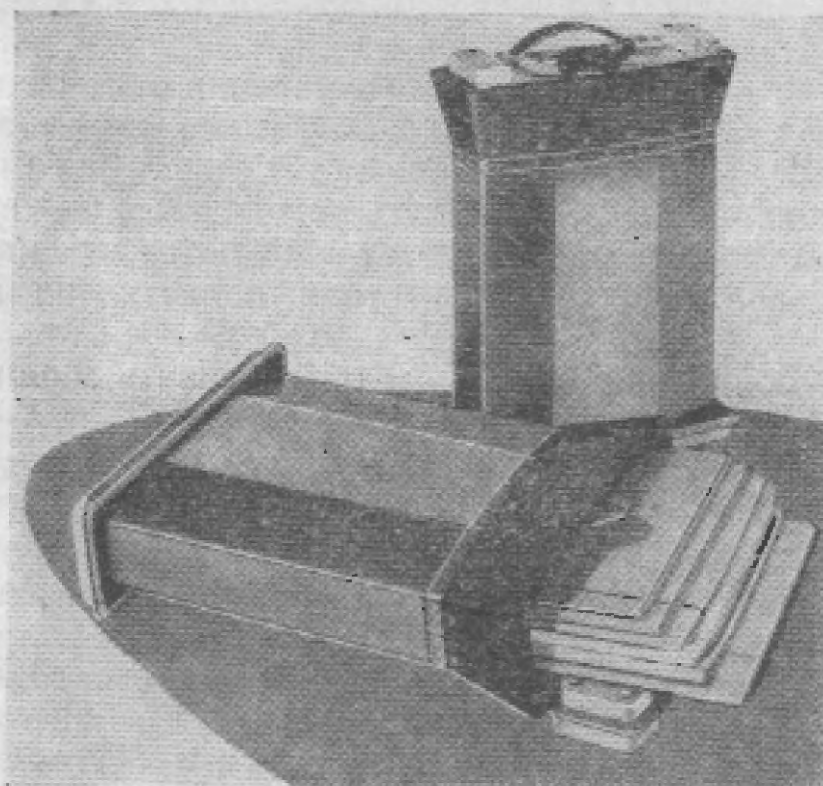
Стыки трубопроводов должны обеспечивать полную герметичность системы.

В качестве воздуходувных машин на установках пневмопочты могут быть использованы как машины объемного типа: пластинчатые роторные, с вращающимися поршнями типа Рута, винтовые и др., так и лопастные: высоконапорные одноступенчатые и многоступенчатые вентиляторы.

Основными требованиями, предъявляемыми к воздуходувкам пневмопочты, являются: незначительная потребность в смазке внутренних частей, отсутствие распыляемых масел, высокий коэффициент полезного действия, небольшой вес и отсутствие масс с поступательным движением (отсюда легкий фундамент и спокойный ход), небольшие габаритные размеры.



Фиг. 1. Типы патронов для установок пневмопочты с трубопроводом круглого сечения



Фиг. 2. Патрон для установки пневмопочты с прямоугольным трубопроводом

В случае необходимости для осушки воздуха применяются специальные холодильные устройства.

Отправка и прием патронов производятся на так называемых приемно-отправительных станциях, число и местоположение которых определяется технологическими требованиями.

Приемно-отправительные станции оборудуются специальными шлюзовыми устройствами, позволяющими вводить патроны в транспортный трубопровод и принимать их без значительного нарушения режима работы установки.

На фиг. 3 приведена простейшая приемно-отправительная станция. Патрон выходит из трубопровода через наклонный клапан 1 после прохождения колена; отправление патрона происходит через отправительную воронку 2.

На фиг. 4 представлена приемно-отправительная распределительная станция, имеющая двухстороннюю связь с другими станциями. На ней может осуществляться пересотправка патронов с одной линии на другую. Отправителем служит открытый конец (справа), через который поступает воздух в систему. Включение воздухоудовки дистанционное от кнопки в столе станции.

Подобная установка имеется на московском шинном заводе.

Более подробное описание устройства и работы приемно-отправительных станций, а также и другого оборудования пневмопочты приведено ниже.

Управление движением патронов осуществляется целым рядом узлов, составляющих группу элементов путевого оборудования. К ним относятся стрелки, позволяющие делать трассу трубопровода разветвленной, контакты, на которые воздействуют патроны при движении, отводы, колена и др.

Путевое оборудование монтируется непосредственно на транспортном трубопроводе.

Управление работой установки осуществляется по схемам различной сложности, включающим электрические, электромеханические и пневматические устройства.

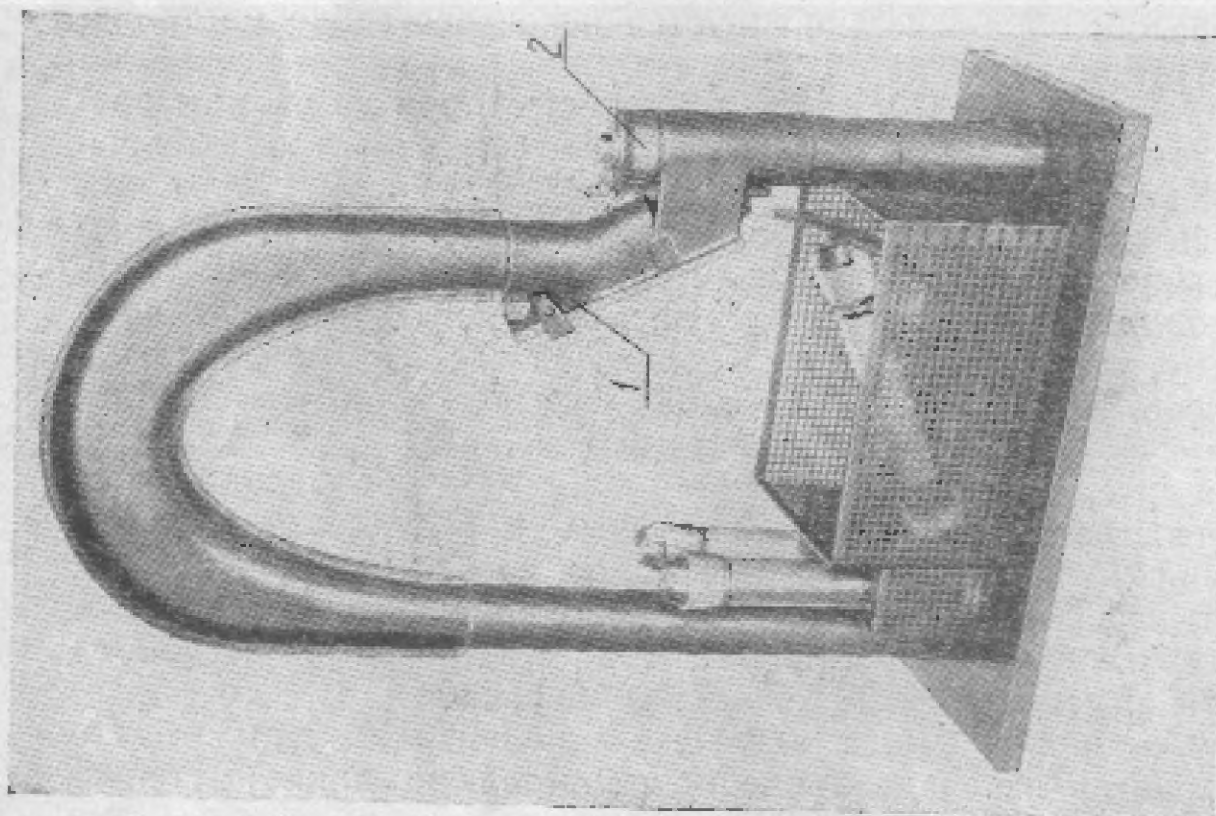
Степень автоматизации работы установки зависит от сложности трассы, необходимой производительности, числа станций и т. д. Выбор схемы управления, равно как и предпочтение этому виду непрерывного транспорта перед другими, должен определяться прежде всего экономической эффективностью проектируемой установки.

По характеру перепада давления в системе трубопроводов установки пневмопочты могут быть 3-х типов:

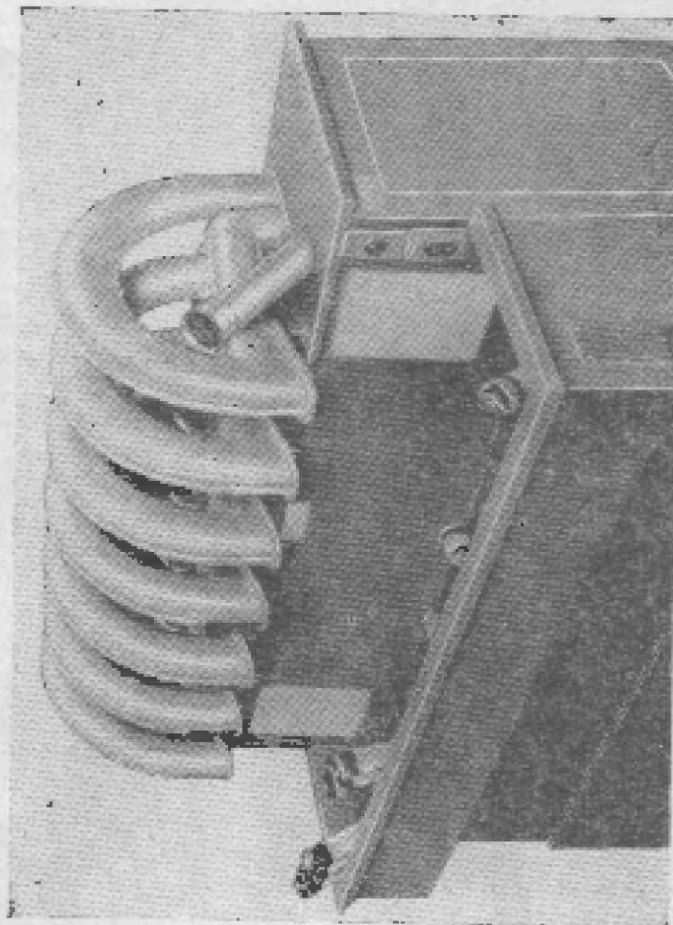
1) напорными или нагнетательными, в которых патрон перемещается под действием нагнетаемого в трубопровод воздуха;

2) всасывающими или вакуумными, когда патрон перемещается за счет разрежения, создаваемого в трубопроводе;

3) комбинированными, т. е. всасывающе-нагнетательными, у которых характер перепада давления меняется по длине трубопровода.



Фиг. 3. Приемно-отправительная станция установки пневмопечей кольцевого тела с трубопроводом круглого сечения



Фиг. 4. Распределительная приемно-отправительная станция для ручной переотправки патронов на семь линий

В зависимости от рода перемещаемого груза пневмопочта может быть патронной и беспатронной. Примером груза для беспатронной почты могут являться всевозможные ярлыки, карточки. Необходимая при этом парусность вложения создается загибом конца карточки. Плотность бумаги должна обеспечивать сохранение формы вложения. В таких случаях трубопровод имеет прямоугольную форму сечения, чаще всего 10×70 мм.

В зависимости от формы груза сечение трубопровода в установках пневмопочты может быть: круглым, прямоугольным, овальным и другой формы. Наибольшее распространение получили установки с круглым сечением трубопровода, т. к. при других формах трубопровода усложняется изготовление труб, патронов и путевого оборудования.

В зависимости от протяженности трассы пневмопочты и ее расположения в пространстве установки пневмопочты делятся на установки так называемой «внешней» пневмопочты и «внутренней».

Протяженность трассы установок внешней пневмопочты достигает нескольких километров (без перегрузки патронов). Такие установки используются, как правило, для соединения корреспондирующих пунктов, расположенных в разных зданиях. Примером подобных установок могут служить устройства, осуществленные на сортировочных железнодорожных станциях в Ленинграде и в Москве для пневматического транспортирования поездных документов на длину до одного километра.

Длина трасс «внутренней» пневмопочты, как правило, не превышает 500 м (без перегрузки), и установки обычно располагаются в пределах одного или двух смежных зданий.

Отличительными особенностями внешней пневмопочты являются: большой перепад давления ($1500 \div 8000 \text{ кг/м}^2$), значительный вес патрона с вложением, необходимость применения холодильного оборудования для осушки воздуха и т. д.

Установки внешней пневматической почты в конструктивном отношении значительно сложнее установок внутренней, что обусловлено применением более высокого перепада давления.

Из типового оборудования, запроектированного ВНИИПТ-МАШем, могут комплектоваться установки только внутренней пневмопочты.

III. СХЕМЫ УСТАНОВОК ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ПОЧТЫ

Связь корреспондирующих пунктов транспортным трубопроводом осуществляется в зависимости от технологических требований, числа станций и их взаимного расположения.

По схемам соединения приемно-отправительных станций различаются следующие системы пневмопочты:

- 1) линейные одно- и двухтрубные; 2) кольцевые однострунные;
- 3) кольцевые двухтрубные.

Линейные системы связывают две или больше станций в одном

направлении; обратная связь осуществляется самостоятельной линией.

В кольцевых однотрубных системах через каждую станцию проходит один трубопровод. Принимаемые и отправляемые патроны имеют одно направление движения относительно каждой станции. Средняя длина пробега патрона в этих системах велика по сравнению с другими, т. к. патрон, отправляемый на соседнюю станцию, должен делать почти полное замкнутое кольцо.

В этом отношении более эффективны двухтрубные кольцевые системы, когда через каждую станцию проходят две трубы. На одном трубопроводе находится приемное устройство, на другом — отправительное, причем, направление движения воздуха в трубопроводах противоположное.

Выбор схемы соединения станций определяется конкретными условиями в зависимости от многих факторов. Основными из них являются:

1. Протяженность транспортных линий.
2. Число станций и их взаимное расположение.
3. Необходимая производительность установки или линии.
4. Характер перепада давления.

Для линейных систем внутренней пневмопочты в основном применяются комбинированные схемы пневмопочты.

Малая производительность кольцевых однотрубных систем ограничивает область их применения.

По схемам управления и степени автоматизации системы пневмопочты делятся на следующие:

1. Неуправляемые без центральной распределительной станции связи двух пунктов.

2. Неуправляемые с центральной распределительной станцией, где происходит ручная переотправка патронов с одной прямой линии связи 2-х пунктов на другую.

3. Стрелочные системы с дистанционным индивидуальным управлением стрелками для связи нескольких станций (от двух до восьми).

4. Стрелочные системы с центральной распределительной станцией с ручной переотправкой патронов; установка включает несколько линий линейного или кольцевого типа с промежуточными приемниками и отправителями.

Управление стрелками производится дистанционно с центральной распределительной станцией.

5. Стрелочные системы с автоматическим управлением стрелками по различным схемам адресования.

В подобных системах патрон с помощью специального устройства сам управляет своим движением.

6. Стрелочные системы с автоматической центральной распределительной станцией, где происходит процесс «снятия адреса» с патрона. Эта система является развитием системы 4.

В настоящей статье освещены лишь принципы действия отдельных схем адресования, применяемые в установках пневматической почты.

1. Ручное кнопочное управление

При ручном управлении патрон не несет на себе никаких специальных устройств адресования. Включение стрелки в пункте назначения производится с пульта на станции отправления путем нажатия соответствующей кнопки. При этом замыкается цепь электромагнита, который переводит язык стрелки. После прохождения патроном стрелки он воздействует на контакт, который через электрическую схему возвращает стрелку в исходное положение. Кроме электромагнитного у стрелки может быть электромоторный или пневматический привод.

2. Схемы автоматического адресования

Помимо системы с ручным управлением существует значительное количество разнообразных систем с автоматическим адресованием.

В случаях автоматического адресования патрон со специально настроенным механизмом опускается в трубопровод, в котором автоматически переключает необходимую стрелку.

Автоматическое адресование может производиться как при движении патрона, так и во время его кратковременной задержки.

а) Электромагнитная (синхронная) система. В случае применения этой системы перед стрелками на трубопроводе монтируются два поляризованных электромагнита. Этот участок трубопровода изготовлен из немагнитного материала.

Патрон имеет на своей поверхности два кольца из магнитного материала. Расстояние между кольцами патрона может изменяться в зависимости от настройки магнитной системы приемного устройства.

При прохождении патрона в катушке неподвижной системы индуцируется ток, который и дает импульс на включение стрелки. Каждая стрелка имеет систему со своим магнитным сопротивлением или своим, характеризующим эту стрелку расстоянием между постоянными магнитами.

Электромагнитная система применяется в случае небольшого числа станций. В противном случае усложняется настройка патрона и его конструкция. Другим недостатком этой системы адресования является увеличение собственного веса патрона.

б) Высокочастотная система основана на резонансном увеличении тока в колебательных контурах.

Перед стрелкой на изолированном участке трубы монтируются

катушки колебательных контуров. Индуктивная связь между катушками недостаточна для того, чтобы произошло возбуждение электродвижущей силы в контуре.

На патроне собирается схема, состоящая из индуктивного и емкостного сопротивления. При прохождении патрона через электромагнитную систему стрелки, частота колебательного контура которой равна собственной частоте контура патрона, в одной из катушек индуктируются кратковременные колебания тока. Эти колебания усиливаются и растягиваются во времени специальным устройством. Импульс электродвижущей силы воздействует тем или иным способом на механизм переключения стрелки. Эта система обладает недостатками предыдущей системы.

Достоинством обеих схем можно считать отсутствие необходимости электрической связи станций между собой при наличии индивидуальных источников питания. Эти системы желательно применять в установках пневмопочты с трассой большой протяженности и малым числом приемно-отправительных станций.

в) Селекторная система управления автоматического адресования получила наиболее широкое распространение.

Снятие адреса с патрона при этой системе происходит в центральной автоматической распределительной станции, состоящей из стопорного и стопорно-щеточного механизмов. Сначала патрон попадает в стопорный механизм, который его пропускает в стопорно-щеточный только тогда, когда в последнем уже нет патронов. В противном случае второй патрон задерживается до тех пор, пока первый не выйдет из устройства снятия адреса.

В стопорно-щеточном механизме расположена группа контактных щеток, которые накладываются на контактные устройства патрона. Центральная распределительная станция имеет электрическую связь со всеми стрелками системы. Каждой стрелке соответствует своя электрическая цепь, которая замыкается посредством щеток патроном. Патрон, рассчитанный на обслуживание восьми приемных пунктов, имеет на своем корпусе два кольца: подвижное и неподвижное. На подвижном кольце располагается 8 контактных колец. При каждом его повороте одно из контактных колец соединяется с неподвижным кольцом.

Число станций, которое может обслуживаться по рассматриваемой схеме адресования, практически неограничено.

Так, патрон, имеющий 2 подвижных кольца и по 3 контактных относительно неподвижных кольца в каждом подвижном, может быть адресован в одну из шестидесяти четырех станций, т. е. практически такая конструкция патрона может удовлетворять требованиям селекторной системы адресования любой установки пневмопочты.

К преимуществам данной системы адресования можно отнести сравнительную простоту конструкции патрона и возможность обслуживания большого числа станций без значительного усложнения схемы и конструкции патрона.

Недостатками системы надо считать необходимость задержки патрона для снятия адреса (3—4 сек), наличие дополнительного устройства в виде центральной распределительной станции, дистанционность включения стрелок, что ограничивает возможность движения в одном трубопроводе одновременно нескольких патронов.

В Москве в издательстве газеты «Правда» успешно работает установка пневмопочты с селекторной системой адресования. Две всасывающе-нагнетательные линии связывают 16 приемно-отправительных станций, причем конструкция патрона позволяет увеличить количество станций до 64-х.

V. ОПИСАНИЕ РАБОТЫ УСТАНОВОК ВНУТРЕННЕЙ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ПОЧТЫ

Рассмотрим работу установки пневмопочты по одной из возможных схем.

На фиг. 5 схематически изображена система пневмопочты, которая может быть собрана из узлов типового оборудования, разработанного ВНИИПТМАШем.

Рассматриваемая система, работающая на разрежении, состоит из 2-х кольцевых двухтрубных ветвей, связанных между собой так, что в отношении движения патронов вся система представляет собой единое кольцо. Разделение системы на 2 кольца сделано с целью уменьшения вдвое пути движения воздуха от места забора из атмосферы до воздуходувки, что соответственно уменьшает требуемый перепад давления.

Направление движения воздуха ясно из прилагаемого рисунка. Узел перегрузки патрона из одного кольца в другое (изображен внизу в центре) действует автоматически без вмешательства человека и представляет собой объединение приемного и отправительного устройства в один узел.

Схема предусматривает двухстороннюю связь 16-ти пунктов, расположенных на разных этажах.

Место забора воздуха и присоединение системы к всасывающему патрубку воздуходувки находится в узле перегрузки.

Проследим работу установки по движению патрона, например, из станции № 3 (группа станций А) в станцию 15 (группа станций В).

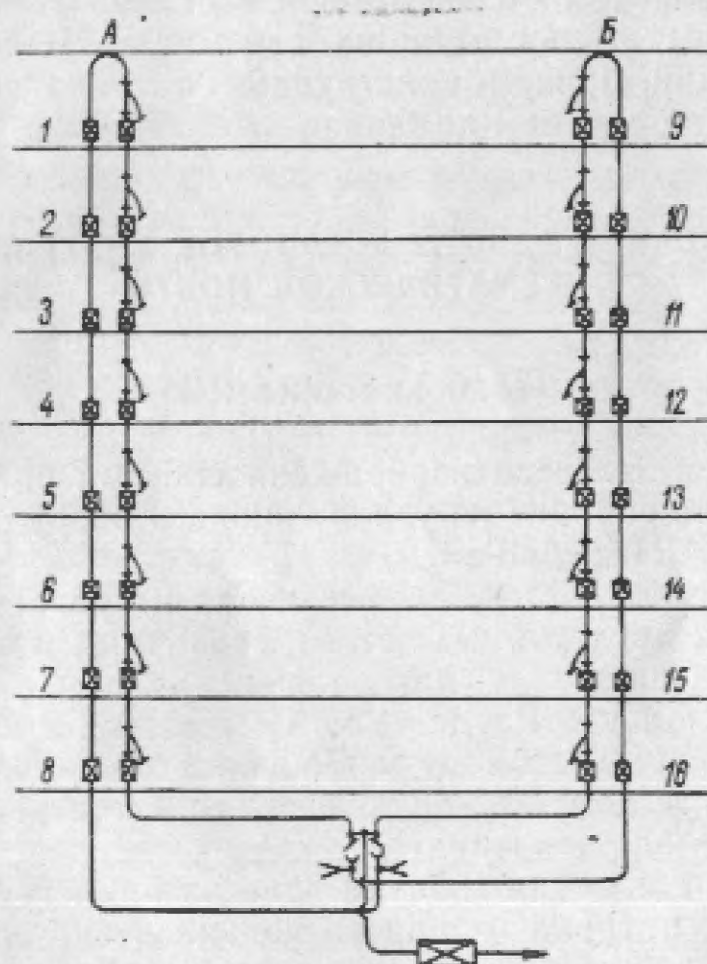
Патрон опускается в отправитель станции № 3, расположенный на правой ветви кольца А и движется вниз, минуя отправители и стрелки, включенные «на проход» станций №№ 4—8.

В узле перегрузки патрон открывает выкидной герметизирующий клапан, благодаря своей кинетической энергии и, пройдя небольшой участок пути, свободный от вакуума, попадает через приемную воронку в правую ветвь кольца В.

До станции № 9 патрон движется вверх, минуя отправители

станций №№ 16—10. При движении вниз по левой ветви группы *Б* патрон проходит стрелки и отправители станций №№ 9—14 и стрелкой станции № 15, включенной на прием, направляется в приемное устройство станции.

Количество патронов, которое может одновременно находиться в трубопроводе, т. е. пропускная способность установки, определяется схемой управления.



Фиг. 5. Схема кольцевой двухтрубной установки пневмопочты всасывающего типа

Примененная здесь полуавтоматическая кнопочная схема управления состоит из электромагнитов стрелок и стопорных механизмов, включающих и блокирующих электрических устройств в путевых контактах, действующих по принципу конечных выключателей.

При отправлении патрона на станции № 3 включающим устройством подготавливается перевод стрелки станции № 15 на прием. Блокирующее устройство станции № 3 предотвращает включение стрелок станций №№ 4—14 на прием в момент прохождения патроном этих станций.

Пройдя часть своего пути, патрон воздействует на контакт, который включает стрелку станции назначения на прием, уже ранее подготовленную.

Задержка во включении стрелки станции № 15 позволяет впе-

реди идущим патронам проходить эту стрелку, что увеличивает пропускную способность системы.

При выходе патрона из стрелки в пункте назначения он воздействует на путевой контакт, импульс которого поступает в блокирующее устройство, сигнализируя при этом о том, что патрон прибыл на станцию назначения.

Движение патрона может сопровождаться световой или звуковой сигнализацией.

Все отправительные устройства снабжены стопорными механизмами, которые исключают возможность отправки патрона при занятости трассы.

Промежуточные отправители на ветвях обеих групп без стрелок позволяют значительно сократить время движения патронов по трассам: 8—1, 8—2, 8—3 ..., 7—1, 7—2, 7—3 ..., 6—1, 5—2 ... и т. д., 16—1, 16—2, 16—3 ..., 15—1, 15—2, 15—3 ..., 14—1, 14—2 ... и т. д.

В противном случае патронам пришлось бы проходить почти все двойное кольцо для того, чтобы попасть в соседнюю станцию. Таким недостатком страдают кольцевые однотрубные схемы.

VI. УСТРОЙСТВО, ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И НАЗНАЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ ТИПОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПНЕВМОПОЧТЫ КОНСТРУКЦИИ ВНИИПТМАШ

В 1961 г. ВНИИПТМАШем была закончена разработка чертежей типового оборудования пневматической почты. Опытные образцы оборудования в ближайшем времени будут изготовлены и испытаны, а техдокументация будет подготовлена для серийного производства.

Внутренний диаметр транспортного трубопровода 72 мм.

Из запроектированного оборудования могут комплектоваться установки внутренней пневмопочты всасывающих и всасывающе-нагнетательных систем с перепадом давления до 1500 кг/м^2 .

Этот типоразмер пневмопочты в настоящее время имеет наибольший спрос у потребителей, и поэтому он осваивается в первую очередь.

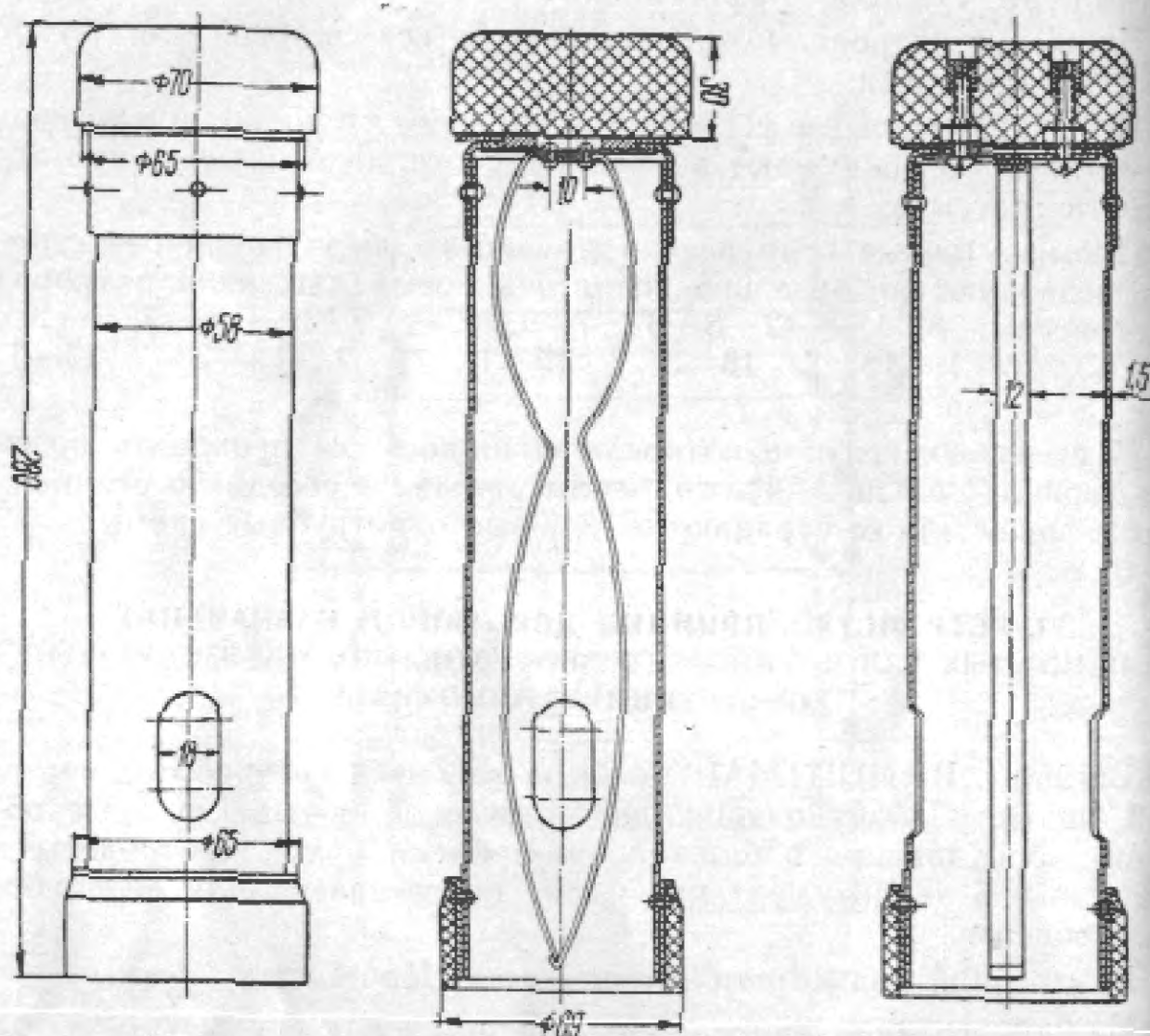
Ниже описываются основные узлы путевого оборудования, приемно-отправительных станций и воздухоудного оборудования.

1. Патрон

На фиг. 6 представлен общий вид патрона для транспортирования документов, разработанного ВНИИПТМАШем.

Патрон состоит из корпуса, выполненного в виде дюралевого стакана, головки и хвостовика. Для предотвращения выпадания

вложения предусмотрено устройство пружинного зажима. Фетровая головка служит уплотняющим и амортизирующим элементом. Фетровый хвостик центрирует патрон при его движении в трубопроводе. Полезная длина патрона 240 мм. Полезный диаметр 55 мм.



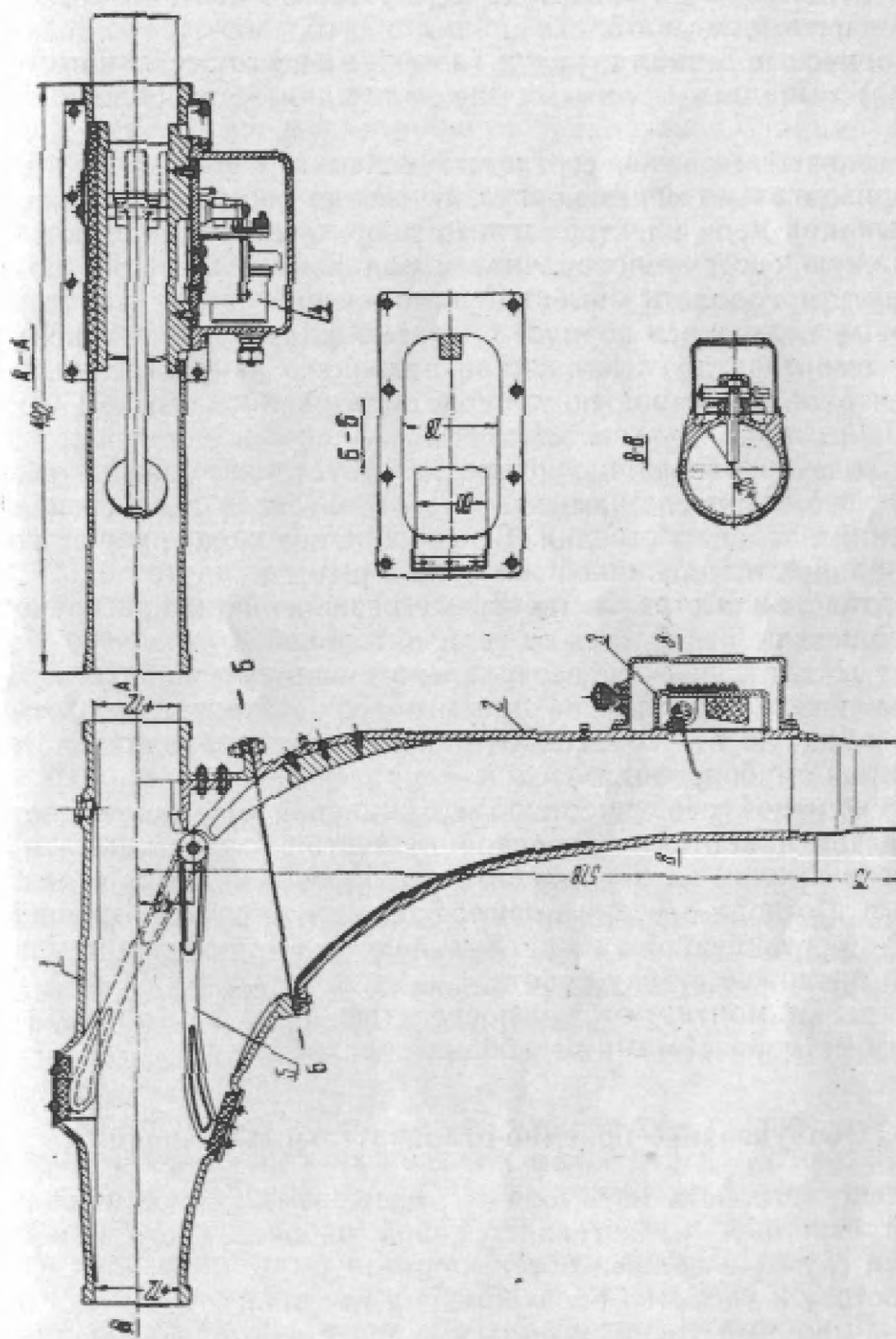
Фиг. 6. Патрон для установок внутренней пневмопочты с трубопроводом круглого сечения внутренним диаметром 72 мм для транспортирования документов

2. Путевое оборудование

а) Транспортные трубопроводы в проекте предусмотрены из стандартных дюралевых труб $75 \times 1,5$ по ГОСТ 1947—56.

Однако ВНИИПТМАШ рекомендует взамен дюралевых использовать латунные нестандартные трубы, изготавливаемые по специальному заказу. К трубам, применяемым в установках пневмопочты, предъявляются повышенные требования в отношении допусков на размеры, определяющие форму и сечение, а также к качеству внутренней поверхности.

б) Горизонтальная стрелка предназначена для изменения на



Фиг. 7. Горизонтальная стрелка для установок внутренней пневмопочты с внутренним диаметром трубопровода 72 мм.

1 — корпус, 2 — отвод, 3 — цуевой контакт, 4 — узел электромагнита, 5 — язык стрелки

правления движения только патрона, а не потока воздуха, и поэтому применяется только на нисходящих ветвях трассы, т. е. отвод стрелки направлен вертикально вниз.

Горизонтальная стрелка (фиг. 7) состоит из следующих основных элементов: корпуса 1, отвода 2, путевого контакта 3, узла электромагнита 4, языка 5.

Все корпусные детали стрелки (а также и всего остального оборудования) выполнены литыми из алюминиевого сплава марки АЛ-4.

При положении языка, соответствующем чертежу, патрон движется горизонтально через корпус, не меняя своего направления. При замыкании цепи электромагнита якорь его втягивается и через рычажную систему поворачивает вал языка; пружина помогает магниту преодолеть момент от веса языка.

Фетровые подушки в корпусе смягчают удары языка о корпус и служат амортизатором при ударе патрона о язык стрелки.

Патрон входит в отвод по кривой, образованной языком и направляющей отвода.

На выходе из отвода патрон воздействует на рычаг путевого контакта, который после замыкания его контактов даст сигнал о прохождении патроном стрелки. В исходное положение рычаг контакта возвращается пружиной на валике рычага.

в) Вертикальная стрелка по своему назначению и конструкции принципиально не отличается от горизонтальной.

Воздух всегда движется вертикально вниз через корпус стрелки; при включении стрелки на прием патрон выходит через отвод в ветвь свободную от разрежения, направленную параллельно основной линии трубопровода.

Конструктивной особенностью вертикальной стрелки является то, что рычаг и контактная группа путевого контакта смонтированы вместе с узлом электромагнита переключения языка стрелки. Кроме того в отводе стрелки имеются герметизирующий клапан и фартук из прорезиненной ткани, служащий для амортизации удара патрона о внешнюю стенку хобота.

Обе стрелки монтируются непосредственно на трубопроводе с помощью быстроразъёмных резьбовых соединений.

3. Оборудование приемно-отправительных станций

Комплекс устройств пневмопочты, называемый приёмно-отправительной станцией, представляет собой рабочее место приема и отправки грузов и должен обеспечивать:

- а) простоту и удобство обслуживания патрона;
 - б) минимальный пропуск атмосферного воздуха в систему (при всасывающей системе) или выпуск сжатого воздуха;
 - в) минимальный шум при выбросе патрона;
 - г) свободный доступ к узлам при осмотре, ремонте и монтаже.
- Приёмно-отправительные станции комплектуются из типо-

вого оборудования, разработанного ВНИИПТМАШем в различных вариантах в зависимости от выбранной схемы и местоположения станции.

На фиг. 8 приведен один из типов приёмно-отправительных станций, который является характерным для установок внутренней пневмопочты. Эта станция входит в состав оборудования вакуумных систем и по месту расположения является конечной. На станции осуществляется забор воздуха из атмосферы и отвод его к всасывающему патрубку воздуходувки. Станция состоит из следующих основных узлов: стола 1, сберегателя энергии 2, отправителя промежуточного 3, выкидного клапана 4, перепускного клапана 5, путевого контакта 6.

Работа приёмно-отправительной станции будет ясна после рассмотрения назначения и принципа действия основных узлов.

Автоматически действующий клапан для впуска рабочего воздуха в систему, или так называемый «сберегатель энергии» (фиг. 9), устанавливается в начале всасывающих линий пневмопочты в месте забора атмосферного воздуха. Его назначением является отключение транспортного трубопровода от воздуходувки на то время, когда в нем нет патронов, что достигается закрытием всасывающего отверстия.

Сберегатель энергии через патрубок 6 присоединяется с помощью накидной гайки к транспортному трубопроводу. Всасывающее отверстие корпуса 1 может закрываться клапаном 2.

Клапан лежит на поршне 3, который перемещается в корпусе. Шток поршня связан с диафрагмой из прорезиненной ткани 5, которая зажата между фланцами корпуса и основания 4.

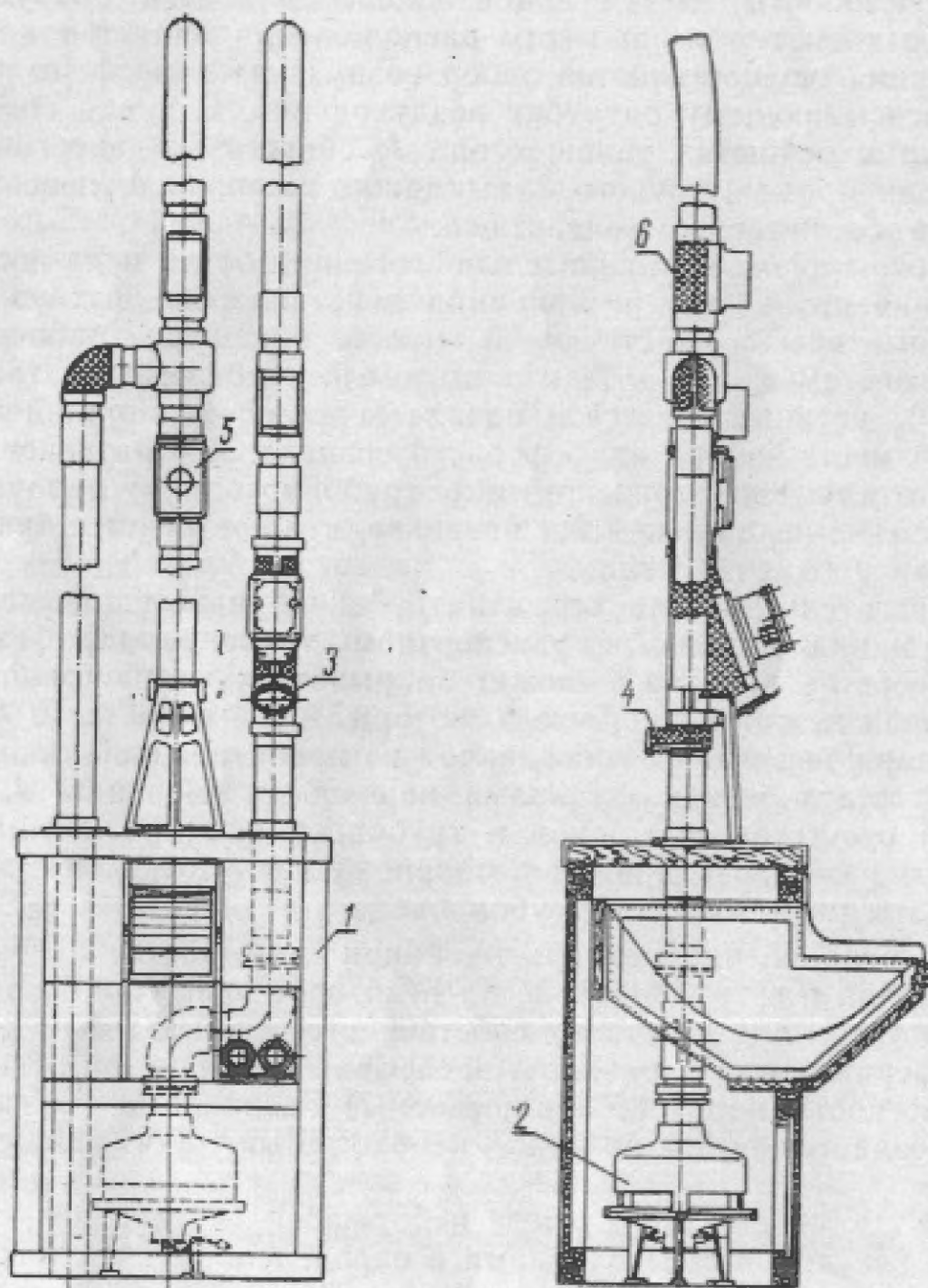
При отсутствии патронов в трубопроводе и включенной воздуходувке клапан 2 прижат к опорному седлу отверстия корпуса, благодаря разрежению в трубопроводе.

При отправлении патрона на линии открывается отправительный клапан и в трубопроводе на некоторое время нарушается вакуум. Клапан под действием собственного веса падает на поршень. Атмосферный воздух начинает засасываться через три отверстия в верхней части корпуса, прикрываемые заслонками. В трубопроводе создается поток воздуха, необходимый для движения патрона.

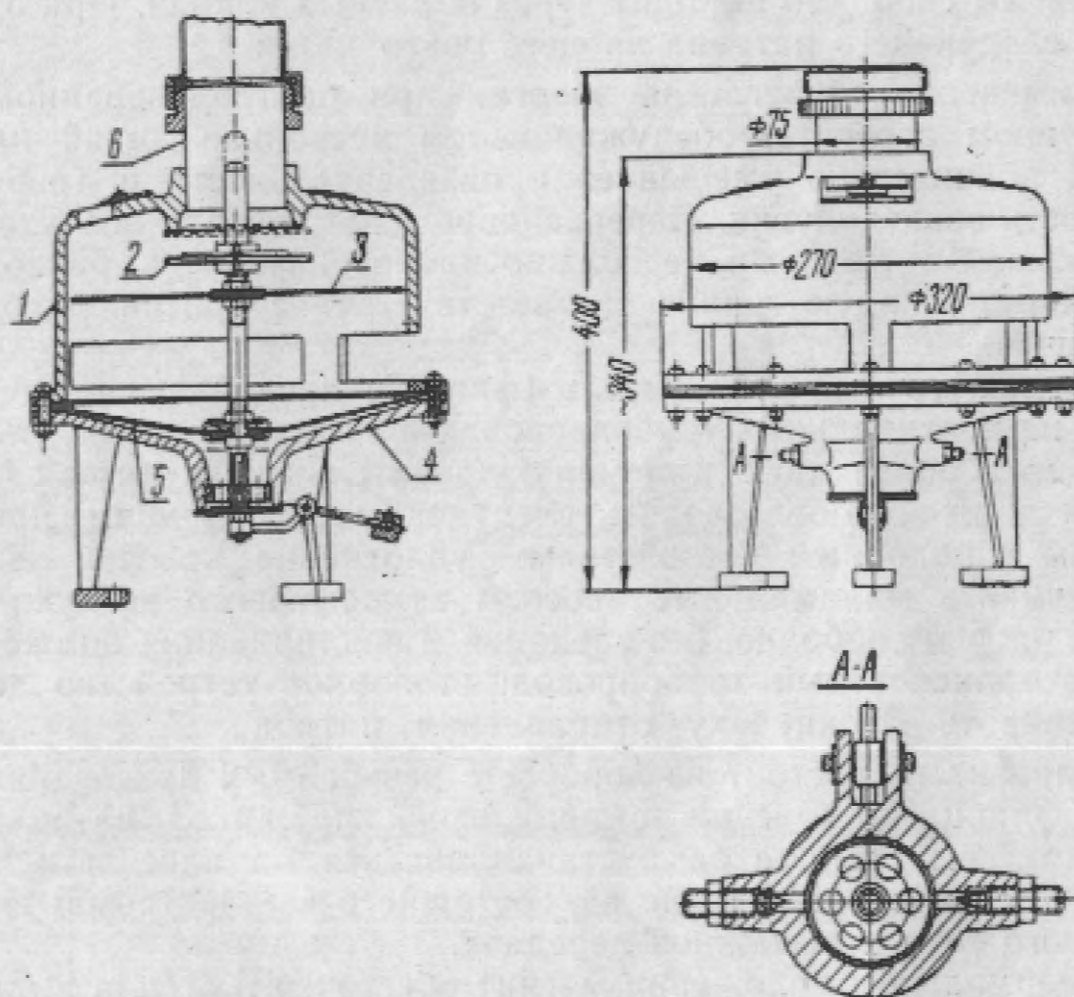
Над поршнем образуется небольшое разрежение, которое можно регулировать заслонками в определенных пределах; благодаря этому разрежению, а также увлекаемый воздухом, который проходит через зазоры между корпусом и поршнем, последний начинает подниматься вверх, поднимая при этом и клапан.

При движении поршня его шток увлекает за собой диафрагму; разрежение, создаваемое под диафрагмой, компенсируется воздухом, засасываемым через дросселируемые отверстия в основании (сечение А—А).

Скорость движения поршня (а, следовательно, время подъёма) при постоянном разрежении над ним определяется величиной рас



Фиг. 8. Конечная приемно-отправительная станция:
 1 — стол, 2 — сберегатель энергии, 3 — промежуточный отправитель, 4 — выкидной клапан, 5 — перепускной клапан, 6 — путевой контакт



Фиг. 9. Сберегатель энергии:

1 — корпус, 2 — клапан, 3 — поршень, 4 — основание, 5 — диафрагма, 6 — патрубок

хода воздуха, поступающего в поддиафрагменное пространство.

В определенный момент поршень поднимается до предела и прижимает клапан к седлу, тем самым прерывая поток воздуха и трубопроводе. К этому времени патрон должен уже дойти до места назначения.

Время подъема поршня регулируется дросселированием отверстий и должно быть больше времени движения патрона, проходящего наибольший путь.

После закрытия всасывающего отверстия клапаном пространство над поршнем отсоединяется от воздухоудвки и поршень падает вниз под действием собственного веса. При этом воздух из-под диафрагмы свободно выходит через обратный клапан. При отправлении следующего патрона процесс повторяется.

Применение сберегателя энергии при централизованном воздухоудвном агрегате, обслуживающем несколько линий пневмопочты, значительно уменьшает производительность и требуемую мощность воздухоудвки. Перераспределение расхода воздуха между открытыми линиями не должно происходить, т. к. расход воздуха через каждую линию соответствует ее сопротивлению и им ограничен.

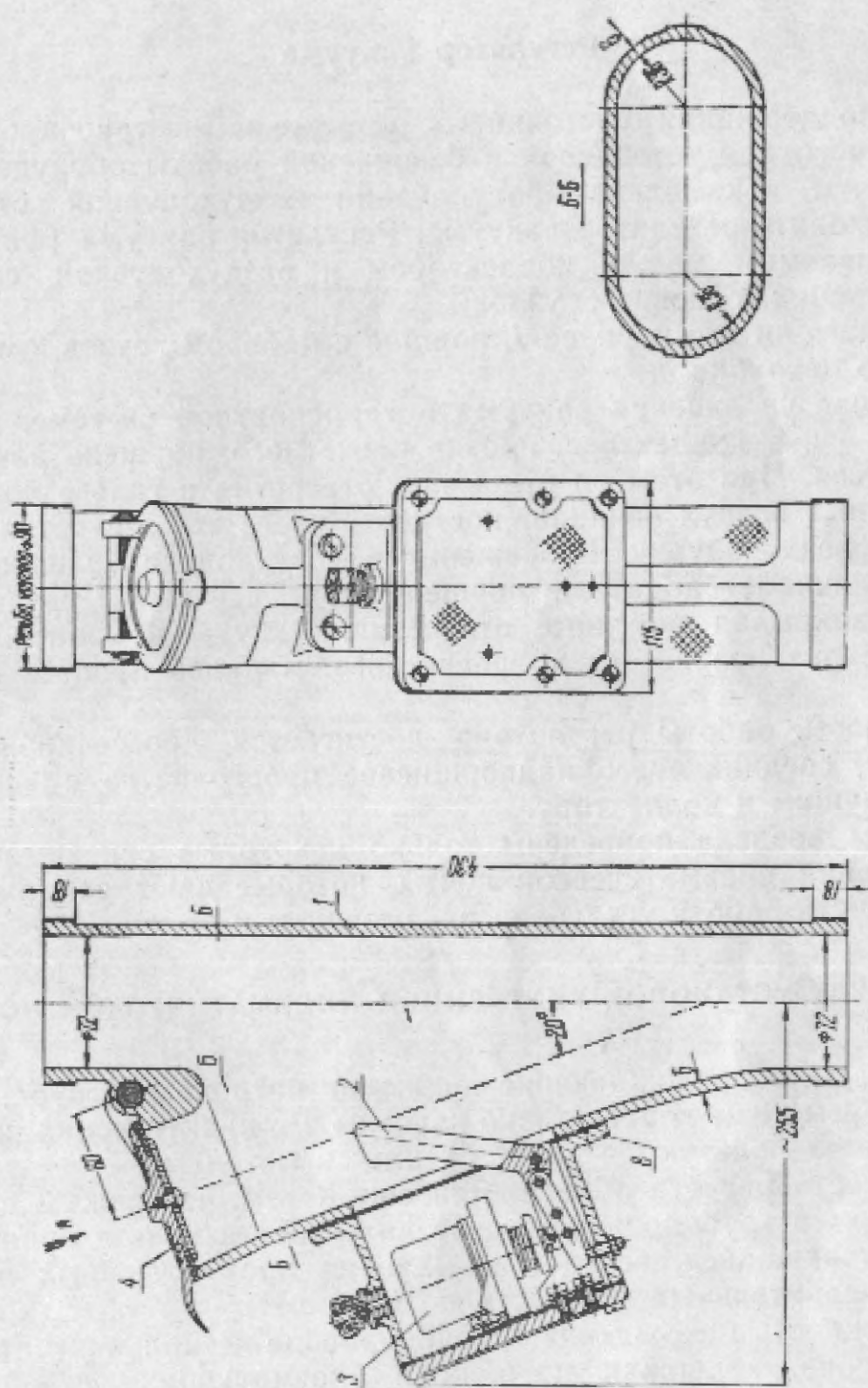
Промежуточный отправитель (фиг. 10) предназначен для установки на вертикальных трубопроводах в схемах пневмопочты, связывающих более двух присмно-отправительных пунктов. Отправитель должен удовлетворять следующим требованиям, предъявляемым к подобным устройствам: уплотнение крышки должно обеспечивать минимальные прососы атмосферного воздуха в систему; патрон свободно, без заеданий и заклинивания должен входить в транспортный трубопровод; стопорное устройство должно обеспечивать блокировку отправления патрона.

Отправитель состоит из корпуса с резьбовыми присоединительными фланцами, крышки с прижимной пружиной на шарнире, позволяющем крышке самоустанавливаться по плоскости уплотнения, и стопорного устройства, состоящего из электромагнита постоянного тока и рычажной передачи.

В нормальном положении магнит обесточен и стопор выдвинут. После включения какого-нибудь маршрута цепь электромагнита замыкается и стопор, связанный с якорем магнита, убирается. Цепь электромагнита разрывается после прохождения патроном путевого контакта, установленного после отправителя.

Выкидной клапан предназначен для закрытия выпускного отверстия до и после выхода патрона. Герметизация осуществляется клапанной тарелью с резиновым уплотнением. Предварительное прижатие тарели осуществляется пружиной. Клапан ставится на специальном клее на конец транспортного трубопровода.

Для уменьшения величины прососов воздуха при выбросе патрона перед выкидным клапаном (по движению патрона) ставится перепускной промежуточный клапан, который вместе с выкидным образует шлюзовую камеру. Применение этого клапана так-



Фиг. 10. Промежуточный отправитель со створным устройством:
 1 — корпус, 2 — створ, 3 — электромагнит, 4 — герметизирующая крышка

же уменьшает динамический эффект при выходе патрона, благодаря механическому тормозящему действию и дополнительному разрежению, которое образуется за патроном при его движении после перепускного клапана.

4. Регулятор вакуума

Для поддержания постоянного разрежения в трубопроводах, необходимого для устойчивой и безопасной работы оборудования пневмопочты, в комплект оборудования воздуходувной станции должен входить регулятор вакуума. Регулятор вакуума (фиг. 11), устанавливаемый между коллектором и воздуходувкой, состоит из следующих основных узлов:

чугунного литого корпуса 1, поршня с набором грузов 2 и установочного патрубка 3.

В случае увеличения вакуума в транспортной системе, а следовательно и в коллекторе, против расчетного, поршень начинает подниматься. При этом он открывает отверстия в гильзе корпуса; атмосферный воздух начинает поступать через эти отверстия и патрубок в воздуходувку. Разрежение в воздуховоде транспортной системы начинает падать, и поршень под действием груза опускается, закрывая впускные отверстия. Вакуум в транспортной системе снова возрастает до расчетного, и далее процесс повторяется.

Плавность работы регулятора достигается дросселированием отверстия, соединяющего надпоршневое пространство с воздуховодом, идущим к коллектору.

В этом разделе приведены только некоторые основные узлы оборудования пневматической почты, которые дают возможность лучше понять работу установок пневмопочты в целом.

VII. РАСЧЕТ УСТАНОВОК ВНУТРЕННЕЙ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ПОЧТЫ

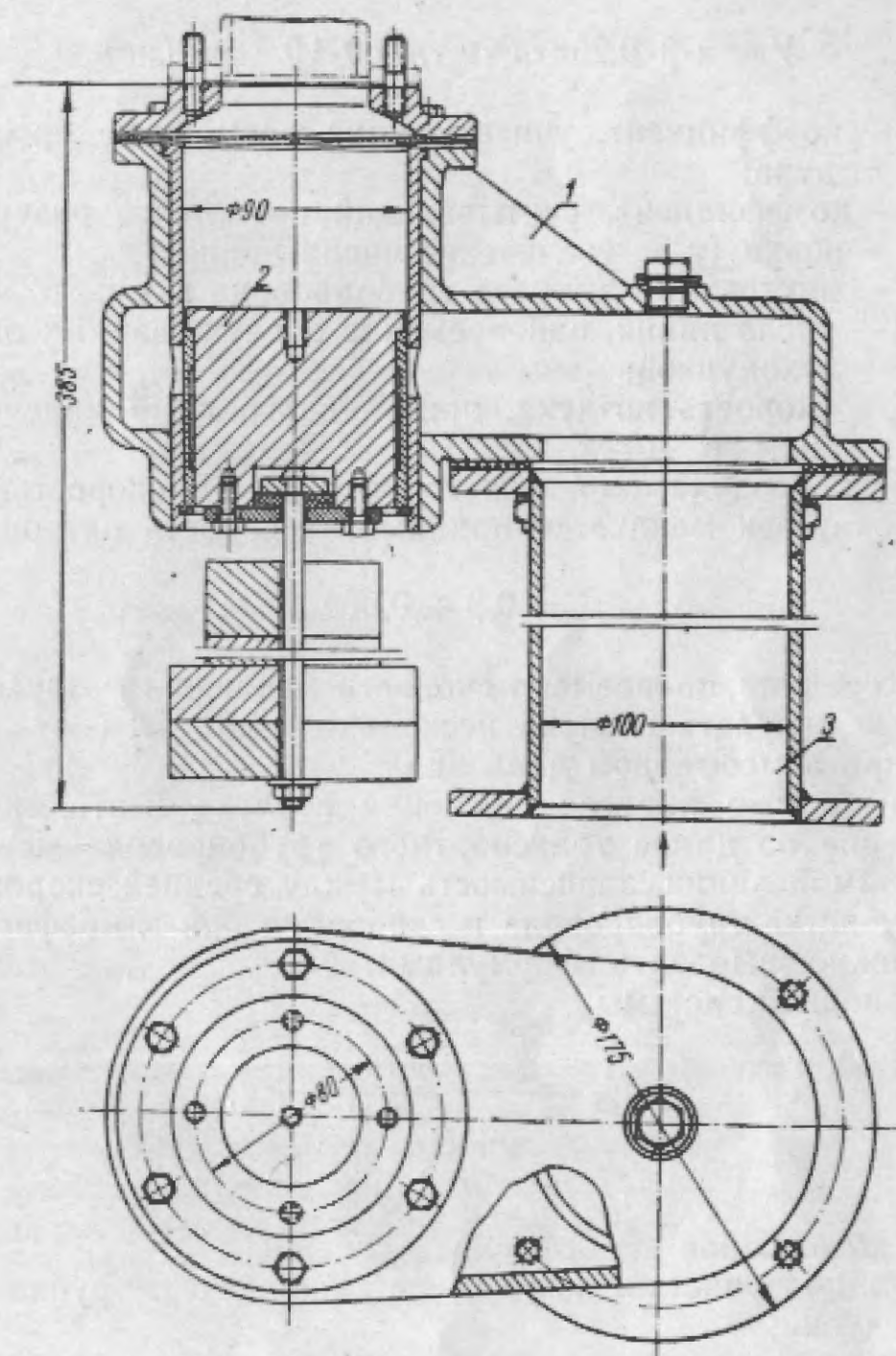
Процессы, сопровождающие движение патрона по трубе, в настоящее время еще недостаточно изучены и в практических проектных расчетах пользуются приближенными методами.

Сложность расчета объясняется еще и тем, что режим движения воздуха в трубопроводе в действительности нельзя принимать как установившийся, вследствие наличия промежуточных приемных и отправительных устройств.

Возможность нахождения в трубопроводе нескольких патронов одновременно, задержки патрона в блокирующих устройствах, колебание величины скольжения патронов, зависящее от износа уплотнения, и другие факторы затрудняют определение скорости патрона.

Проектирование установки пневмопочты должно происходить по следующим этапам:

- 1) выбор схемы установки;
- 2) выбор типа (по характеру перепада давления);
- 3) трассировка путевых трубопроводов;
- 4) поверочный расчет пропускной способности схемы;
- 5) определение рабочих параметров воздухоудвигной машины.



Фиг. 11. Регулятор вакуума:

1 — корпус, 2 — поршень с набором грузов, 3 — установочный патрубок

Рабочими параметрами воздухоудвки являются производительность и требуемый перепад давления.

Исходными данными для расчета служат:

- а) внутренний диаметр трубопровода;

- б) скорость движения патрона;
- в) характеристика патрона (вес с вложением, габаритные размеры).

1. **Определение необходимой производительности воздуходувки** производится по формуле

$$V = \alpha \cdot \beta \cdot 0,25\pi \cdot d^2 \cdot v_0 \cdot n \cdot 60 \cdot 10^{-6} \text{ нм}^3/\text{мин},$$

где $\alpha=1,1$ — коэффициент, учитывающий возможные прососы воздуха;

β — коэффициент, учитывающий возможное развитие установки (т. е. увеличение числа линий);

d — внутренний диаметр трубопровода в мм;

n — число линий, одновременно обслуживаемых одной воздуходувкой;

v_0 — скорость воздуха, приведенного к нормальным условиям в м/сек.

Скорость воздуха определяется требуемой скоростью движения патрона; рекомендуется принимать скорость патрона равной

$$v_n = 0,8 \div 0,85 v_{cp},$$

где v_{cp} — средняя по времени скорость движения воздуха.

Средняя скорость воздуха несколько отличается от скорости воздуха при атмосферном давлении.

Принимая, что процесс движения воздуха изотермический и что давление по длине транспортного трубопровода меняется по закону прямой линии, зависимость между средней скоростью воздуха на участке трубопровода и скоростью при атмосферном давлении можно выразить формулами:

для напорной системы

$$v_{cp}^1 = \frac{p_0 \cdot v_0}{p_0 + H - \frac{H}{2} \cdot \frac{l}{l_n}},$$

где p_0 — абсолютное атмосферное давление;

l — длина участка, начиная от напорного патрубка воздуходувки;

l_n — полная длина транспортного трубопровода;

H — требуемый перепад давления на полной длине трубопровода.

Для всасывающей системы

$$v_{cp}^1 = \frac{p_0 \cdot v_0}{p_0 - \frac{H}{2} \cdot \frac{l}{l_n}},$$

где l — длина участка, начиная от места забора воздуха из атмосферы.

Если выражать давление в кг/м^2 , то окончательно средняя скорость воздуха на полной расчетной длине равна

$$v_{\text{ср}} = \frac{10\,000 \cdot v_0}{10\,000 + \frac{H}{2}} \text{ м/сек} — \text{для напорной системы};$$

$$v_{\text{ср}} = \frac{10\,000 \cdot v_0}{10\,000 - \frac{H}{2}} \text{ м/сек} — \text{для всасывающей системы}.$$

Подставляя ориентировочное значение перепада давления в последние формулы, можно определить скорость воздуха v_0 по требуемой средней скорости.

По окончании расчета можно уточнить фактическую скорость патрона по полученному перепаду давления.

2. Определение радиуса гнutoго колена

Минимальный радиус изгиба трубопровода определяется из условия сохранения гарантированного зазора между внутренней стенкой трубы и гильзой патрона; формула для определения радиуса получается из геометрических соотношений путем несложных математических выкладок

$$R = \frac{l^2}{4(2d - d_0 - d_1 - 2\delta)} - d,$$

где R — внутренний радиус изгиба в мм;

l_p — расчетная длина патрона равная полной за вычетом величины радиуса закругления головки в мм;

d — внутренний диаметр трубопровода в мм;

d_0 — диаметр патрона (максимальный) в мм;

d_1 — диаметр гильзы патрона в мм;

δ — гарантированный зазор в мм.

Обычно принимается

$$\delta = 3 \div 5 \text{ мм}.$$

Правильность полученного значения δ проверяется определением зазора между фетровым хвостовиком (головкой) и стенкой трубы; при малых значениях R возможно заклинивание патрона.

Гарантийный зазор δ_1 определяется по формуле

$$\delta_1 = \sqrt{\left(\frac{l_p}{2} - l_1\right)^2 + \left[R_1 + 2\delta - \frac{l_p^2}{8(R_1 - d)}\right]^2} - R_1 \text{ мм},$$

где $\delta_1 \geq 1,0$ мм;
 $R_1 = R + S$ — радиус колена по внутренней стенке (S — толщина);
 l_1 — наибольшая длина фетрового уплотнения;
 $2\Delta = d - d_1$ — зазор между патроном и трубой.

3. Определение необходимого перепада давления

Необходимый перепад определяется как сумма 3-х величин

$$H = H_1 + H_2 + H_3,$$

где H_1 — напор, необходимый для преодоления сопротивления перемещению чистого воздуха в транспортном трубопроводе;

H_2 — напор, необходимый для преодоления сопротивления перемещению воздуха в системе воздухопроводов.

Потери давления или напора, необходимые для преодоления сопротивлений движению чистого воздуха, можно определять по методике ВТИ (Методика расчета установок пневмотранспорта);

H_3 — напор, необходимый для преодоления сопротивления перемещению патронов.

$$A. H_1 = \left(\lambda_v \cdot \frac{L}{d} + \Sigma \xi \right) \cdot \frac{\gamma \cdot v_{cp}^2}{2g} \text{ кг/м}^2,$$

где L — расчетная длина трубопровода наиболее протяженной ветви (определяется с учетом выпрямленных участков) в м;

λ_v — коэффициент сопротивления трения; определяется в зависимости от шероховатости труб и числа Рейнольдса (Re).

Для дюралевок труб, у которых относительная шероховатость меньше предельной ($\Delta_{пр}$), коэффициент λ_v не зависит от шероховатости, и они считаются гидравлически гладкими.

$$\Delta_{пр} = \frac{18 \lg Re - 16,4}{Re},$$

Для таких труб

$$\lambda_v = \frac{1}{(1,8 \lg Re - 1,64)^2};$$

$$\Sigma \xi = n_1 \cdot \xi_1 + n_2 \cdot \xi_2 + \dots + n_k \cdot \xi_k,$$

где n_i и ξ_i — число и величина коэффициентов местных сопротивлений.

$$B. H_2 = \left(\lambda_n \cdot \frac{L}{d} + \Sigma \xi \right) \cdot \frac{\gamma \cdot v^2}{2g}.$$

Все величины, входящие в формулу, относятся к системе воздуховодов.

В. Для определения величины H_3 рассмотрим все возможные сопротивления движению патрона при его разных положениях в трубопроводе:

1) движение патрона по горизонтальному участку

$$h_1 = k \cdot \frac{G}{f} \frac{\kappa z}{\text{м}^2},$$

где k — коэффициент трения материала уплотнения о трубу (для фетра по латуни $\kappa = 0,3$);

G — вес патрона с вложением в κz ;

f — площадь поперечного сечения патрона в м^2 ;

2) движение патрона по вертикальному участку

$$h_2 = k_1 \cdot \frac{G}{f} \frac{\kappa z}{\text{м}^2},$$

где k_1 — коэффициент, учитывающий влияние трения о стенки;

3) движение патрона в период разгона

$$h_3 = \frac{G \cdot v_{\text{п}}}{g \cdot t \cdot f} \frac{\kappa z}{\text{м}^2},$$

где $v_{\text{п}}$ — скорость патрона в м/сек ;

t — время разгона в сек ;

4) движение патрона в гнущем отводе

$$h_4 = \frac{G \cdot v_{\text{п}}^2 \cdot k}{g \cdot f \cdot R_0} \frac{\kappa z}{\text{м}^3},$$

где R_0 — радиус движения центра тяжести патрона в м .

Значение H_3 определяется как наибольшая из возможных комбинаций величин h , например, $H_3 = h_1 + h_2$ или $H_3 = h_2 + h_3$.

По полученным значениям Q и H выбирается воздушная машина.

Потребная мощность

$$N = \frac{Q \cdot H}{60 \cdot 102 \cdot \eta} \text{ кВт},$$

где η — к. п. д. машины.

БИБЛИОГРАФИЯ

Краткий обзор отечественной и иностранной периодической литературы по подъемно-транспортному машиностроению

1. КРАНЫ

1. Серебренников И. В., Иванов Е. Н. — Монтаж мостовых кранов в крупных цехах при помощи строительных конструкций.

Промышленное строительство, 1961 г., № 5, стр. 52—53, 2 рис.

Порядок монтажа кранов грузоподъемностью 250/30 т при помощи двух мачт, лебедок и полиспастов. При новом способе количество лебедок для подъемных работ уменьшается с 16 до 6, блоков и полиспастов с 68 до 22 и стального троса — более чем в 2 раза.

2. Меклер А. Г., Шафиров З. Е., Эйдельман Б. Э. — Регулирование скорости механизмов передвижения и поворота кранов на переменном токе.

Труды ВНИИПТМАШ. Автоматическое управление п.-т. машинами, 1961, вып. 1 (12), стр. 44—82, 20 рис. библ. — 34 назв.

Содержание статьи: сравнительная оценка систем регулирования на переменном токе; основные вопросы теории и расчета систем регулирования скорости; принципиальные схемы управления с регулированием скорости вращения привода.

3. Асвадуров Д. С. — Торсионные ограничители грузового момента для стреловых кранов.

Труды ВНИИПТМАШ. Исследование новых конструкций крановых механизмов, 1961, вып. 2 (13), стр. 3—69, 33 рис. библ. — 5 назв.

Теоретическое исследование торсионных ограничителей грузового момента для стреловых кранов; экспериментальное исследование торсионных ограничителей грузового момента для стреловых кранов; общие выводы; рекомендации по расчету и проектированию этих ограничителей.

4. Анучкин Н. Н., Гарбузов З. Е., Михайлов П. М. — Автомобильный кран К-2,5-ІЭ грузоподъемностью 2,5 т.

Строительные и дорожные машины, 1961, № 4, стр. 7—10. 4 рис.

Характеристика крана: г/п на выносных опорах 2,5 т (без них — 1,0 т), вылет стрелы соотв. 3,5 и 2,5 м; высота подъема 6,0 соотв. 5,0 м; скорость подъема груза 8,25 м/мин, тоже для грейфера 16,5 м/мин; наибольшая скорость передвижения крана 50 км/час, давление в гидросистеме 100 кг/см². Описание устройства и работы крана.

5. Балашов В. П. — Новая конструкция противоугольных устройств крана.

Труды ВНИИПТМАШ. Исследование новых конструкций крановых механизмов, 1961, вып. 2 (13), стр. 70—83, 7 рис. библиограф. — 3 назв.

Содержание: введение; конструкция эксцентрикового захвата; задачи и методика проведения испытаний захвата; результаты испытаний (экспериментальные величины усилий и коэффициентов зажима, срабатывание захвата в период торможения крана); выводы и рекомендации.

6. Вилицкий А. М. — Электромеханический ограничитель грузоподъемности строительных кранов.

Строительные и дорожные машины, 1961, № 4, стр. 10—12, 4 рис.

Описание работы ограничителя, имеющего корректирующее устройство с выдержкой времени срабатывания от 0 до 1,5 сек; измерительный прибор, показывающий вес поднимаемого груза с точностью до $\pm 2,5\%$; имеется световая и звуковая сигнализация; принципиальная электросхема.

7. Иншин А. П., Авраамов И. С., Зайцев А. И. и Кропачин С. С. — Вариант малоканальной телемеханической системы управления кранами.

Известия Томского политехнического ин-та им. С. М. Кирова, 1960, т. 115, стр. 40—52, 6 рис.

Комментарии по следующим узлам: шифратор, дешифратор, вычислительное устройство блока реле и др. Формирование команды направления движения и команд «малая скорость», «торможение» и «большая скорость». Система поправки.

8. Крапоткин А. С. — Крановые грейферные лебедки с полуавтоматическим управлением.

Труды ВНИИПТМАШ. Исследование новых конструкций крановых механизмов, 1961, вып. 2 (13), 18 рис. библиограф. — 10 назв.

Введение; типы грейферных лебедок; системы управления грейферными лебедками с независимым приводом; анализ силового взаимодействия канатов подъемного и замыкающего механизмов; описание установки и методика проведения испытания; описание электросхемы; результаты испытания; выводы и рекомендации.

9. Балашов В. П. — Экспериментальное определение сопротивлений движению многоопорных подвесных кранов.

Труды ВНИИПТМАШ. Исследование новых конструкций крановых механизмов, 1961, вып. 2 (13), 9 рис., 5 табл., библиограф. — 2 назв.

Особенности конструкции многоопорных подвесных кранов; характеристика крана; результаты испытаний (комментарии по семи осциллограммам с записью токов якорей электродвигателей и напряжения и др.); сопоставление экспериментальных величин сопротивлений движению с расчетными; выводы и рекомендации.

10. Schmoll K. — Neue Hafen-Krane. — Новые порталные краны в гаванях.

Schiff und Hafen, 1961, IV, т. 13, № 5, стр. 459—463, 15 рис.

Описание следующих кранов: полупортальный, тип «НВ» с узким порталом г/п 3 т (возможность одновременной разгрузки люка судна двумя кранами); специальная форма нижней развилки стрелы крана, расположенной над кабиной крановщика или по обе стороны от неё; пятитонный грейферный кран коробчатого сварного профиля. Приведены технические данные.

11. Schmoll K. — 10-t Greiferdrehkran auf fahrbarem Portal. — Передвижной портал с поворотным грейферным краном.

Demag-Nachrichten, 1960, № 159, стр. 25—28, 87 рис.

Пролёт портала 15 м, высота в свету 5 м, вылет крана 26 м, скорости: подъема 60 м/мин, замыкания — 53 м/мин; поворота 1,1 об/мин, передвижения 30 м/мин (соотв. мощности двигателей механизмов 112; 56; 23 и 26+20 кВт).

Описание устройства и работы крана, предназначенного для переработки сыпучих материалов между судами, ж.-д. вагонами и складом.

12. Schmoll K. — Le pont-transbordeur à grappin monté sur chariot de levage tournant est l'engin le mieux approprié au déchargement des navires. — Козловый грейферный кран, специально предназначенный для разгрузки судов.

Acier-Stahl-Steel, 1960 г., X, т. 25, № 10, стр. 420—426, 11 рис.

Описание устройства моста и его отдельных узлов; сравнение двух способов конструкции (ф. Демаг); грузоподъемность крана 10 т (вдвое больше по сравнению с прежней конструкцией); перевалочная способность — 310 т/час (теорет.) и 200 т/час (практ.); коэффициент заполнения грейфера 0,85.

13. Nellen I. W. — Nelson-een nieuwe havenkraan in een moderne constructie en voorzien van vele mogelijkheden. — Различные конструктивные варианты нового порталного крана «Нельсон».

Polyt. T. (A), 1960, № 20, стр. 925а—930а.

Описание нескольких исполнений крана с указанием их технических характеристик.

14. K. Schmoll — Neue Stückgut-Hafenkrane in geschweißter Blechbauweise. — Сварные порталные краны сплошностенчатой конструкции для перемещения штучных грузов.

Hansa, 1960, I/VI, т. 9, № 23/24, стр. 1180—1181, 6 рис.

Установленные в Бремене фирмой Демаг новые сварные сплошностенчатые порталные краны.

Описание их конструкции и работы.

15. Neuman H. — Neue Kurvenlenker-Stückgutkräne im Hambur-

ger Hafen. — Оснащение Гамбургской гавани новыми порталными кранами на колонне для штучных грузов.

Hansa, 1960, 6/II, № 6/7, стр. 336—339, 7 рис.

Описание конструкции кранов, их отдельных узлов и параметров. Электрооборудование.

16. Größter Gießkran Europas. — Европейский крупнейший литейный кран.

Schiff und Hafen, 1960, XI, № 11, стр. 1035.

Краны фирмы МАН грузоподъемностью 475 т (пролет 22,5 м); кроме главного механизма подъема (г/п 475 т) имеются вспомогательные — 80 соотв. 20 т.

17. Eckhardt C.-H. — Diesel-hydraulischer Aufgleiskranwagen. — Аварийные железнодорожные краны на дизель-электрической тележке.

Glaser's Annalen, 1960, т. 84, № 12, стр. 647—651, 7 рис.

Комментарии по аварийному крану г/п 40 т (3 проекции).

Цели и области применения подобных кранов (технические показатели). Описание отдельных узлов кабины и предохранительные устройства, ходовая и поворотная части, привод — электрический и гидравлический; канатный барабан, противовес и опорные устройства, ограничители грузового момента и др.

18. Schmoll K. — Moderne Tislofenkrane. — Модернизированные колodцевые краны.

Kleppzigs Fachberichte, 1959, т. 67, № 10, стр. 327—28.

Конструкции клещей с прижимным усилием, вызываемым действием противовеса или специального регулируемого устройства. Описание оборудования и работы крана.

19. Fackelmeyer A. — Kostensenkung durch Mobilkran-Einsatz. — Снижение стоимости эксплуатации при применении кранов на пневмокошесном ходу.

Nachr. f. Wirtschaft (Hannover), 1961, № 2, стр. 8—9, 4 рис.

Различные исполнения кранов и способы их привода; примеры их применения; снижение стоимости эксплуатации на 55 и 80%; использование на монтажных работах при переработке сыпучих материалов.

20. The Coles «Argus» mobile crane. — Краны, на пневмоходу системы — «Коулс» (тип «Аргус»).

Engineering, 1960, 25/XI, № 4936, стр. 722—724, 6 рис.

Историческое развитие конструкции крана. Современное исполнение. Компактное расположение приводных деталей крана (вид снизу и сверху). Технические показатели.

21. Hille B. — Hochbaukrane. — Краны для строительства высотных зданий.

Bauingenieur, 1961, IV, т. 36, № 4, стр. 121—127. 20 рис.

Описание кранов и их основных узлов. Ходовой механизм, мачта, различные исполнения стрелы. Ползучие краны и их модификации.

Башенный кран на автомобиле; различные виды дистанцион-

ного управления; краны на пневмоходу с решетчатой стрелой; пассажирские подъемники для строительных рабочих; технические показатели.

22. Henschel W. — Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Derrick- und Mobilkränen im modernen Fertigteilmontagebau. — Возможности и пределы применения вантовых кранов в современном цельноблочном строительстве.

Bauplanung und Bautechnik, 1961, IV, № 4, стр. 160—164, 2 рис., библи. — 1 назв.

Подробное описание с указанием технических данных вантовых кранов и кранов на пневмоходу.

Преимущества и недостатки обоих типов кранов. Практическое применение.

23. Kollros W. u. a. — Aus dem Arbeitsgebiet einer Kranbau-firma. — Программа работы краностроительной фирмы.

S. T. Z., 1960, 17/XI, т. 57, № 45—46, стр. 905—915, 24 рис.

Технологический процесс изготовления крана в производстве; значение ТУ СИА № 160 и 161 и DIN № 120; исследование деталей коротковолновыми и рентгеновскими лучами; подробное описание мостовых порталных, козловых и др. кранов, а также их отдельных узлов. Применение гидравлического управления.

24. Eden I. F. & Wood Pr. H. — Stiffness of a crane jib — Жесткость крановой стрелы.

Engineer, 1960, т. 210, № 5453, стр. 181—187, рис.

25. Eckinger K. — Theorie und Versuch bei der Entwicklung der geschweißten Stahlleichtbauweise für Krananlagen aus 3 mm dicken dreieckig gewalzten Hohlprofilen. — Теоретические и практические данные при конструктивном развитии сварных лёгких стальных элементов, изготовленных из треугольного проката толщиной 3 мм для крановых стрел.

M. A. N. — Forschungshefte, 1960, № 9, стр. 65—83.

26. Mayer K. — Einfache Näherungsrechnung zur Ermittlung der Raddrücke einer Laufkatze für die Praxis. — Элементарный приближённый расчёт для определения давлений на колёса тележки крана (практические данные).

Deutsche Hebe- und Fördertechnik, 1960, № 3, стр. 44—48.

27. Trockenschmierung für Kranlaufrollen-Spurkränze. — Сухая смазка для реборд крановых колёс.

Deutsche Hebe- und Fördertechnik, 1960, IV, № 4, стр. 38.

28. Pflüger M. E. — Krananlagen und Frequenzwandlersteuerung. — Крановые установки с преобразованием частоты.

Brown-Boveri Mitt., 1959, т. 46, № 8, стр. 450—53.

29. Schenkel A. — Leonardantriebe für moderne Krananlagen. — Привод «г—д» для современных крановых установок.

Brown-Boveri Mitt., 1959, VIII, № 8, стр. 443—450, 11 рис.

Принцип работы «г—д»; машины и аппараты для крановых установок, оснащённых модернизированным приводом «г—д»; электросхемы и комментарии к ним.

30. Degenhardt W. — Краны. — Стандарты на краны.

DIN — Mitt., 1960, т. 39, № 12, стр. 635—36.

Комментарии к проектам нормалей DIN 15019, лист 1: устойчивость, ветровая нагрузка (стационарные краны); железнодорожные поворотные краны; строительные башенные и плавучие краны; лист 2: устойчивость безрельсовых стреловых и поворотных кранов.

31. Gleichlaufanzeiger. — Указатель синхронного хода.

F. u. E.-Stelle: Institut für Fördertechnik, Leipzig, заключительный доклад, 15/II, 1960, 31 стр.

Конструкция измерительного устройства, в задачу которого входит проверка прямолинейного хода перегрузочного моста или мостового крана.

II. ПОДЪЕМНИКИ

32. Коверда П. Т. — К вопросу о наладке ограничителей скорости подъемных машин.

Уголь, 1961, № 5, стр. 55—56, 4 рис.

Основная задача статьи: выяснение степени обеспечения выполнения условия: $U \leq v_d$ (где U — напряжение в v на щётках генератора; v_d в м/сек — действительная скорость) и $U \leq n$ (где n — число оборотов двигателя) и затем установление зависимости, по которой должно быть построено сопротивление ограничителя скорости R для выполнения условия $R_{ц.г} \leq v_a$ ($R_{ц.г}$ — сопротивление в омах в цепи генератора, v_a — заданная скорость) и одновременно установление нижнего предела скорости, при котором ограничитель может в точности выполнить свои функции.

33. Таубер Б. А. — Некоторые вопросы кинематики и динамики грейферных механизмов.

Научные труды Московского лесотехнического института, 1961, вып. 11, стр. 5—30, 6 рис., библи. — 3 назв.

Содержание: общие данные; кинематика грейферного механизма; динамическое исследование грейферного механизма; определение обобщенных сил.

34. Шевченко Ф. Л. — Расчёт оболочек шкивов трения многоканатных подъемных машин.

Труды Донецкого политехнического ин-та, 1960, т. 54. Серия строительная, вып. 3, стр. 153—178, 11 рис., библи. — 4 назв.

Общие сведения о шкивах трения; радиальные оболочки шкива, испытывающие радиальную нагрузку; исследование работы оболочки на нагрузку, равномерно распределенную вдоль образующей шкива; учёт работы рёбер жёсткости; выводы.

35. Михайлов А. П. — Захваты для подъёма и перемещения листового металла.

Безопасность труда в промышленности, 1961, № 5, стр. 5—8, 2 рис.

Листоподъёмник в основном состоит из кольца для подвешивания к подъёмному крану двух коушей, стального каната и двух

захватов новой конструкции (составные части: скоба с пазом, упор-склиз, косынка-ребро жёсткости и рукоятка). Описание работы захвата.

36. Walder A. — Der Aufzugbau heute. — Современное лифто-строение.

Intern. Berg-und Seilbahn-Rundschau, 1960, X—XI, т. 3, № 2 (Sonderheft), стр. 34 (160)—35 (161), 1 рис.

Общие сведения по подъемникам и их узлам для людей и грузов; технических данных не имеется.

37. Hille B. — Baumaschinen. Fördermaschinen. — Строительные машины. Грузоподъемные устройства.

Z. d. V. d. L., 1960 г., т. 102, № 21, стр. 873—881, 21 рис.

Башенный поворотный кран; строительный пассажиро-грузовой подъемник; однорельсовая подвесная дорога с жёстким рельсом; универсальный погрузчик. Приведена характеристика.

38. New winch installs equal length Koepe cables. — Технические возможности компенсации длины каната у многоканатных подъемников.

S. Afric. Min. J., 1960, т. 71, № 3531, стр. 869—71, 1 рис.

Устранение неравномерных удлинений канатов и напряжения в канате путем замены обычно применяемых противовесов фрикционными лебёдками специальной конструкции.

39. Sexton R. W. — The trigonometry of deflector sheaves. — Аналитические данные по величине отклонения канатов на канатоведущих шкивах подъемника.

Elevator World, 1961, VII, т. IX, № 7, стр. 14—15, 1 рис.

Краткие комментарии: по диаграмме, характеризующей соотношения между тяговым усилием и усилием отклоняющего ролика, а также величиной угла обхвата каната.

40. Hupe W. und Gräbner P. — Eine kritische Betrachtung zum Abnutzungsfaktor der Aufzugtreibscheiben. — Критические данные по коэффициенту износа канатоведущих шкивов подъемников.

Wiss. z. Hochschule Verkehrswesen, Dresden, 1959—60, т. 7, № 3, стр. 624—627.

41. 10-ten steel sheets handled like toys. — Механический захват для пакетов листового железа.

Factory, 1960, т. 118, № 10, стр. 180, 1 рис.

Приводимый от двигателя захват для переноски пакетов размером длиной до 3 м и высотой 500 мм; вес пакета до 10 т; управление из кабины крана.

42. Vacuum-operated lifting equipment. — Грузоподъемное устройство с шестью пневмоприсосами.

Engineer, 1961, т. 211, № 5480, стр. 181, 1 рис.

Грузоподъемность устройства (марка «Cling-Sling») со встроенным компрессором (емкость 70 л), работающим от гидродвигателя мощностью 0,5 л. с., составляет примерно 2 т.

43. Gebauer A. K., Brun A. B. — Hydraulische Aufzüge. — Гидравлические подъемники.

Techn. Rundschau, Bern., 1961, т. 53, № 14, стр. 9, 11 и 13, 3 рис., 10 схем, 4 диагр.

Основные условия для эксплуатации гидropодъемников; их конструкция и виды эксплуатации; допускаемые высоты подъема и максимальные нагрузки; гидросистемы и виды управления; соотношение между скоростью и временем; экономическое сопоставление гидropодъемников и канатных подъемников и преимущества первых из них.

44. Lubatti C. O. — Spring-loaded parallelogram simplifies grab-bucket control. — Управление работой грейфера посредством срабатывающего от пружины параллелограмма.

Design News, 1960, 11, IV, стр. 72.

45. Leistungsstarke Motorgreifer. — Моторные грейферы.

Maschine u. Werkzeug, 1961, 12/III, т. 62, № 6, стр. 18, 22, 2 рис.

Области применения и материалы, перемещаемые грейфером.

46. Reppert G. H. — Up-dating and applying the elevator code. — Современность «Правил» по подъемникам и их применение.

Elevator World, 1961, VII, т. IX, № 7, стр. 16—19, 28.

Комментарии по 12 добавлениям к новым «Правилам» 1960 г. «Образцовые Правила» по подъемникам, лифтам типа «Патерностер» и эскалаторам (6 разделов).

47. Hirsig F. M. — Les accidents aux ascenseurs et monte-charge. — Предохранение несчастных случаев и предохранительные устройства на пассажирских и грузовых подъемниках.

STZ, 1960, т. 57, № 20, X, № 32, стр. 632—638, 12 рис.

Несколько случаев неудачной загрузки кабины (в сопровождении лифтера) штучными грузами (ящики, бочки и т. п.), приводящих к травматизму. Основные узлы (гилютинные двери, замки, канаты и др.), способствующие несчастным случаям; предохранительные мероприятия.

48. Zinner O. — Die Automatisierung von Elektroförderhaspeln. — Электрелебедки подъемных механизмов и их автоматизация.

Glückauf, 1960, 23/IV, т. 96, № 9, стр. 562—570, 21 рис.

Различные способы внедрения автоматизации в маломощных лебедках подъемных механизмов, а также для спуска длинномеров. Типы двигателей и тормозных устройств; электросхема автоуправления лебедками.

III. КОНВЕЙЕРЫ

49. Завгородний Е. X. — Исследование динамической жесткости конвейерных лент.

Известия Днепропетровского горного института, 1960, т. 39, стр. 145—149, 3 рис., библи. — 5 назв.

В статье очень кратко рассматривается способ экспериментального определения скорости конвейера. Описание и работа уста-

новки для фиксирования динамической жёсткости конвейерных лент.

50. Давыдов Б. Л. — Исследование взаимодействия грузонесущего и тягового органов в ленточно-цепных конвейерах.

Известия высших учебных завед. Горный журнал, 1961, № 3, стр. 117—128, 3 рис.

В статье рассматривается теория взаимодействия тягового и несущего органа ленточно-цепного конвейера при различных начальных условиях.

51. Завгородний Е. Х. и др. — К экспериментальным исследованиям ленточных конвейеров методом измерения скоростей.

Известия Днепропетровского горного института, 1960, т. 39, стр. 150—153, 4 рис.

Краткое сообщение о возможности определения путем измерения скоростей следующих параметров: степень проскальзывания ленты на приводных барабанах; степень проскальзывания роликов и барабанов; действительные радиусы кривизны ленты на роликах и скорости ленты в различных точках по дуге обхвата на приводных барабанах.

52. Борисов В. И. — Измерение частоты собственных колебаний упругих динамических систем вибрационных конвейеров.

Труды Всесоюзного научно-исследовательского ин-та приборостроения, 1960, вып. 1—2, стр. 101—106.

В статье дается краткое описание упрощенного способа экспериментального определения частоты собственных колебаний двухмассовой упругой системы применительно к одножелобчатому виброконвейеру, опирающемуся на раму с упругими амортизаторами.

53. Квитко А. К. и Осколов А. А. — О динамических нагрузках в тяговом органе конвейеров.

Научные труды Московского горного института, 1960, сборник 39, стр. 19—28, библиография — 3 назв.

В статье рассматривается теория определения динамических нагрузок на цепь конвейера при концевых и гусеничных приводах.

54. Бахолдин Б. А. — Электрическая модель — аналог скребкового конвейера.

Известия Днепропетровского горного института, 1960 г., т. 39, стр. 165—178, 10 рис., библиография — 7 назв.

В статье рассматривается возможность использования электрической модели для исследования динамических процессов в скребковых конвейерах.

55. Поляков Н. С. и Бахолдин Б. А. — Исследование возможности применения формулы Ганфштенгеля для динамического расчёта скребкового конвейера.

Известия высших учебных заведений. Горный журнал, 1961, № 2, стр. 87—96, рис., библиография — 6 назв.

В статье излагаются результаты исследования возможности применения формулы Ганфштенгеля для динамического расчета

скребкового конвейера, проведенного методом электрического моделирования. Исследование показало, что для коротких конвейеров формула Гауфштегеля дала точные результаты. Для длинных конвейеров в случае возникновения резонанса точный метод дает более высокие усилия.

56. Гуськов П. И. и Жуковский А. А. — Прибор для автоматической регистрации и измерения пробуксовки ленты на приводном барабане конвейера.

Известия высших учебн. заведений. Горный журнал, 1961, № 2, стр. 133—136, рис.

Прибор работает от двух датчиков-тахогенераторов переменного тока.

57. Приседский Г. В. и Зельцер Н. М. — О выборе рациональной формы роlikоопор.

Уголь Украины, 1961, № 3, стр. 26—27, 2 рис., библиограф. — 2 назв.

Выбор угла наклона боковых роликoв и длины среднего ролика желобчатых роlikоопор ленточных конвейеров для получения наибольшего сечения груза на ленте. Однако принципиально новых выводов в статье не имеется.

58. Degenhardt W. — Stetigförderer. — Машины непрерывного транспорта (стандарты).

DIN — Mitt., 1961, т. 40, № 1, стр. 27—31, 1 сх., 1 табл.

Роlikоопоры для ленточных конвейеров и роlikовых конвейеров: диаметры, длина, внутренняя и внешняя облицовка. Технические направления, принятые для DIN 22107 («желобчатая» двухслойная лента, величина неработающей части роликoв; двухслойная нерабочая лента, трехслойная лента); ширина ленты, угол наклона ленты.

59. Uematu, Tokio und Sdao, Nakamura-A study of the screw conveyor. — Изучение работы винтового конвейера.

Bull. Isme, 1960, т. 3, № 12, стр. 449—455, рис.

60. Güter-Großumschlag durch Unterflur-Kettenförderer. — Переработка штучных грузов цепным напольным конвейером.

Maschine u. Werkzeug, 1961, 12/III, т. 62, № 6, стр. 14—16, 18, 5 рис.

Мощность двигателя для привода цепи конвейера = 11 кВт, шаг тележек конвейера = 4 м, площадь обслуживания — 5000 м². Эксплуатационные показатели.

Другие средства механизации — специальный телескопический ленточный конвейер, вагоны-самоопрокиды и др.

61. Janike A. W. — On the level: this belt conveyor goes straight up. — Желобчатый конвейер, работающий на поверхности.

Rock Products, 1960, т. 63, стр. 126—128, 4 рис. 1 сх.

62. Gunterman A. — Stetigförderer in Streb und Abbaustrecke. — Конвейеры, применяемые в забоях и на отвалах.

Technische Mitteilungen, 1960, т. 53, № 9, стр. 350—354, рис., библиограф. — 10 назв.

Описание конвейеров: одноцепных, дисковых, работающих на спуске материалов, канатно-ленточных и цепе-ленточных, изгибающихся ленточных, пластинчатых, с гофрированными бортами и др. Приведены технические данные.

63. Müller O. — *Neuzeitliche Fördermittel im Bergbau.* — Современные средства транспортирования в горном деле.

Industriekurier (Düsseldorf), 1960, т. 13, № 32, стр. 512—513, 6 рис.

Статистические данные по ленточным, пластинчатым, желобчатым и др. конвейерам.

64. Meador H. W. — *New developments in belt haulage.* — Новый способ использования тягового усилия в конвейерах.

Min. Congt. J., 1960, т. 46, № 9, стр. 86—89, рис.

Боковые смещения роликов. Различные способы крепления и конструкции роликов конвейеров; ролики, подвешенные на канатах. Применение более широких лент и повышенных скоростей; коррозистойкие ленты; способы увеличения «желобчатости» ленты.

65. *Machine design for postal mechanisation.* — Механизация почтовых отправок.

Engineering, 1960, 22/VII, т. 190, № 4918, 4 рис.

Среди различных автоматов кратко описывается ленточный конвейер, предназначенный для вертикального транспортирования мешков с почтовыми отправлениями весом 27,2 кг (скорость 60,93 м/мин; производительность 20 мешков/мин). Рассматриваются два типа конвейеров: обычной системы «Совекс» с двумя лентами и системы «Виккерс-Армстронг» с одной лентой (работающей по типу эскалатора).

66. *Demag-Schubstangenförderer.* — Металлостружка, транспортируемая по конвейеру системы «Виссман».

Braunkohle, 1961, т. 13, № 1, стр. 30—31, 1 рис.

В основном конвейер собирается из стандартных коротких штанг трубчатого профиля, соединённых между собою муфтами; гидропривод конвейера либо индивидуальный, либо собирательный; краткое описание работы конвейера.

67. *Tubular conveyor framework.* — Трубчатая рама конвейера. *Engineer*, 1951, т. 211, № 5484, стр. 348, 1 рис.

Рама оснащена пружинными роликоопорами и рассчитана на ленту шириной 650—1060 мм; оси роликов, расположенные в резиновых опорах, обеспечивают хорошую работу конвейера при центральном прогибе макс. 63 мм.

68. *The Flexiroll conveyor idler system.* — Роликоопора типа Flexiroll для ленточного конвейера.

Colliery Guardian, 1960, т. 200, № 5163, стр. 339—342, рис.

Применение гибкого вала из пружинной стали для рабочей ветви ленты. Опытные данные, полученные на основании работы лент в двух английских шахтах.

69. *A new double-drum conveyor drive.* — Новый двухбарабанный привод конвейера.

Mat. Handl. News, 1961, VII, № 32, стр. 16—17, 5 рис.

Графики, характеризующие: максимальное усилие двигателя в зависимости от скорости ленты и два случая расположения двигателя. Описание работы привода.

70. Automatischer Bandlaufvegler. — Ход ленты, регулируемый автоматически.

Maschine und Werkzeug, 1961, 12/III, т. 62, № 6, стр. 40—41, 1 рис.

При ширине ленты до 5000 мм скорость ленты, применяемой для различного исполнения машины, может регулироваться от 0,01 до 750 м/мин.

71. Elektronisches Wiegen an Förderbändern. — Оснащение ленточных конвейеров электрическим взвешивающим устройством.

Industrie Elektronik, 1959, т. 8, № 3—4, стр. 4—7, 5 рис. 5 сх.

72. Oehmen H. H. — Elektronische Bandwaage, insbesondere für rückbare und schwere Förderbandanlagen. — Применение электронных весов (гл. образом для переставных и тяжёлых ленточных конвейеров).

Braunkohle, 1960, XII, т. 12, № 12, стр. 569—570, 4 рис.

Принцип замера при помощи двух мостов Уитстона (схема) и работы интегратора (схема). Практическое применение электроники сист. «Филипса» на ленточном конвейере: диапазон замера 100 ÷ 300 м.

73. Röschlau F. F. C., Ellersieck K. u. Krieg H. — Rationeller Spänetransport in der metallverarbeitenden Industrie. — Реш-
лау Ф. Ф., Эллерзик К. и Криг Г. — Рациональное транспортирование стружки в металлообрабатывающей промышленности.

Z. d. V. d. I., 1960, т. 102, № 28, стр. 1356.

В брошюре № 7/1959 г. (издательство Краускопф, Висбаден), 68 стр., 100 рис., цена г. м. 9.80.

74. Hängebandrollen. — Применение подвесных роlikоопор в горном деле.

Colliery Guardian (London). 1960, т. 201, № 5195, стр. 574—578, рис.

Устройство роlikоопоры и оборудованного ими конвейера (технические данные).

При незагруженной ленте угол наклона внешних роlikов роlikоопор ленты типа «Месо» устанавливается порядка 20° и в зависимости от нагрузки увеличивается до 35°.

75. Türlig. — Piab-Dynamometer in der Braunkohlen Industrie. — Динамометр «Пиаб» в бурогольной промышленности.

Braunkohle, 1961, т. 13, № 1, стр. 29—30, 2 рис.

Пример применения динамометра у ленточного конвейера длиной 750 м (общая длина ленты 1500 м, тяговое усилие на ленте 12 000 кг, скорость 5,2 м/сек).

76. Spiral chute saves \$ 39 000 for five-floor building. — Применение гравитационного спуска в пятиэтажном здании.

Distr. Age., 1960, т. 59, № 8, стр. 46—47, 5 рис.

Одновременное использование со спуском шести установок для пневмопочты. Продолжительность транспортирования 8 сек. Техно-экономические данные; сравнение с прежними транспортирующими устройствами.

IV. ПНЕВМОТРАНСПОРТ

77. Калугин Б. Ф. — Экспериментальное исследование процесса транспортирования твёрдых частичек потоком воздуха.

Инженерно-физический журнал, 1961, № 4, стр. 120—122, 2 рис.

В статье изложены результаты опытов по движению в трубе потока воздуха со взвешенными в нем шарами разных удельных весов и размеров. Движение фиксировалось на киноплёнке. Исследование дало возможность проследить за изменением аэродинамических сил по высоте трубы и влияния турбулентных пульсаций воздушного потока на движение частицы.

78. Данюшевский Б. Ю. — Пневматический транспорт отходов в горизонтальной сушилке катализаторной фабрики.

Труды ВНИИ по технике безопасности в нефтяной промышленности, 1960, вып. 13, стр. 130—134, 1 рис.

Результаты исследования: полный унос материала наблюдался при скорости $7 \div 14$ м/сек, в среднем 10 м/сек; аэродинамическое сопротивление цилиндрического слоя толщиной 700 мм при условной скорости воздуха в габаритном сечении 0,3 м/сек достигает 4000 кг/м^2 ; коэффициент местного сопротивления достигал 2,7; транспортная скорость составила 16,5 м/сек. Пневмотранспортный агрегат развивал полное давление около 400 кг/м^2 (мощность до 4,0 кВт). Производительность установки по перемещаемому материалу $\cong 1,0 \text{ т/час}$.

79. Давыдов Н. Н. — Комплекты оборудования для пневмотранспорта бетонной смеси на предприятиях крупнопанельного домостроения.

Строительные и дорожные машины, 1961, № 2, стр. 23—26, 5 рис.

Комментарии по схеме транспортирования бетонной смеси с применением пневматической установки; её техническая характеристика; производительность 20 и $10 \div 12 \text{ м}^3/\text{час}$, полезный объём камерного питателя 800 и 400 л; наибольшая длина подачи (приведённая длина) 250 и 200 м; наибольшее давление воздуха 7 и 6 кг/см^2 ; ёмкость ресивера 4 и $1,8 \text{ м}^3$ и другие показатели.

80. Карпов А. И. — Экспериментальное исследование скорости частиц и сопротивлений при пневмотранспорте методом радиоактивных индикаторов.

Известия высш. учебн. заведений. Энергетика, 1961, № 3, стр. 75—81, 6 рис., библиография — 10 назв.

В сообщении приводится метод исследования скорости частиц, транспортируемых воздушным потоком, с помощью радиоактивных

изотопов. Приведены результаты испытаний, из которых устанавливаются относительные поступательные скорости $\frac{v_{pa}}{v}$ и их зависимость от размера, удельного веса и концентрации. Определяются сопротивления разгонных участков.

81. Леви И. И. и Кулеш Н. П. — Транспортирующая способность потока, насыщенного мелкой взвесью.

Известия ВНИИ гидротехники, 1960, т. 66, стр. 247—254, 10 рис., библиография — 15 назв.

Рассматривается вопрос о факторах, определяющих транспортирующую способность потока при лёссовых грунтах; отмечается влияние числа Рейнольдса; приводятся данные о вязкости потока, насыщенного мельчайшими частицами ($d > 0,01—0,01\text{ т мм}$). Глинистые частицы составляют вместе с водой тяжелую однородную жидкость, переносящую более крупные наносы, представляющую собой механическую примесь к этой жидкости. Обзор наблюдений, проведенных в СССР, КНР, США и др.

82. Мелконян Г. И. и Бородин Б. С. — Расчет воздухопроводов пневматических установок для поддержания незамерзающих акваторий и гашения волн.

Труды Ленинградского ин-та водного транспорта, 1961 г., вып. 13, стр. 33—42.

83. Van Koppen C. W. Pneumatisch transport van grof materiaal in een horizontale leiding. — Перемещение крупнозернистого материала по горизонтальному трубопроводу пневматическим способом.

Ingenieur (Holl.) (Symposium: Pneumatisch transport, ч. 4), 1960, т. 72, № 38, стр. ch. 128—ch. 136, 6 рис., библиография — 12 назв.

Комментарии по графикам, отражающим влияние различных факторов (расход воздуха, давление, длина трубопровода); расчетные данные по потере давления, по скорости движения материала и величине трения материала о стенки трубопровода; поведение крупнозернистого материала при пневматическом транспортировании; дискуссии.

84. Van der Kolk H. — De afscheiding van het materiaal. — Расслоение материала (при пневматическом транспортировании).

Ingenieur (Symposium: Pneumatisch transport ч. 5), 1960, т. 72, № 47, стр. ch. 137—ch. 140, рис.

Сведения о разнице между отделением материала при пневмотранспорте и при пылеулавливании вообще. Даны рекомендации по выбору типа пылеуловителей и указано влияние размеров частиц, скорости газового потока, давления в системе.

85. Wiythoff, I. — Discussiebijdrage C: Pneumatisch transport van poedervormige Kraakkatalisatoren in gefluidiseerde toestand. — Пневматическое транспортирование пылевидного катализатора в состоянии флюидизации. Дискуссии и приложение.

Ingenieur (Symposium: Pneumatisch transport, ч. 3), 1960, т. 72, № 38, стр. ch. 126—ch. 128, рис.

86. Stemerding S. — Pneumatisch transport van Kraakkatalysator in verticale leidingen. — Пневматическое транспортирование разрыхленного катализатора по вертикальному трубопроводу.

Ingenieur (Holl.) (Simposium. Pneumatisch transport, ч. 3), 1960, т. 72, № 38, ch. 121 — ch. 126, рис.

Процесс транспортирования катализатора по вертикальному трубопроводу $\varnothing 50$ мм. Потери давления подсчитываются вне зависимости от вязкости и плотности газа, а в зависимости от веса частиц, трения о стенки труб и ускорения. Коэффициент трения дан в зависимости от «числа Фруда».

87. Dammann J. — Die Wirtschaftlichkeit der losen Verladung. — Экономические данные по пневматической переработке муки.

Mühle, 1960, т. 97, № 35, стр. 459—460.

Сопоставление рабочих процессов и стоимости транспортирования готовой продукции, затаренной в мешки, и навалом. При ежедневной перевалке двух вагонов ёмкостью по 15 т второй способ дает экономию 300 герм. мар. в день; различные конструкции вагонов-цистерн ф. Бюлер; способ работы пневморазгрузки; технические данные.

88. Swarbreck, G. E. — A mill revisited. Pneumatics bring new look to old plant making air, making space, making flour. — Результаты применения пневмотранспорта в мукомольной промышленности.

Northwest. Miller, Minneapolis, 1961, т. 265, № 9, стр. 38—39, 10 рис.

Результаты обследования работы мельницы для разлома пшеницы после введения в производство пневматического транспорта (фирма Бюлер). Общее число пневмоприводов 59 (средняя длина 24 м); производительность — $300 \div 2300$ кг/час (на некоторых пневмотрассах — 17 000 кг/час). Сопоставление (в иллюстративном виде) работы мельницы до и после переоборудования на пневмотранспорт. Основные преимущества.

89. Opocensky I. U. Synek K. — Neue Aspekte der pneumatischen Müllerei-Fördereinrichtungen. — Новые аспекты по пневматическому транспортированию в мукомольной промышленности.

Schwerind. Tchechoslowakei, 1960, № 12, стр. 34—41.

90. Uematu, Tokio u Joshinofu, Morikawa. — Druckverluste in der pneumatischen Förderung von körnigen Gütern. — Потери напора в пневмоустановках для транспортирования зерна.

Bull. Isme, 1960, т. 3, № 12, стр. 444—448.

91. Siemens W. — Förderung von körnigem Gut in geneigten Fließbetten. — Пневматическое транспортирование зернистого материала по наклонным каналам.

Chem.-Ing.-Techn, 1959, т. 31, № 3, стр. 212—213.

Аналитические данные по двум способам транспортирования:

1) ложе канала рассматривается в качестве взрыхляющего слоя;

2) квазижидкий взрыхленный слой материала движется по

наклонным каналам как жидкость. Основные законоположения по второму способу.

Аннотация помещена в журнале *Zement, Kalk, Gips*, 1960, № 4, стр. 17 (рекл.).

92. Beck. W. — Prinzipfragen zum strömungs-mechanischen Transport von Schüttgut durch Rohrleitungen. — Направление потока сыпучего материала по трубопроводу (пнеumo- и гидротранспорт); принципиальные вопросы.

Freiberger Forschungshefte, 1961, 182, стр. 19—33, 10 рис. дискуссии, библи. — 28 назв.

Среди различных схем по гидротранспорту приведена схема распределения энергии пневматического засасывания и гидравлического транспорта в трубопроводах.

93. Pneumatisches Fördergerät. — Пневматический конвейер компактного исполнения.

Ind. Anzeiger, 1961, т. 83, № 21, стр. 345, 1 рис.

Показатели работы конвейера: при перемещении влажной земли (или мелкозернистой золы) производительность, высота перемещения и расход воздуха соотв. составляют: 60 м³/час, 10 м и 180 м³/час; при работе с бетоном соотв.: 35 м³/час, 8 м и 300 м³/час; при транспортировании формовочной земли 70 м³/час, 12 м и 150 м³/час.

94. Mutschke H. — Die elektrischen Steuerungen von Rohrpostanlagen. — Электрические приборы управления для пневмопочты.

ETZ — Abt. B, 1960, т. 12, № 2, стр. 34—38, 8 рис. библи. 9 назв.

95. Hagger G. — Quick-connect couplings cut costs. — Быстро-срабатывающие муфты для гидропневматических систем.

Product Engineering, 1960, т. 31, № 4, стр. 37—40, 8 рис.

Конструктивные данные по муфтам для гидравлических и пневматических трубопроводов, которые должны быть быстро присоединены или отсоединены друг от друга, а в состоянии присоединения обеспечить абсолютно плотную связь; конструкция и способ работы отдельных элементов; применяемые материалы.

V. КАНАТНО-ПОДВЕСНОЙ ТРАНСПОРТ

96. Донских И. Е. — Из опыта разбивки осей канатно-подвесной дороги Куйбышевского гидроузла.

Труды Новосибирского ин-та инженеров ж.-д. транспорта, 1960, вып. 18, стр. 133—140, 6 рис.

Разбивка трассы на основе плана в горизонталях; изыскание трассы канатной дороги между двумя заданными точками; перенос проекта канатной дороги на местность.

97. Grunden D. — Personenseilbahnen in Jugoslawien. — Пассажирские канатные дороги в Югославии.

Intern. Berg. u. Seilbahn Rundschau, 1960, т. 3, № 4, стр. 194—196 (продолж. следует).

Подробное описание пассажирской дороги «Похорье» в целом, а также ее отдельных узлов (канаты, станции, привод, предохранительные устройства и др.).

Техно-экономические и эксплуатационные показатели, характеристика дороги (пропускная способность 400 пасс./час.).

98. Goldenckbahn für ersten Winterbetrieb gerüstet. — Канатно-подвесная пассажирская дорога «Гольденэкк».

Intern. Berg. u. Seilbahn Rundschau, 1960, т. 3, № 4, стр. 198, 2 рис.

Разность отметок 2-х участковой дороги 1510 м; длина первого наклонного участка 3031 м, второго — 1149 м (соотв. пропускная способность 320 пасс./час, второго 500 пасс./час, емкость кабины 37 чел. и 27). Краткое описание эксплуатации дороги.

99. Die umgebaute Kräbel — Rigi (Scheidegg) Luftseilbahn. — Переоборудованная пассажирская канатно-подвесная дорога Кребель — Риги (Шейдегг).

Intern. Berg. u. Seilbahn Rundschau, 1961, III, т. 4, № 1, стр. 18—19, 3 рис.

Разность отметок 890 м; длина дороги 1800 м, число опор 3 (2 из них высотой по 44 м); емкость кабины 10 пассажиров; скорость перемещения 6 м/сек, продолжительность рейса 5 мин; пропускная способность 100 пасс./час. Подробности переоборудования дороги.

100. Wolff, I. — Das europäische Seilbahnwesen. Technische u. wirtschaftliche Entwicklung. — Европейские канатно-подвесные дороги.

Techn. Überwachung, 1960, т. 1, № 4, стр. 141—145, 8 рис.

Обзор конструктивного развития дорог в Австрии, Швейцарии и ФРГ (1925—1960 г.), количество дорог (одно-двухканатных) в Италии, Австрии, Швейцарии, Франции, ФРГ, Норвегии, Испании и Польше. Сравнение маятниковых и круговых дорог (описание сдвоенного ходового механизма), техно-экономические показатели.

101. Kastner J. — Über die Verlängerung der Lebensdauer von Zugseilen bei Materialseilbahnen (III Teil). — Способы определения срока службы тяговых канатов грузовых канатных дорог (ч. III).

Intern. Berg. u. Seilbahn Rundschau, 1960, т. 3, № 4, стр. 187—189, 7 рис. библи. — назв. 6.

Факторы сопряжения и их последствия (повреждение каната при неудачном расцеплении; те же явления из-за недостаточного усилия сцепления зажимного аппарата). Причины износа, вызванные в тяговом канате (предохранительные мероприятия). Признаки износа тягового каната на приводных шкивах. Комментарии по другим причинам износа.

102. Die Härmelkopfbahn in Seefeld (Tirol). — Головной участок канатно-подвесной дороги Гермаль в Зефельде (Тироль).

Verkehr u. Technik, 1960, VI, 3 стр., 9 рис.

Подробное описание сданной в этом году в эксплуатацию дороги; ее конструктивные особенности; работа дороги.

103. Manz O. — Die Automatisierung im Seilbahnbetrieb. — Автоматические устройства, применяемые на канатно-подвесных дорогах.

Intern. Berg. u. Seilbahn Rundschau, 1961, III, т. 4, № 1, стр. 10—13, 4 рис. библи. — 5 назв.

Развитие автоматизации канатно-подвесных дорог; комментарии по замкнутому контуру регулирования числа оборотов приводного двигателя (сист. «г—д»); лебедка с примонтированным тахогенератором (средние пусковые ускорения $= 0,18 \text{ м/сек}^2$); значение торможения на канатных дорогах.

104. Diebold Ch. — Die Seilbahn und Liftanlagen von Val d'Isere. — Канатно-подвесные дороги и подъемники для лыжников (Валь д'Изер).

Internat. Berg. u. Seilbahn Rundschau, 1961, III, т. 4, № 1, стр. 25—26, 4 рис.

Краткое описание двух дорог и пяти подъемников (сист. «Помалифт») с указанием пропускной способности и разницы отметок.

105. Joos W. — Umbau der Tiroler Zugspitzbahn von Zwei- auf den Vierwagenbetrieb. — Переоборудование тирольской канатно-подвесной дороги ЦУГШпитце с двух на четырехвагонную эксплуатацию.

Intern. Berg. und Seilbahn Rundschau, 1960, X—XI, т. 3, № 2, Sonderheft, стр. 31 (165) — 41 (167).

Комментарии по вариантам «1» и «2а и б», касающимся различных технических нововведений (увеличение скорости и емкости вагонов, натяжных грузов и др.); техно-экономические данные.

106. Beisteiner F. — Versuche zur Ermittlung der Reibungszahl zwischen Seil u. Seilklemme bei Einseil-Schwebelisten u. Schleppliften. — Исследовательские данные по определению коэффициента трения между канатом и его зажимом в одноканатных спортивных подъемных устройствах и канатных дорогах.

Z. d. V. d. I., 1960, 11/XI, т. 102, № 32, стр. 1525, 10 рис., библи. — 2 назв.

Подробные исследовательские показатели с приведением характеристик (таблица); практическое применение.

107. Dokumente der internationalen Organisation für Transporte mit Seilen O. I. T. A. T. — Документация международной организации по транспортированию материалов средствами канатной тяги.

Intern. Berg. u. Seilbahn Rundschau, 1961, V, т. 4, № 2, стр. 45—49.

Статистические данные по большинству австрийских канатно-подвесных дорог (47 шт.); приведены 24 технические позиции для каждой дороги.

108. Hajduk J. — Die Berechnung auf Verdrehung von Raum-

fachwerken und insbesondere von Fachwerkstützen für Seilbahnen und Hochspannungsleitungen (Schluß). — Расчет на скручивание пространственных конструкций (гл. обр. решетчатых опор канатных дорог и мачт высокого напряжения), окончание.

Intern. Berg. u. Seilbahn Rundschau, 1960, т. 3, № 4, стр. 189—192, 8 рис.

Разбор направления усилий в семи случаях решетчатых конструкций. Конструкции с большим числом стержней. Пример расчета стержневых усилий в смещенной рамной конструкции. Табличные данные.

109. Vogt W. — Hängebahn-und Hängekrananlagen für innerbetriebliche-Transporte. — Применение для внутризаводского транспорта подвесных дорог на жестком рельсе и подвесных крабалок.

Zbl. für Industriebau, 1960, т. 6, № 11, стр. 560—564, 8 рис.

Комментарии по различным видам обоих средств транспортирования, их отдельным узлам, по путям перемещения (14 конструктивных вариантов) и способам подвешивания (5 конструктивных вариантов).

Работа мостового крана-штабелера; технические данные; электрооборудование; техника безопасности.

VI. БЕЗРЕЛЬСОВЫЙ ТРАНСПОРТ

110. Батищев И. И. — Стандартизация поддонов контейнеров — важный этап в развитии механизации погрузо-разгрузочных работ на автомобильном транспорте.

Труды Московского инженерно-экономического ин-та, 1961, вып. 17, стр. 42—48.

Основные показатели, характеризующие необходимость стандартизации типов, основных параметров и размеров поддонов: а) при пакетных перевозках грузов участвуют различные виды транспорта; б) пакетированию подвергаются грузы, находящиеся в самой разнообразной таре и упаковке; в) пакетированные грузы поступают на различные склады; г) переработка пакетированных грузов осуществляется при помощи разнообразных средств механизации.

111. Reliance «Cub» in action. — Электротягач фирмы Reliance Mater. Handl. News, 1960, XII, № 37, стр. 3—5, 5 рис.

Испытание в производственных условиях; области практического применения; технические показатели (в т. ч. тяговое усилие 20 т); машина характеризуется малыми габаритами.

112. Keller H. R. — Frässcibenlader für Haldenaufschüttung und Rückverladung. — Погрузчик с фрезерными дисками для отвалообразования сыпучих материалов.

Stahl u. Eisen, 1960, 24/XI, т. 80, № 24, стр. 63—65, 5 рис.

Работа погрузчика совместно с системой ленточных конвейеров

(технические и экономические данные); схема комплекса; производительность погрузчика $125 \text{ м}^3/\text{час}$ руды или $200 \text{ т}/\text{час}$ угля.

113. Neuer Gabelstapler in extremer Kurzbaulweise der Firma Almosag KG, Dachau. — Новый вилочный погрузчик особенно компактной конструкции (фирма Альмокар).

Schiff u. Hafen, 1960, т. 12, № 4, стр. 380, 1 рис.

114. Schüttbox für Gabelstapler. — Тарный ящик с откидным днищем для вилочных погрузчиков.

VDI — Nachr, 1961, т. 15, № 10, стр. 4, 2 рис.

Ящик может опрокидываться при управлении с места расположения водителя; при механическом способе открывания угол наклона $=45^\circ$, при гидравлическом $=65^\circ$. В первом случае величина открывания составляет 900 мм (величина ящика $1000 \times 1200 \text{ мм}$).

115. Test lift truck uses hydrostatic drive. — Применение гидростатического привода для тележки с подъемной платформой.

Engineering News Record, 1960, XI, стр. 55 и 56, 7 рис.

Основные преимущества гидропривода.

116. Dietrich B. — Berechnung u. grundsätzliche Bestimmung der elektrischen Ausrüstungen von gleislosen Batteriefahrzeugen. (Schluß). — Расчет и основная цель назначения электрооборудования безрельсовых аккумуляторных тележек.

Deutsche Hebe- u. Fordertechnik, 1960, VI, стр. 39—43.

117. Flurförderzeuge (Erläuterungen zum Norm. Entwurf Januar 1960, Anhängekupplungen) — Машины безрельсового транспорта.

DIN — Mitteilungen (Berlin), 1960, т. 39, № 4, стр. 191—193.

Комментарии к проекту стандарта 1960/I; муфта для присоединения прицепов.

118. Kurz — Zur Frage des Großblocktransportes auf Paletten. — К вопросу о перевозке крупноблочных штабелей на снабженных латками поддонах.

Bauplanung u. Bautechnik, 1960, III, № 5, стр. 199—201, 5 рис.

Эксплуатационные показатели по перевозке тяжелогрузов на платформах, на рельсовом пути и комбинированном участке «рельс-платформа»; условие применения на стройках (смена поддонов).

119. Industrial floors for better intern transport. — Пути передвижения для внутризаводского транспорта.

Eur. Techn. Inf. (Wien), 1959, № 11/12, стр. 165—167, 2 рис.

Условия для рациональной работы тележек безрельсового транспорта. Основные дефекты, встречающиеся в полу здания, по которому перемещаются тележки.

120. Expendable pallet takes 10 000 lb. load. — Четырехзаходный поддон из волнистого картона.

Food Engng, 1961, т. 33, № 1, стр. 95, 2 рис.

Грузоподъемность поддона 4,5 т, собственный вес 1,8 кг; 20 стандартных исполнений, 9 типоразмеров. Экономия места.

Поддон собирается из предварительно изготовленных деталей 2 людьми за 4 мин.

VII. УЗЛЫ И ДЕТАЛИ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ УСТРОЙСТВ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ

121. Огибалов П. М. и Тюнеева И. М. — Полные статические диаграммы напряжения — деформации стальных тросов.

Ученые записки Московского университета, 1961, вып. 193, стр. 52—56, библиография — 9 назв.

122. Белый В. Д. и Трейгер М. Б. — Испытание стальных канатов электромагнитными приборами.

Безопасность труда в промышленности, 1961, № 5, стр. 22—24, 3 рис.

Недостатки прибора для контроля сечения стальных подъемных канатов в процессе их эксплуатации; усовершенствование прибора и новые результаты его эксплуатации (применение на трех шахтах); табличные данные — 8 позиций; описание прибора «ИИСК» (схема его входного устройства).

123. Белый В. Д. и Трейгер М. Б. — Электромагнитный счетчик числа оборванных проволок в шахтных канатах.

Сборник научных статей Максеевского и.-и. ин-та по безопасности работы в горной промышленности, 1960, № 14, стр. 16—20, 5 рис.

Анализ ранее применявшихся канатных дефектоскопов и определение их основных недостатков. Предлагаемый авторами прибор (его основные элементы: индукционный датчик, усилитель, формирователь импульсов, счетчик импульсов, тиратронное реле, контрольный генератор). Комментарии по блок-схеме и по принципиальной схеме прибора.

124. Лупаков И. С. и Кузьмичев Ю. С. — Методика испытания жаропрочных тросов на долговечность при высокой температуре.

Заводская лаборатория, 1961, т. 27, № 5, стр. 589—591, 4 рис.

Методы, позволяющие при высоких температурах (700°С) производить оценку долговечности стального троса по числу его перегибов на блоке до полного или частичного разрушения при заданном напряжении растяжения. При испытании счетчиком регистрируется число перегибов троса на блоке и измеряется температура троса.

125. Котельников Б. Н. — Исследование новой упругой соединительной муфты.

Труды ВНИИПТМАШ, 1960, № 10. Новые исследования деталей и узлов ПТМ, стр. 82—93, 9 рис.

Опытные образцы методики исследования; испытательные стеллы; результаты испытаний (исследование деформаций резиновой оболочки упругого элемента муфты и зависимости угла закручивания от передаваемого крутящего момента; испытание на выносливость).

ей 126. Тахтамышев Л. А. и Серебро М. Б. — Поворотная стрелка монорельса с пневматическим приводом.

Машиностроитель, 1961, № 4, стр. 17, 1 рис.

Стрелка управляется непосредственно из кабины. Описание устройства стрелки с указанием ее отдельных узлов, а также отдельных моментов ее работы.

127. Танатар А. И. и Зорин В. К. — Повышение надежности работы длинноходовых тормозных электромагнитов типа КМТ 33. (в башенных кранах).

Промышленная энергетика, 1961, № 6, стр. 24, 1 рис.

а- Причины повреждения обмоток. Описание простого устройства, позволяющего осуществление регулировки хода якоря без разборки электромагнита (устраняются перекосы якоря, дается возможность точной выдержки минимально необходимой величины хода).

ра 128. Birch J. — The use of the bunker and conveyors in materials handling. — Применение бункера и конвейсеров в механизированном транспорте.

Trans. Inst. Min. Engrs, 1958/59, т. 118, № 9, стр. 571—579.

ик 129. Merx F. u. Kihm A. — Eine elektronisch gesteuerte kontinuierliche Bunkermeßanlage. — Установка непрерывного действия для замера емкости бункера с электронным управлением.

20, Glückauf, 1961, т. 97, № 5, стр. 256—265, 6 рис., 2 сх.

Система с автоматически набегавшим и сбегавшим с барабана устройством для регистрации механических, электрических, акустических и оптических указаний или для одновременного управления механическими процессами на машинах для транспортирования угля.

ш- 130. Kvapil R. — Problematik der Konstruktion von Bunkern für Schütt- und Teilschüttgütern. — Проблема конструирования бункеров для насыпных и частично насыпных материалов.

ре. Bergbautechnik, 1960, IX, № 9, стр. 466—471, 12 рис.

ис. Законы истечения материалов из бункеров. Исследования на моделях и опыты с бункерами нормальных размеров; сопоставление диаметра эллипсоида движения с расстояниями между выходными отверстиями бункера.

ш- 131. Girard M. — Elingues et appareils de levage. — Стропы и разрузоподъемные приспособления.

и-рис. La Normandie Industrielle, 1960, 4, trimestre, № 42, стр. 1—12.

Условия для рациональной наладки и работы канатных и цепных стропов, примеры правильной и неправильной эксплуатации, хранение, содержание в порядке и проверка работы.

ен- 132. Ketten aus glasfaserverstärkten Kunststoffen. — Цепи, изготовленные из материала, усиленного стекловолокном.

и- Technik, 1961, т. 16, № 2, стр. 114—115, 12 рис.

ос- Особенности цепи: коррозионностойкость, легкое исполнение ($\gamma \approx 1,7$), бесшумность работы, возможность применения во взрыво-

опасных помещениях; напряжение при подъеме грузов 5 кг/мм^2 (у стальной цепи $6\text{--}8 \text{ кг/мм}^2$); упругое удлинение 8% .

133. Günter O. — Bedenkliche Pratiken: Zur Entwicklung von TGL 5015 Drehstrom Magnet-Bremslüfter. — К вопросу о магнитном тормозе переменного тока (марка TGL 5015).

Der Maschinenbau, 1960, II, т. 9, № 2, стр. 284—285, 1 рис.

Конкретный случай: тормоз TGL 5015 (габариты). Предварительные замечания о стандарте.

134. V. Petery A. — Dosierbandwaagen in der Eisenhütten-industrie. — Применение в металлургической промышленности ленточных дозировочных весов.

Stahl u. Eisen, 1960, 12/X, т. 16, № 21, стр. 1404—1410, рис.

Дозировочные весы с регулировкой скорости. Замер непрерывно перемещающегося материала при помощи механических «суммирующих», электрических «интегрирующих» ленточных весов; устройства для трудноувешиваемых материалов. Способы регулирования и управления смешиваемыми компонентами и др.

135. Wieland F. — Rollenkugellager mit Staub-und Fettdichtung. — Радиальный шариковый подшипник с пылестойким и жировым уплотнением.

Intern. Berg. u. Seilbahn Rundschau, 1961, V, т. 4, № 2, стр. 31—32.

136. Künert K. — Typische Wälzlagerungen im Hebezeugbau. — Типичные подшипники качения в подъемно-транспортном деле.

Deutsche Hebe-und Fördertechnik, 1959, II, стр. 30—34, 11 рис.

Методика выбора подшипников; монтаж, смазка, уплотнение; отдельные узлы и их описание.

137. Labour aiding equipment. New range of electro-magnetic lifting beams. — Перемещение крупных листов. Новый тип круглого электромагнита.

Mater. Handl. News, 1960, XII, № 37, стр. 27, 1 рис.

Краткое описание практического применения магнита. Изменение грузоподъемности в зависимости от исполнения от 2 до 20 т. Экономия рабочей силы — 40% .

138. Garages, parkings et stations services. — Гаражи (обычные и автоматизированные) и станции обслуживания для автомашин.

L'Architecture française, 1961, № 219—220, стр. (весь журнал).

Восьмизэтажный строящийся (гараж Цидипарк, Лондон) с 464 «боксами» для автомашин; совместная работа 16 подъемников и конвейеров; двенадцатизэтажный гараж на 72 автомашины (высота этажа $1,88 \text{ м}$); различного типа станции.

139. Blaum O.-H. — Analogspeicher für Förderanlagen. — Моделирующий накопитель для транспортирующих установок.

АEG-Mitt, 1960, т. 50, № 3/4, стр. 134—136.

140. Magnetband-Analogen «Magnalog» für Förderanlagen. — Запоминающее устройство на магнитной ленте типа «Магналוג» для транспортирующих устройств.

Elektrotechn. Zeitschr, 1961, т. 13, № 6, стр. 147—148, 1 рис.

Описание электроустановки с циркулирующей магнитной лентой, аккумулирующей и передающей все приказы для управления установками (фирма Телефункен и АЭГ); дистанционное управление; практическое применение; работа в пылезащитном шкафу.

141. Oemigk J. — Elektrische Waagen in Hüttenwerken. — Электрические весы, применяемые в металлургической промышленности.

Stahl u. Eisen, 1960, 13/X, № 21, стр. 1411.

Главные узлы электровесов: месдозы с датчиками и компенсаторы; примеры выполненных устройств; бункерные весы, весы для ж.-д. состава и др.

142. Fricke H. — Weiterentwicklung der mechanischen Waagen für Hüttenwerke. — Дальнейшее конструктивное развитие механических весов в металлургической промышленности.

Stahl u. Eisen, 1960, 13/X, т. 80, № 21, стр. 1398—1403, 13 рис.

Требования, предъявляемые к современным взвешивающим устройствам; описание с указанием технических данных для одиннадцати исполнений весов различного назначения.

143. Dumping hopper self-actuating. — Автоматический опрокидывающий ковш.

Engineering, 1960, 18/III, т. 190, № 4900, стр. 380, 3 рис.

Описание работы ковша (4 исполнения: 0,38; 0,76; 1,14 и 1,5 м³); приведены соответствующие габариты.

Ковши с боковым опрокидыванием (технические показатели).

144. Langen H. — Demag-Schrägzahnmotor mit selbsttätiger Schmierung. — Автоматическая смазка, применяемая в пневмодвигателе с косозубчатыми шестернями (фирма Демаг).

Demag — Nachrichten, 1960, № 161, стр. 12—14, 5 рис.

Основным элементом центральной смазки является агрегат из масляных насосов сист. «Бош», вмонтированный в резервуар для смазки; емкость резервуара удовлетворяет потребности в масле для трех смен (однократное заполнение в течение дня). Специальное расположение сеток (фильтров) для масла. Практическое применение двигателя (работа в течение 4840 часов с полной нагрузкой у пластинчатого конвейера длиной 320 м).

VIII. МЕХАНИЗАЦИЯ

145. Алексеев В. А. и Трубачев Т. Е. — Конвейерные линии на вагоноремонтных заводах.

Железнодорожный транспорт, 1961, № 2, стр. 62—65, 3 рис.

Конвейерные линии в основном состоят из трех главных последовательно расставленных комплектов механизмов: тягового устройства для подачи вагонов в вагоноборочный цех, главного конвейера, обеспечивающего перестановку вагонов с одной позиции на другую и тягового устройства для выкатки отремонтированных вагонов. Каждый комплект имеет тяговые лебедки, натяжные

станции и специальные захватывающие устройства. Описание технологического процесса ремонта.

146. Kleeberg H. — Stand und Perspektiven des innerbetrieblichen Transports — Внутризаводской транспорт в настоящем и будущем.

Hebezeuge u. Fördermittel (DDR), 1961, I, т. 1, № 1, стр. 4—7, 4 рис., библиограф. — 6 назв.

Главные экономические задачи, решаемые при помощи внутризаводского транспорта. Тенденции дальнейшего конструктивного развития (в основном краны, конвейеры и подъемники).

147. Aus der Industrie. — Новости германской промышленности. Bautechnik, 1960, т. 37, № 4, стр. 50—53, 5 рис.

Автоматические весовые устройства и приборы управления; полностью автоматизированные электропневматические дозаторы для цемента; вулканизационный материал «Тип-топ» для ленточных конвейеров и др.

148. Sugden M. I. — Buoyed cable logging—a universal method for harvesting wood. — Лесозаготовка при помощи подвешенных к аэростату канатов. Новый универсальный способ для уборки лесоматериалов.

Intern. Ropeway Review, 1961, I—III, т. 3, № 1, стр. 24—28, 2 рис.

Техно-экономические предпосылки при выборе подобного способа заготовок; описание устройства дороги и ее отдельных узлов (баллоны — главный и вспомогательный, главные канаты, центральная платформа и др.), а также способов эксплуатации; основные преимущества.

149. Dubielzig F. — Fortschritte in der Kleinmechanisierung einer Stahlgiesserei. — Малая механизация в сталелитейной.

Giessereitechnik, 1961, т. 7, № 7, стр. 193—196, 9 рис., библиограф. — 6 назв.

Применение смесных передвижных «боксов» для обслуживания цементных и доломитовых бункеров; ленточный конвейер для питания колошников; барабанная сушилка с элеватором; скрепер с ручным управлением.

150. Weitzel F. — Transport u. Lagerung in der blech- u. kaltbandverarbeitenden Industrie. — Перемещение и складирование листа и ленты в металлообрабатывающей промышленности.

Blech, 1960, т. 7, № 9, стр. 517—523, 19 рис., библиограф. — 4 назв.

Способы и средства транспортирования; различные приспособления для сборки материалов в пакеты; применение крана-штабелера, особого типа грейферов, траверс и захватов; специальный автомат с роликами, обтянутыми «намагниченной» резиной.

151. Thomas O. — Entwicklungsstand der Gewinnungsmaschinen und Fahrzeugen für die Bauwirtschaft. — Модернизация машин по добыче полезных ископаемых и транспортирующих машин, работающих в строительной промышленности.

Bauplanung u. Bautechnik, 1961, III, стр. 115—120, 13 рис.

Описание с указанием новых технических данных универсального крана-экскаватора на гусеничном ходу с дизельным приводом (марки ИВ80 и ИВ120) и грейфером; прямой лопаты, одноковшевого погрузчика, канавокопателей и др.

152. Henschel W. — Weiterentwicklung von Hebezeugen für die Bauindustrie in der Deutschen Demokratischen Republik. — Конструктивное развитие грузоподъемных установок в строительной промышленности (ГДР).

Bauplanung u. Bautechnik, 1961, III, № 3, стр. 112—115, 4 рис.

Модернизация башенных кранов (марки Рапид II и Рапид III); увеличение рабочих параметров, снижение веса и др.

Рационализация передвижных поворотных и вантовых кранов (применение «растягивающейся» стрелы, возможность быстрого монтажа и демонтажа крана и др.); улучшение конструкции вилочного погрузчика.

153. Old buildings don't have to be inefficient. — Модернизация грузопотока в четырехэтажном заводе по изготовлению различного вида реле.

Electr. Wld (N. I), 1960, т. 153, № 3, стр. 61, 2 рис., 1 сх.

Замена подъемника современными наклонными ленточными конвейерами фирмы Westinghouse Reley Division. Применение винтового подвесного конвейера для доставки мелких деталей к сборочному конвейеру.

154. Riechelmann H. — Rationalisierte Fördertechnik in Lagern, Lagerhäusern und Siloanlagen. — Рационализированное транспортирование на открытых складах в пакгаузах и в бункерах.

Hansa, 1960, т. 97, № 23/24, стр. 1182—1184, 7 рис.

Специальное оснащение склада круглой формы, обслуживаемого при одновременной загрузке и выгрузке материалов из расчета 60 т искусственного удобрения в час. Применение телескопического конвейера.

155. Mechanisiertes Be-und Entladen von Kartoffeln. — Механизированная погрузка-разгрузка картофеля.

Die Technik, 1961, V, т. 16, № 5, стр. 403, 1 рис.

Описание специального вагона для перевозки картофеля; в основном имеются пять транспортирующих (длина 6 м) и два подъемных устройства и два плужка (привод мощностью $\frac{1}{4}$ л. с.) для равномерного распределения картофеля в вагоне.

156. Beskine I. M. — A hypothetical fully-mechanized grocery warehouse. — Проект полностью механизированного бакалейного склада.

Mater. Handl. News, 1961, I, № 38, стр. 3—4, 3 рис.

Схемы многоэтажного здания, характеризующие грузопотоки в вертикальном и горизонтальном направлениях; средства транспортирования: роликовые конвейеры, вилочные погрузчики и гравитационные спуски.

157. Fäckelmeyer A. — Moderne Lagertechnik mit bodenfreien

Hubförderern. — Современная техника складирования посредством грузоподъемных машин, не занимающих площади пола здания.

Industrie Rundschau, 1961, V, т. 16, № 5, стр. 14—17, 8 рис.

Мостовые краны для длиномеров; подвесная кран-балка с поворотной тележкой (обычного и «укороченного» типа); кран-балка, спаренная с подвесной дорогой на жестком рельсе (для перехода тележки); кран-штабелер; кран-балка с тележкой специального назначения и др. Технические показатели.

158. Baker L. M. a. oth. — Materials handling—a discussion of efficiency. — Рационализация грузопотока в предприятиях резиновой промышленности.

Rubber Age, 1960, т. 87, № 3, стр. 470—484.

Транспортирование сырья и готовой продукции; автоматическое взвешивание; транспортирование в предприятиях резиновой промышленности. Применение ленточных конвейеров, складных резервуаров, бункеров на роликовом ходу и т. п.

159. Arwood J. R. — Unit operations review: materials handling. — Годишный обзор технических усовершенствований в грузопотоке американского химического завода.

Ind. Engng. Chem. (Easton/Pa), 1961, т. 53, № 2, стр. 159—160, библи. — 25 назв.

Большое значение рационально организованного грузопотока; внутризаводской транспорт и применение поддонов; вопросы рационализации упаковки; перемещение сыпучего материала; подготовка инженерных кадров по механизированному транспорту.

160. Hecht F. — Moderner Ausbau des Hafens Köln-Niehl I. — Современное оборудование гавани Кельн-Ниль I.

Schiff und Hafen, 1961, IV, т. 13, № 4, стр. 279—284, 10 рис.

Описание грузоподъемных устройств: полупортальный кран г/п 3 т для штучных грузов (вылет 20/8,5 м); грейферный кран с шарнирно-сочлененной стрелой г/п 8 т; перегрузочный мост с поворотным краном 8 т/16 м с порталобразной тележкой для поворотной части крана; пролет моста 60 м, число ходовых колес 16 (с индивидуальным приводом каждой опоры).

161. Heirung E. — Materialhandteringens rolle pa skipsverft. — Значение механизированного транспортирования на верфях.

Tekn. Ukeblad, Oslo, 1961, т. 108, № 11, стр. 229—37, рис. 3, табл., библи. — 8 назв.

Значение механизированного транспорта на Норвежских верфях (снижение расходов по ручным манипуляциям на 50%). Применение вилочных погрузчиков и поддонов; схема грузопотока; выгодные последствия рационализации грузопотока.

162. Liebich R. — Ausbau der Westberliner Hafen. — Расширение западно-берлинских внутренних гаваней.

Schiff u. Hafen, 1960, т. 12, № 3, стр. 197—207, 18 рис.

Подробное описание различных находящихся на территории гаваней кранов, перегрузочных мостов, бункеров, а также их отдельных узлов. Приведены технические данные.

IX ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

163. Преображенский М. А. — Перспективы и пути развития производства подъемно-транспортного оборудования.

Труды Московского инженерно-экономического ин-та, вып. 17 (Организация и механизация подъемно-транспортных работ на автомобильном транспорте), стр. 93—102, 1 рис.

Статистические данные по эксплуатационным показателям П. Т. О.; динамика структуры П. Т. О.; машины и механизмы, рекомендуемые для применения в автомобильном транспорте (см. также другие статьи по механизации подъемно-транспортных работ в этом сборнике).

164. Гурштейн А. И. — Экономия электроэнергии при эксплуатации поточно-транспортных систем.

Промышленная энергетика, 1961, № 6, стр. 8—9, 1 сх.

Комментарии по схеме управления заблокированными механизмами ПТС с пуском по потоку (шесть позиций).

165. Меклер А. Г., Аскинази Р. Б. и Грушко Е. Я. — Автоматическое адресование грузов. Кодирование команд (адресов).

Труды ВНИИПТМАШ. Автоматическое управление подъемно-транспортными машинами, 1961, вып. 1 (12), стр. 3—34, 15 рис.

Сущность двух систем телеуправления: передача кодированных команд по каналу связи от пульта управления к исполнительному механизму и непосредственная задача программы с помощью перфокарт, перфолент и т. п. управляемому механизму; общая классификация запоминающих устройств (таблица); примеры применения (система автоадресования с перфоносителем для подвешенного толкающего конвейера); автоадресование грузов в установках вертикального непрерывного транспорта с помощью релейного запоминающего устройства; автоадресование в монорельсовом транспорте.

166. Грушко Е. Я. — Радиоуправление ПТМ.

Труды ВНИИПТМАШ. Автоматическое управление подъемно-транспортными машинами, 1961, вып. 1 (12), стр. 35—43, 4 рис.

Описание перевода частотно-кодовой системы телеуправления, работающей по одному тональному каналу связи на радиоканале. Комментарии по блок-схеме радиоуправления кранами, по блок-схеме дешифратора, приемному тракту системы телеуправления и передающему тракту системы телеуправления.

167. Панфилов В. В. — Измерение динамических деформаций (деталей) проволочными датчиками сопротивления.

Труды Брянского технологического ин-та, 1960, т. 9, стр. 316—323, 10 рис.

Элементарные сведения по устройству датчиков (электрическая схема измерительного моста). Схема включения датчиков (график зависимости напряжения на датчике в кг/см^2 в зависимости от статического усилия). Схема приспособления и включения.

168. Фиалков Б. С. и Грузиков В. К. — О скорости выхода сыпучих материалов из отверстия и форма зоны разрыхления.

Извест. высш. учебн. заведений. Горный журнал, 1961, № 2, стр. 9—20, библиогр. — 8 назв.

Рассматривается процесс образования сводов перед выпускными отверстиями бункера и выведены формулы скорости истечения груза из бункера.

169. Платонов П. Н. — Управление давлением потока сыпучего тела.

Извест. высш. учебн. завед. Пищевая технология, 1961, № 2, стр. 152—156, 4 рис., библиогр. — 6 назв.

Изложены результаты экспериментального исследования изменения давления в потоке сыпучего тела при переменных условиях движения. На основании гипотезы о механических свойствах сыпучих тел сделаны предположения, которые затем проверены экспериментальным путем. Результаты исследования дают возможность разработать рекомендации по управлению давлением.

170. Дубинин П. Т. — Выпуск сыпучих тел из отверстий (к вопросу о выпуске руды из обрушенных блоков).

Труды Института горного дела (Сибирское отделение АН СССР), 1961, вып. 4, стр. 5—28, 17 рис., библиогр. — 10 назв.

Характер выпуска; форма зоны потока; влияние геометрической формы выпускного отверстия на форму зоны потока; движение частиц сыпучего тела внутри зоны потока и по периферии; плотность частиц сыпучего тела внутри зоны потока; верх зоны потока; различного вида влияния (размер выпускного отверстия на размер зоны потока; высота слоя сыпучего тела на ширину зоны потока и др.). Выводы (семь пунктов).

171. Остольский Вс. И. — Атмосферические железные дороги 40-х г. 19 в. и проблемы пневматического транспорта грузов.

Труды Ин-та истории естествознания и техники (АН СССР), 1961, т. 38, стр. 140—172, библиогр. — 2 назв.

172. Остольский Вс. И. и Загорский Ф. П. — Машины «ведомства господина Татищева».

Труды Ин-та истории естествознания и техники АН СССР, 1961, т. 38, стр. 298—300 с табл., библиогр. — 10 назв.

В статье говорится о лебедке с барабаном и конном корчевателе XVIII века.

173. Kleeberg H. — Stand u. Perspektiven des innerbetrieblichen Transports. — Настоящее состояние и перспективы внутризаводского транспорта.

Hebezeuge u. Fördermittel (DDR), 1961, V—VII, т. 1, № 3, (вкладка), библиогр. — 6 назв.

Значение внутризаводского транспорта при решении главной задачи экономики завода. Обзор современного состояния транспорта и соответствующие выводы. Перспективы дальнейшей модернизации.

174. V. Kartzfleich G. — Wirtschaftliche Produktion durch plan-gerechten Materialfluß. — Планомерный грузопоток в качестве основы экономической продукции.

Z. d. V. d. I., 1960 г., т. 102, № 36, стр. 1783—1788, 5 табл., библиограф. — 5 назв.

Критерии экономического изготовления; классификация процесса изготовления; программирование производства; параметры, оказывающие влияние на экономичность грузопотока; аналитические данные.

175. Resinger F. — Zur Statik des Kastenträgers. — К вопросу о статике коробчатой фермы.

Z. d. V. d. I., 1960, т. 102, № 24, стр. 1139, библиограф. — 3 назв.

176. Weissbeck H. — Bessere Auslastung der Hebezeuge — Eine Voraussetzung zur Durchführung der sozialistischen Rekonstruktion. — Улучшение проектирования грузоподъемных устройств — предпосылка для осуществления социалистической реконструкции.

Der Maschinenbau, 1960, т. 9, № 11, стр. 323—326, 6 рис., библиограф. — 9 назв.

Общие данные о технике безопасности и правильном размещении подъемно-транспортных машин; принципы соответствующего содержания в порядке подкрановых рельс; модернизации машин (смазка кранов, направление роликов и др.); организационные мероприятия. Перспективы.

177. Kraupner K-W. — Anteil des Stahlbaues an modernen Umschlagsanlagen. — Соотношения веса металлоконструкций в различных современных установках для переработки грузов.

Der Stahlbau, 1961, III, т. 30, № 4, стр. 123—128, 11 рис.

Весовые соотношения, относящиеся ко всей установке, весу металлоконструкции и весу электромашинного оборудования. Перегрузочные мосты, оснащенные бункерами и ленточными конвейерами; технические данные.

178. Meyer M. — Der L-förmige Ringträger als Bauelement für Großgeräte des Braunkohlenbergbaues, vereinfachtes Verfahren zur Bestimmung von Schnittkräften u. Formänderungen. — Швеллер кольцевого профиля в качестве строительного элемента для крупных установок, работающих в буроугольной промышленности.

Stahlbau, 1960, т. 29, № 4, стр. 111—117.

Анализируется упрощенный способ для определения срезающих усилий и деформаций.

179. Scheibner J. — Zur Berechnung statisch bestimmt gestützter Ringträger-Teil I. — К вопросу о расчете статически определенных кольцевых балок, ч. I.

Maschinenbautechnik, 1960, V, т. 9, № 5, стр. 255—265, № 6, стр. 292—297, 17 рис.

При расчете колец учитывается: расстояние центра тяжести сечения диска от центра кольца либо совпадает с радиусом кривизны боковой поверхности, либо от него отклоняется. Нагрузочные звенья представляют собой вертикальные индивидуальные нагрузки и постоянные вертикальные нагрузки в любом сочетании. Табличные данные, касающиеся наиболее важных параметров.

180. Longer fatigue life for nuts and bolts. — Увеличение усталостной прочности для болтов и гаек.

Engineering, 1960, 8/IV, т. 189, № 4903, стр. 494, 7 рис.

Комментарии по диаграммам, характеризующим усилие в деталях различного профиля.

181. Byrne W. I. & Hall I. W. — Safety in materials handling. An engineering approach. The plant layout. — Безопасность работы машин механизированного транспорта.

Mechan. Engng, 1960, VII, т. 82, № 7, стр. 30—33, 8 рис.

Сравнение старых и новых видов механизации процессов производства.

182. Moore. M. E. — The acceleration switching valve still has advantages. — Быстроработывающие вентили в электрогидравлических системах.

Control Engineering, 1960 г., т. 7, № 6, стр. 89—94, 11 рис.

Описание гидровентили, приводимого электромагнитным способом, положение поршня и тем самым определение количества проходящего масла, регулируемого по способу «PI».

Теоретические предпосылки. Указание по процессу расчета.

СОДЕРЖАНИЕ

Канд. техн. наук <u>СЕГАЛЬ И. С.</u> — Методика расчета установок пневматического транспорта . . .	3
Инж. ГЛИКМАН Г. И. — Пневмопочта . . .	72
Библиография	100
