

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР  
ГЛАВНИИПРОЕКТ  
ВСЕСОЮЗНЫЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГИДРОТЕХНИКИ  
имени Б. Е. ВЕДЕНЬЕВА

У К А З А Н И Я  
ПО РАСЧЕТУ ВНУТРИСТАНЦИОННОГО  
БЕЗНАПОРНОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО  
ТРАНСПОРТА ЗОЛОШЛАКОВОГО  
МАТЕРИАЛА

ВСН 44-71  
Минэнерго СССР



МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР  
ГЛАВНИИПРОЕКТ  
ВСЕСОЮЗНЫЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГИДРОТЕХНИКИ  
имени Б. Е. ВЕДЕНЕЕВА

У К А З А Н И Я  
ПО РАСЧЕТУ ВНУТРИСТАНЦИОННОГО  
БЕЗНАПОРНОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО  
ТРАНСПОРТА ЗОЛОШЛАКОВОГО МАТЕРИАЛА

ВСН 44-71  
Минэнерго СССР

*Составлены во Всесоюзном научно-исследовательском институте гидротехники им. Б. Е. Веденеева и утверждены Главтехстройпроектом Минэнерго СССР*



«ЭНЕРГИЯ»  
Почетное звание «Столица культуры»

УДК 621.867.7(083.75)

УК 41

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение . . . . .	Стр. . . . .
1. Основные положения. Область применения . . . . .	3
2. Расчет принудительного безнапорного гидротранспорта золошлакового материала . . . . .	4
3. Расчет самотечного безнапорного гидротранспорта золошлакового материала . . . . .	4
4. Расчет распределительных систем центральных багерных насосных станций . . . . .	10
Приложения . . . . .	13
1. Графики для определения величин $Q$ , $v$ , $h$ , $\omega$ , $R$ , $\chi$ . . . . .	18
2. Примеры расчета безнапорного гидротранспорта золошлакового материала . . . . .	23
Литература . . . . .	32

## **Указания по расчету внутристанционного беспарного гидравлического транспорта золошлакового материала**

«Энергия», Ленинградское отделение, 1971 г., 32 стр. с рис.

Научный редактор Е. З. Нагли

Редактор Л. Г. Сетко

Сдано в производство 25/V 1971 г. Подписано к печати 4.VIII 1971 г.  
М-22688. Печ. л. 2,0. Уч.-изд. 2,2. Бум. л. 1,0. Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Зак. 199. Тир. 1500. Цена 22 коп.

Типография Всесоюзного научно-исследовательского института гидротехники им. Б. Е. Веденеева. Ленинград. К-220. Гжатская ул. 21

## В В Е Д Е Н И Е

В настоящее время на большинстве электрических станций Советского Союза, работающих на твердом топливе, гидравлический способ удаления золошлакового материала осуществляется безнапорным транспортом по открытых каналах до багерных насосных и напорным транспортом от багерных насосных до золоотвала.

При благоприятном рельефе местности, имеющем геометрический уклон, необходимый для движения гидросмеси под действием силы тяжести, напорный гидротранспорт может быть заменен безнапорным по открытых каналах.

Внутри здания ТЭС невозможно, как правило, создать уклон дна открытых каналов, достаточный для движения гидросмеси, поэтому приходится применять дополнительное воздействие струй воды из побудительных сопел.

При проектировании систем гидрозолоудаления расчет безнапорного гидротранспорта и распределительной системы багерных насосных станций производится на основании материалов ограничивающего числа натуральных наблюдений, что затрудняет обоснованный выбор основных параметров гидротранспортных систем.

Вследствие этого в 1966—1969 гг. в Лаборатории гидропневмотранспорта золошлакового материала и грунтов ВНИИГа им. Б. Е. Веденеева выполнена на двух экспериментальных лотках с учетом данных, полученных в натуральных условиях, опытная работа по обоснованию инженерного метода гидравлического расчета систем безнапорного самотечного и принудительного гидротранспорта золошлакового материала.

В Гидравлической лаборатории Сибирского филиала ВНИИГ проведены натурные и лабораторные исследования распределительных систем центральных багерных насосных станций. Результаты всех этих исследований положены в основу настоящих Указаний.

Предполагается, что после проведения дополнительных исследований на лотке большего размера, по сравнению с тем, на котором проводились эксперименты, настоящие Указания, касающиеся расчета безнапорного принудительного гидротранспорта золошлакового материала, будут расширены в сторону больших расходов гидросмеси.

Указания составлены Е. З. Нагли (разд. 1, 2, 3) и В. П. Демшиным (разд. 4) под руководством и при участии проф. М. А. Дементьева.

В составлении Указаний принимали участие: от Лаборатории гидропневмотранспорта ВНИИГа — В. П. Щербаков, П. Ф. Собкалов и Н. С. Баскова (разд. 1, 2, 3); от Гидравлической лаборатории Сибирского филиала ВНИИГа — А. М. Мотинов, В. Я. Сизых, О. И. Казобния и Л. В. Пятибратова (разд. 4).

При составлении Указаний использованы материалы исследований по изучению самотечного гидротранспорта золошлакового материала, которые велись Г. Л. Поповой на экспериментальном лотке Лаборатории гидропневмотранспорта.

Министерство энергетики и электрификации СССР	Ведомственные строительные нормы  Указания по расчету внутристанционного безнапорного гидравлического транспорта золошлакового материала	ВСН 44-71 Минэнерго СССР
--	--	--------------------------------

## 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### Область применения

1.1. Настоящие Указания составлены для гидравлических расчетов безнапорных систем (каналов или лотков) гидрозолошлакоудаления на электрических станциях для:

- а) гидротранспорта твердого и жидкого шлака;
- б) гидротранспорта золы;
- в) совместного гидротранспорта золы и шлака.

1.2. Расчеты безнапорного гидротранспорта с побудительными соплами могут быть применены при золошлаковом материале средней крупности до 40 мм и самотечного безнапорного гидротранспорта средней крупности до 15 мм. Побудительные сопла устанавливаются по длине канала или лотка до распределительной системы багерной насосной станции или до того сечения, где образовавшаяся гидросмесь может двигаться уже самотеком, т. е. где расход пульпы обеспечивает критическую скорость движения —  $v_{kp}$ , определяемую по п. 3.3—3.8.

1.3. Указания распространяются на гидравлический расчет распределительных систем центральных багерных насосных станций при одновременной работе двух и более багерных насосов. Количество багерных насосных станций и насосов, работающих одновременно в каждой из них, определяется на основании технико-экономического расчета.

1.4. При благоприятном рельефе местности от электрической станции до золоотвала рекомендуется применять самотечный гидротранспорт золошлакового материала. При этом расчет самотечного гидротранспорта производится согласно п. 3.3—3.9.

1.5. Расчетные зависимости даны с оправданным практикой запасом, обеспечивающим надежную работу систем гидрозолоудаления.

## 2. РАСЧЕТ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО БЕЗНАПОРНОГО ГИДРОТРАНСПОРТА ЗОЛОШЛАКОВОГО МАТЕРИАЛА

2.1. В расчет безнапорного гидротранспорта с побудительными соплами входит определение диаметра сопел  $d_s$ , мм, напора воды в соплах  $H$ , м и расстояния между ними  $l$ , м.

2.2. Расстояние  $l$ , м между побудительными соплами зависит в основном от следующих факторов:

- 1) весового расхода твердого материала  $P_t$ , т/ч;

Внесены Всесоюзным научно-исследовательским институтом гидротехники имени Б. Е. Веденеева	Утверждены Главтехстройпроектом Минэнерго СССР 27 января 1971 г.	Срок введения 1 ноября 1971 г.
---	---	-----------------------------------

- 2) напора воды в соплах  $H$ , м;
- 3) диаметра выходного сечения сопла  $d_c$ , мм;
- 4) уклона дна канала  $I$ ;
- 5) шероховатости дна канала  $n$ .

2.3. Для гидротранспорта золы напор воды в соплах следует принимать не менее 40,0 м, для гидротранспорта шлака и для совместного гидротранспорта золы и шлака не менее 50,0 м.

2.4. Диаметр выходного сечения сопел для гидротранспорта золы принимается в пределах 8—10 мм, а для гидротранспорта шлака и совместного гидротранспорта золы и шлака в пределах 10—12 мм.

2.5. Диаметр выходного сечения сопел следует принимать, исходя из минимально допустимой мощности струи сопла. Для гидротранспорта золы мощность одного побудительного сопла принимается в пределах 0,45—0,70 квт, а для гидротранспорта шлака и совместного гидротранспорта золы и шлака в пределах 1,3—1,8 квт.

2.6. Мощность одного сопла, в зависимости от напора воды  $H$ , м и диаметра выходного сечения сопла  $d_c$ , мм принимается по табл. 1.

Таблица 1

$H$ , м	Мощность одного сопла $N_c$ , квт				
	40	50	60	70	80
$d_c$ , мм					
8	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60
10	0,70	0,90	1,30	1,50	1,80
12	1,0	1,30	1,70	2,2	2,60
14	1,30	1,80	2,50	2,90	3,60

Таблица 2

Радиус закругления поперечных сечений облицованной части канала $r_{обл}$ , мм	Расход гидросмеси $Q$ , $m^3/u$									
	$I = 1\%$		$I = 2\%$		$I = 3\%$		$I = 4\%$		$I = 5\%$	
	$n = 0,01$	$n = 0,012$	$n = 0,01$	$n = 0,012$	$n = 0,01$	$n = 0,012$	$n = 0,01$	$n = 0,012$	$n = 0,01$	$n = 0,012$
150	213	185	298	260	368	320	426	370	475	415
175	328	285	462	402	567	493	656	570	735	638
200	482	415	680	583	835	720	964	830	1080	930
225	657	565	925	800	1135	980	1314	1130	1470	1260
250	860	760	1220	1070	1490	1320	1720	1520	1920	1700

Примечание. Расходы гидросмеси соответствуют наполнению  $h$ , равному высоте облицованной части канала  $h_{обл}$  при  $h_{обл} = r_{обл}$ . При  $h_{обл} > r_{обл}$  на 30—40 мм эти расходы могут быть увеличены: для  $r_{обл} = 150$  мм на 30%; для  $r_{обл} = 175$  мм на 25%; для  $r_{обл} = 200$  мм, 225 мм на 20%.

2.7. Каналы или лотки проектируются с облицовкой из типовых базальтовых вкладышей. В отдельных случаях может применяться стальная, чугун-

ная и деревянная облицовки. Коеффициент шероховатости  $n$  в зависимости от материала стенок каналов или лотков принимается следующим:

Базальт . . . . .	0,012
Дерево и чугун . . . . .	0,011
Сталь . . . . .	0,010
Сталь отшлифованная . . . . .	0,008

2.8. Радиусы поперечных сечений облицованной части каналов или лотков в зависимости от расхода гидросмеси, уклона и шероховатости следует принимать согласно табл. 2.

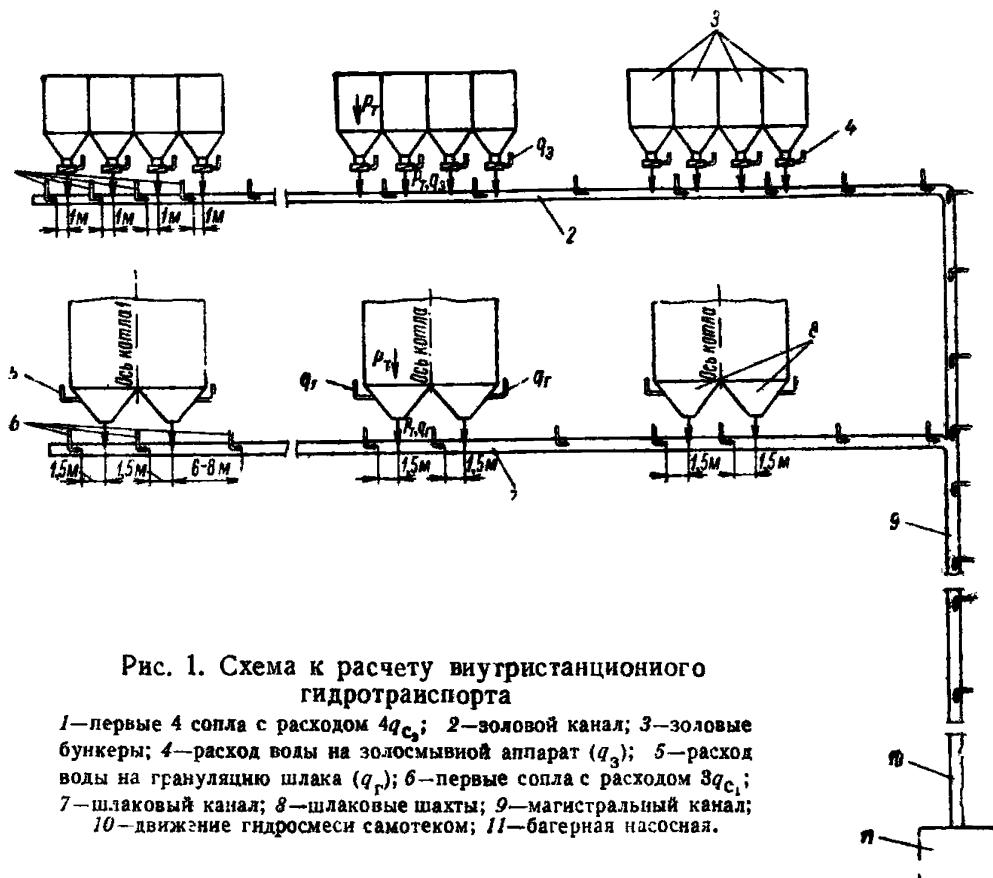


Рис. 1. Схема к расчету виугристанционного гидротранспорта

1—первые 4 сопла с расходом  $4q_c$ ; 2—золовой канал; 3—золовые бункеры; 4—расход воды на золосмывой аппарат ( $q_3$ ); 5—расход воды на грануляцию шлака ( $q_r$ ); 6—первые сопла с расходом  $3q_c$ ; 7—шлаковый канал; 8—шлаковые шахты; 9—магистральный канал; 10—движение гидросмеси самотеком; 11—багерная насосная.

2.9. Уклоны дна каналов или лотков для гидротранспорта золошлакового материала назначаются на основе технико-экономических соображений. В практике эксплуатации электрических станций обычно применяются следующие уклоны (в %):

Для золы . . . . .	1
Для твердого шлака . . . . .	1,5
Для золы совместно с твердым шлаком . . . . .	1,5
Для жидкого шлака . . . . .	1,8—2,0
Для золы совместно с жидким шлаком . . . . .	1,8—2,0

Для экономии расхода воды на побудительные сопла, эти уклоны могут быть увеличены, если это возможно по строительным соображениям.

2.10. При гидротранспорте шлака и совместном гидротранспорте золы и шлака в каналах предусматриваются следующие побудительные сопла (рис. 1):

а) В начале канала устанавливаются три сопла: два сопла под шлаковыми шахтами первого котла на расстоянии 1,0—1,5 м от каждого сопла до места сброса шлака в канал; третье сопло на расстоянии 6—8 м от места сброса шлака из второй шлаковой шахты или ванны котла. Для мощных котлов с большим выходом шлака побудительные сопла устанавливаются: одно сопло в торце магистрального канала и два сопла под первой шлаковой ванной на расстоянии между ними 3—5 м. Диаметр сопел и суммарный расход воды  $3q_{c_1}$ ; подаваемой на эти сопла в зависимости от напора воды  $H$ , м, принимается по табл. 3.

б) Под каждой шлаковой шахтой или ванной всех последующих (после первого) котлов сопла устанавливаются с расходом  $q_{c_2}$  на расстоянии 1,0—1,5 м до места сброса шлака в канал. Для мощных котлов под каждой шлаковой ванной устанавливаются два сопла: первое сопло на расстоянии 0,5—1,0 м до места сброса шлака в канал, второе — на расстоянии 3—5 м от первого сопла.

в) Все остальные сопла с расходом  $q_{c_2}$  устанавливаются по расчету п. 2.11, с учетом сопел, указанных в п. 2.10 б.

2.11. Расстояние  $l$ , м между побудительными соплами для гидротранспорта шлака и совместного гидротранспорта шлака и золы вычисляется по формуле:

$$l = \frac{MHQ^2}{mP_t q_{c_2}} \cdot 10^{-2}, \text{ м}, \quad (1)$$

где  $H$  — напор воды в сопле, м;  $Q = 3q_{c_1} + mq_r + nq_{c_2}$  — расход воды и канала на участке до рассматриваемого сопла,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  $3q_{c_1}$  — расход воды первых трех сопел (принимается по табл. 3);  $m$  — число шлаковых шахт или ванн;  $q_r$  — расход воды на грануляцию шлака (принимается по действующим Указаниям по проектированию гидравлического шлакозоудаления);  $nq_{c_2}$  — расход воды  $n$  — сопел;  $P_t$  — весовой расход шлака, выходящего из одной шлаковой шахты или ванны,  $\text{т}/\text{ч}$ ;  $q_{c_2}$  — расход воды, подаваемой на сопло,  $\text{м}^3/\text{ч}$  (принимается по табл. 4).

При совместном гидротранспорте шлака и золы весовой расход твердого материала принимается только по шлаку  $mP_t$ ,  $\text{т}/\text{ч}$ .

Коэффициент  $M$  определяется по табл. 5 в зависимости от  $K$ :

$$K = \alpha \frac{d_c}{Q} hv \times 10, \quad (2)$$

где  $h$  — глубина условно принятого равномерного потока чистой воды в канале, м;  $v$  — скорость этого потока,  $\text{м}/\text{ч}$ ;  $\alpha$  — принимается по табл. 6 в зависимости от выбранного ранее диаметра сопел.

Определение  $h$  и  $v$  производится следующим образом: 1) Для принятого поперечного сечения канала задаются различными  $h$  и строятся кривые

$$\omega = f(h); \chi = f(h); R = f(h), \text{ (рис. 2)},$$

где  $\omega$  — площадь поперечного сечения потока воды;  $\chi$  — смоченный периметр;  $R$  — гидравлический радиус поперечного сечения потока воды.

Таблица 3

Напор воды в соплах $H$ , м	Диаметр сопел $d_c$ , мм	Суммарный расход воды, подаваемой на три сопла $3q_{c_1}$ , $\text{м}^3/\text{ч}$
40—50	18	61,5—68,7
60—70	16	55,8—60,0
80	14	49,0

**Расход воды  $q_{c_2}$ , м<sup>3</sup>/ч на сопло в зависимости от диаметра**

$d_c, \text{мм}$	10	15	20	25	30	35	40	45
8	1,80	2,15	2,50	2,80	3,10	3,30	3,55	3,70
10	2,95	3,60	4,20	4,70	5,15	5,55	5,95	6,30
12	4,30	5,25	6,05	6,80	7,45	8,05	8,60	9,10
14	5,80	7,10	8,20	9,20	10,00	10,80	11,60	12,30
15	6,70	8,25	9,45	10,60	11,60	12,50	13,40	14,20
16	7,60	9,25	10,75	12,00	13,10	14,20	15,10	16,10
18	10,20	12,50	14,50	16,20	17,70	19,20	20,50	21,70
20	13,50	16,50	19,00	21,30	23,30	25,50	27,00	28,50
22	16,30	19,95	23,05	25,80	28,20	30,30	32,60	34,60

**Таблица 5**

$K = \alpha \frac{d_c}{Q} hv \times 10$	Коэффициент $M$	$K = \alpha \frac{d_c}{Q} hv \times 10$	Коэффициент $M$
0,10	0,010	0,545	0,132
0,20	0,0145	0,550	0,140
0,30	0,0219	0,555	0,150
0,31	0,0232	0,560	0,158
0,32	0,0253	0,565	0,168
0,33	0,0267	0,570	0,180
0,34	0,0270	0,575	0,190
0,35	0,0285	0,580	0,204
0,36	0,0302	0,585	0,211
0,37	0,0316	0,590	0,234
0,38	0,0339	0,595	0,252
0,39	0,0355	0,600	0,276
0,40	0,0380	0,605	0,298
0,41	0,0406	0,610	0,320
0,42	0,0432	0,615	0,348
0,43	0,0462	0,620	0,380
0,44	0,0494	0,625	0,415
0,45	0,0530	0,630	0,457
0,46	0,0575	0,635	0,511
0,47	0,0625	0,640	0,570
0,48	0,0675	0,645	0,640
0,49	0,0741	0,650	0,725
0,50	0,0815		
0,505	0,0855		
0,510	0,0890		
0,515	0,0945		
0,520	0,1000		
0,525	0,1060		
0,530	0,1110		
0,535	0,1180		
0,540	0,1245		

Таблица 4

ра выходного сечения  $d_c$  мм при различных напорах  $H$ , м

50	55	60	65	70	80	90	100	110	120
3,95	4,15	4,30	4,55	4,70	5,00	5,30	5,60	5,85	6,15
6,65	6,95	7,30	7,60	7,80	8,35	8,90	9,35	9,85	10,30
9,60	10,10	10,50	10,95	11,30	12,05	12,75	13,50	14,20	14,80
12,95	13,60	14,20	14,70	15,30	16,40	17,40	18,30	19,25	20,20
15,10	15,70	16,40	17,10	17,60	18,80	20,00	21,10	22,20	23,10
17,00	17,80	18,60	19,30	20,00	21,40	22,70	23,90	25,20	26,20
22,90	24,00	25,10	26,10	27,40	29,00	30,80	32,40	34,00	35,50
30,10	31,60	33,00	34,20	36,00	38,10	40,50	42,60	44,70	46,70
36,50	38,20	40,00	41,50	43,20	46,20	49,00	51,60	54,20	56,70

Таблица 6

$d_c$ , мм	8	10	12	14	16	18	20
$\alpha$	1,16	1,0	0,88	0,79	0,72	0,665	0,615

2) Для различных  $h$  м и соответствующих  $R$  м вычисляются скорости  $v$  м/сек, по формуле

$$v = C \sqrt{RI}, \text{ м/сек}, \quad (3)$$

где С —коэффициент Шези, определяемый:

а) при  $R < 0,2$  м по графику рис. 3;

б) при  $R > 0,2$  м по формулам гидравлики для потоков чистой воды в зависимости от коэффициента шероховатости  $n$ , принятого в п. 2.7.

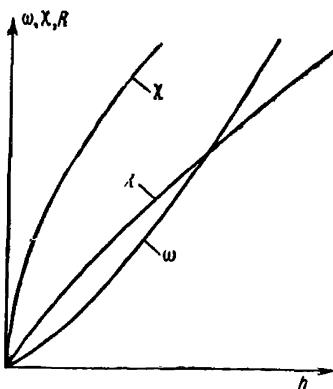


Рис. 2. График  $\omega = f(h)$ ,  $\chi = f(h)$ ,  $R = f(h)$ .

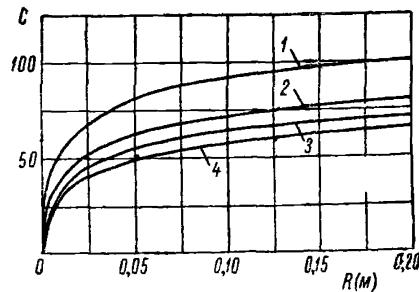


Рис. 3. График зависимости  $C = f(n, R)$   
1—сталь отшлифованная; 2—сталь; 3—дерево и чугун; 4—базальт.

3) Для вычисленных  $v$  определяются  $Q = v\omega$ , причем площадь сечения потока  $\omega$  определяется по кривой  $\omega = f(h)$ , рис. 2.

4) Строятся кривые  $v = f(h)$  и  $Q = f(h)$ , изображенные схематически на рис. 4.

5) По кривым  $v = f(h)$  и  $Q = f(h)$  для каждого расхода  $Q$  в сечении канала, где должно быть установлено рассматриваемое сопло, определяются  $h$ ,  $m$  и  $v$ ,  $m/sec$ , или  $v$ ,  $m/c$ , входящие в формулу (1) п. 2.11.

Для облегчения определения  $Q$ ,  $v$ ,  $h$ ,  $\omega$ ,  $R$ ,  $\chi$  в приложении 1 представлены графики.

2.12. Побудительные сопла при гидротранспорте шлака и совместном гидротранспорте золы и шлака устанавливаются на высоте 150—250 мм от дна канала до выходного сечения сопел с наклоном осей сопел вниз на  $6^\circ$ .

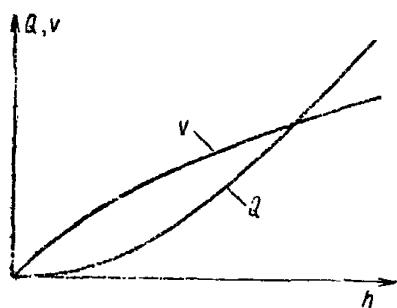


Рис. 4. График  $Q = f(h)$   
 $v = f(h)$ .

2.13. В начале золового канала в пределах первого котла устанавливаются четыре побудительных сопла под каждым золосмывным аппаратом на расстоянии 1,0 м от выходного сечения сопла до места сброса гидросмеси из аппарата в канал (рис. 1). Расстояние между соплами по длине всего золового канала всех последующих (после первого) котлов вычисляется согласно п. 2.11. Сопла, устанавливаемые по всей длине золовых каналов, включая первые четыре сопла, принимаются одинакового диаметра.

2.14. Расстояние  $l$ , м между побудительными соплами вычисляется по формуле (1), в которой  $Q$  — расход воды в канале на участке до рассматриваемого сопла, равный:

$$n'q_3 + nq_{c_2}, m^3/c,$$

где  $n'$  — число золосмывных аппаратов;  $q_3$  — расход воды, подаваемой на один золосмывной аппарат (принимается по действующим Руководящим Указаниям по проектированию гидравлического шлакозолоудаления);  $n$  — число побудительных сопел (включая первые четыре сопла);  $q_{c_2}$  — расход воды, подаваемой на одно сопло (принимается по табл. 4);  $m$  — число золовых бункеров;  $P_t$  — весовой расход золы, выходящей из одного бункера,  $t/c$ . Коэффициент  $M$  определяется аналогично (п. 2.11).

2.15. Побудительные сопла при гидротранспорте золы устанавливаются на высоте 100—175 мм от дна канала до выходного сечения сопел с наклоном осей сопел вниз на  $\alpha=3-5^\circ$ .

2.16. При проектировании системы каналов независимо от полученного расчетом  $l$ , побудительные сопла устанавливаются дополнительно в торцах каналов, местах сопряжения каналов и на поворотах.

2.17. При проектировании побудительных сопел надлежит предусмотреть:

- а) съемные насадки для возможности их замены;
- б) задвижки у каждого побудителя на случай необходимости отключения его от системы.

### 3. РАСЧЕТ САМОТЕЧНОГО БЕЗНАПОРНОГО ГИДРОТРАНСПОРТА ЗОЛОШЛАКОВОГО МАТЕРИАЛА

3.1. Расчет самотечного безнапорного гидротранспорта золошлакового материала заключается в определении критической скорости движения гидросмеси и соответствующего этой скорости уклона дна канала.

Критическая скорость  $v_{kp}$  есть средняя по сечению скорость движения гидросмеси в канале или лотке, при которой весь твердый материал движется

с частичным влечением по дну без образования неподвижных отложений или их увеличения; если они ранее образовались.

3.2. Критическая скорость движения гидросмеси зависит от следующих факторов:

средней гидравлической крупности золошлакового материала;

средневзвешенной крупности золошлакового материала;

коэффициентов гидросмеси;

гидравлического радиуса поперечного сечения канала или лотка.

3.3. Средняя гидравлическая крупность золошлакового материала  $W_0$ , см/сек в зависимости от плотности (удельного веса) принимается по табл. 7.

3.4. Средняя (геометрическая) крупность золошлакового материала определяется как средневзвешенная крупность  $d_0$ , мм:

$$d_0 = \frac{\sum d_i P_i}{100},$$

где  $d_i$  — средняя крупность  $i$ -ой стандартной фракции, мм;  $P_i$  — процент содержания  $i$ -ой фракции по весу в составе пробы золошлакового материала.

3.5. Консистенция гидросмеси  $C_s$ , % определяется по формуле:

$$C_s = \frac{P_t}{\gamma_b Q_b} \cdot 100\%, \quad (4)$$

где  $P_t$  — весовой расход твердого материала, т/ч;  $\gamma_b$  — плотность воды, т/м<sup>3</sup>;  $Q_b$  — объемный расход воды, м<sup>3</sup>/ч.

3.6. Гидравлический радиус  $R$ , м поперечного сечения канала или лотка определяется построением графика:

$$\omega = f(h); \quad \chi = f(h); \quad R = f(h)$$

аналогично п. 2.11.

3.7. Расчетная критическая скорость движения гидросмеси в канале или лотке вычисляется по формуле:

$$v_{kp} = 0.7 v^*, \text{ м/сек},$$

где

$$v^* = W_0 \left[ 4 + 2.8 \left( \frac{gd_0}{W_0^2} \right)^{1/2} C_s^{1/4} \left( \frac{R}{d_0} \right)^{2/5} \right], \text{ м/сек}. \quad (5)$$

П р и м е ч а н и е. Коэффициент 0,7 предлагается на основании лабораторных и производственных опытов с золошлаковым материалом крупностью менее 15 мм.

3.8. Определение критической скорости гидросмеси производится следующим образом:

строится, аналогично п. 2.11, кривые, изображенные на рис. 2;

вычисляются по формуле (5)  $v^*$  м/сек для различных  $h$  м и соответствующих  $R$  м;

определяются  $Q = v^* \omega$  для  $v^*$ , вычисленных по формуле (5);

строится кривые  $v^* = f(h)$ ;  $Q = f(h)$ , аналогично изображенным на рис. 4;

по кривым  $v^* = f(h)$  и  $Q = f(h)$  для заданного расхода гидросмеси определяется  $v^*$  м/сек;

определяется  $v_{kp} = 0.7 v^*$ , м/сек.

3.9. Уклон дна канала или лотка вычисляется по формуле:

$$I = \frac{v_{kp}^2}{C^2} \frac{100}{R_{kp}}, \%, \quad (6)$$

где  $v_{kp}$  — определенная ранее критическая скорость, м/сек;  $R_{kp}$  — гидравлический радиус канала или лотка, м, определяемый по кривой  $R = f(h_{kp})$  при  $v_{kp} = Q/v_{kp}$ ;  $C$  — коэффициент Шези, определяемый согласно п. 2.11.

Таблица 7

$d_0, \text{мм}$	Гидравлическая крупность $W_{\phi}, \text{см/сек}$ при плотности (удельном весе) материала $\gamma$					
	2,10	2,30	2,50	2,65	2,80	3,00
1	2	3	4	5	6	7
0,005	0,0009	0,0010	0,0012	0,0013	0,0014	0,0016
0,010	0,0034	0,0040	0,0046	0,0051	0,0056	0,0062
0,015	0,0077	0,0091	0,0105	0,0115	0,0127	0,0141
0,020	0,0137	0,0162	0,0186	0,0225	0,0225	0,0250
0,030	0,0307	0,0362	0,0418	0,046	0,0507	0,0562
0,040	0,0547	0,0646	0,0745	0,082	0,090	0,100
0,050	0,0854	0,1009	0,116	0,128	0,141	0,156
0,060	0,123	0,145	0,167	0,184	0,203	0,225
0,070	0,167	0,198	0,228	0,251	0,276	0,306
0,080	0,219	0,259	0,298	0,328	0,340	0,400
0,090	0,276	0,326	0,376	0,414	0,456	0,506
0,100	0,342	0,404	0,465	0,512	0,563	0,625
0,20	1,14	1,37	1,55	1,70	1,86	2,07
0,30	1,88	2,24	2,56	2,82	3,08	3,42
0,40	2,63	3,11	3,58	3,93	4,30	4,77
0,50	3,37	3,99	4,59	5,05	5,52	6,13
0,60	4,12	4,87	5,61	6,17	6,74	7,48
0,70	4,89	5,75	6,62	7,29	7,96	8,83
0,80	5,61	6,63	7,64	8,40	9,18	10,18
0,90	6,35	7,51	8,66	9,52	10,40	11,55
1,0	7,10	8,39	9,67	10,64	11,62	12,90
1,2	8,59	10,16	11,71	12,88	14,05	15,62
1,4	10,07	11,91	13,80	15,11	16,50	18,32
1,6	13,92	15,12	16,25	17,00	17,75	18,75
1,8	14,78	16,04	17,23	18,05	18,75	19,85
2,0	15,55	16,90	18,20	19,00	19,75	20,95
2,2	16,33	17,73	19,07	19,95	20,80	21,95
2,4	17,07	18,52	19,90	20,80	21,75	22,90
2,6	17,75	19,27	20,70	21,65	22,65	23,85
2,8	18,40	20,00	21,50	22,50	23,50	24,80
3,0	19,05	20,70	22,25	23,30	24,35	25,65
3,2	19,70	21,40	23,00	24,05	25,15	26,50
3,4	20,30	22,05	23,70	24,80	25,90	27,30
3,6	20,90	22,70	24,35	25,50	26,65	28,10
3,8	21,45	23,30	25,05	26,20	27,40	28,85
4,0	22,00	23,90	25,70	26,90	28,10	29,60
4,2	22,55	24,50	26,35	27,55	28,80	30,35
4,4	23,10	25,05	26,95	28,20	29,45	31,05
4,6	23,60	25,65	27,55	28,80	30,15	31,75
4,8	24,10	26,10	28,15	29,45	30,80	32,40
5,0	24,60	26,75	28,70	30,05	31,40	33,10
5,2	25,10	27,25	29,25	30,60	32,00	33,75
5,4	25,55	27,80	29,85	31,25	32,60	34,40
5,6	26,05	28,30	30,40	31,80	33,25	35,05
5,8	26,50	28,80	30,90	32,35	33,80	35,70
6,0	26,95	29,25	31,45	32,90	34,40	36,25
6,2	27,40	29,75	31,95	33,45	34,95	36,85
6,4	27,85	30,25	32,50	34,00	35,50	37,40
6,6	28,25	30,70	32,95	34,50	36,05	38,00
6,8	28,70	31,20	33,45	35,05	36,60	38,55

Продолжение табл. 7

1	2	3	4	5	6	7
7,0	29,10	31,60	33,95	35,55	37,20	39,10
7,2	29,50	32,05	34,45	36,05	37,70	39,70
7,4	29,95	32,50	34,90	36,50	38,20	40,25
7,6	30,30	32,90	35,40	37,00	38,70	40,80
7,8	30,70	33,40	35,85	37,50	39,20	41,30
8,0	31,10	33,80	36,30	38,00	39,70	41,80
8,2	31,50	34,20	36,75	38,45	40,20	42,30
8,4	31,90	34,60	37,20	38,90	40,65	42,85
8,6	32,25	35,05	37,70	39,40	41,10	43,40
8,8	32,60	35,45	38,05	39,85	41,60	43,90
9,0	33,00	35,85	38,50	40,25	42,10	44,40
9,2	33,35	36,25	38,90	40,70	42,50	44,85
9,4	33,70	36,60	39,35	41,15	43,00	45,30
9,6	34,05	37,05	39,80	41,60	43,50	45,80
9,8	34,45	37,40	40,20	42,00	43,90	46,30
10,0	34,80	37,80	40,60	42,50	44,40	46,80

#### 4. РАСЧЕТ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛЬНЫХ БАГЕРНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

4.1. Центральная багерная насосная станция включает: а) распределительную систему; б) рабочие, ремонтные и резервные багерные насосы; в) систему переключения напорных пульпопроводов.

4.2. Распределительная система служит для равномерного распределения пульпы между одновременно работающими багерными насосами.

4.3. В состав распределенной системы входят:

а) магистральный канал, являющийся продолжением внутристанционных золошлаковых каналов и имеющий те же характеристики: уклон  $I$ , ширину  $B$ , радиус облицовки  $r_0$ , шероховатость  $n$ , определяемые в соответствии с разделами 2 и 3 этих Указаний;

б) отводы для забора пульпы из магистрального канала в бункеры багерных насосов;

в) оборудование для регулирования и отключения подачи пульпы в отводы.

4.4. Расчет распределительной системы включает:

а) выбор конструкции системы;

б) определение основных параметров отвода (рис. 5);

в) определение расстояния между отводами  $L$ ;

г) определение общего количества багерных насосов, устанавливаемых в багерной насосной станции;

д) выбор режима эксплуатации и регулирования распределительной системы.

4.5. При выборе конструкции распределительной системы рекомендуется применять:

а) доные отводы при количестве одновременно работающих багерных насосов  $n_{раб} = 2$ ;

б) боковые отводы при  $n_{раб} > 2$  (в том числе при кратковременном включении третьего багерного насоса).

4.6. При расчете основных параметров (рис. 5) длина фронта донного отвода  $a_d$  определяется из условия:

$$a_d = 0,5B, \text{ м.}$$

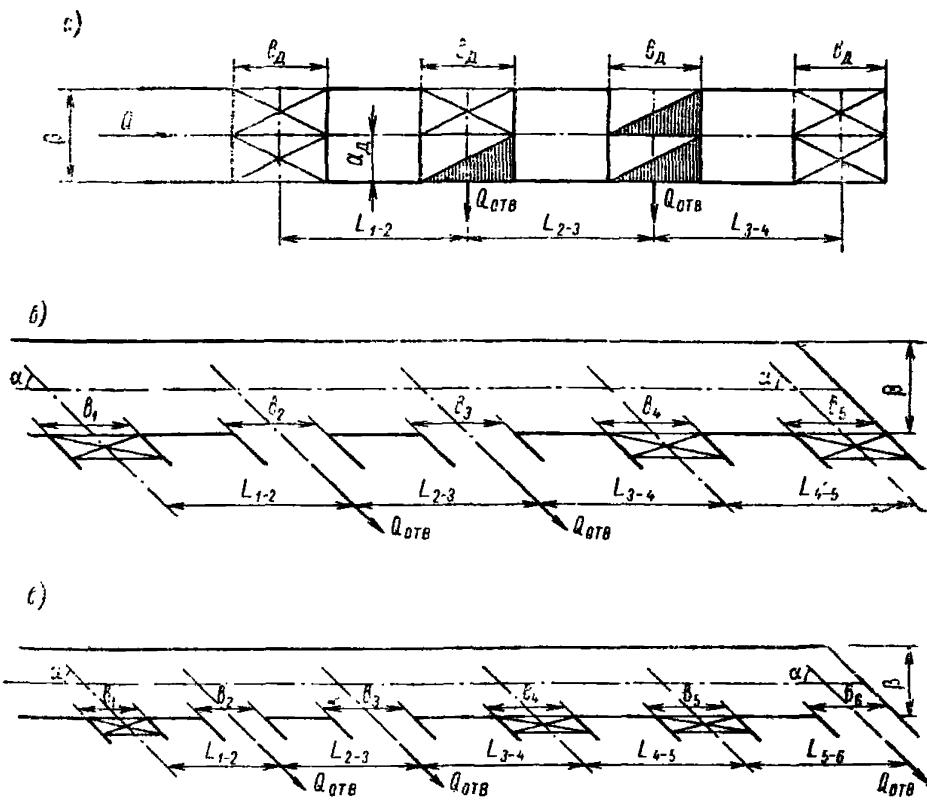


Рис. 5. Схема распределительной системы

*a*—с донными отводами; *б*—с боковыми отводами при одновременной работе двух багерных насосов (при кратковременном включении третьего багерного насоса); *в*—с боковыми отводами, при одновременной работе трех багерных насосов.

Ширина донного отвода  $b_d$  определяется по формуле:

$$b_d = \beta_d h, \text{ м}, \quad (7)$$

где  $h$  — глубина потока в магистральном канале;  $\beta_d$  — опытный коэффициент, определяемый по табл. 8, 9 (полученный по результатам лабораторных исследований) в зависимости от числа Фруда потока в магистральном канале.

Таблица 8

Число Фруда в магистральном канале	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\beta_d$	1,3	2,0	2,7	3,2	3,7	4,3	4,6	5,0	5,4	5,8

Число Фруда  $Fr$  потока в магистральном канале определяется по формуле:

$$Fr = \frac{B_n Q^2}{g \omega^3}, \quad (8)$$

Таблица 9

Относительный расход отвода $K$	Относительная ширина отвода $\beta$ при числе Фруда потока в магистральном канале							
	1	2	3	4	5	6	7	8
При угле $\alpha \leq 20^\circ$								
$\frac{1}{1}$	2,5	3,4	4,2	5,0	5,7	6,2	6,6	7,1
$\frac{1}{2}$	2,5	3,4	4,2	5,0	5,7	6,2	6,6	7,1
$\frac{1}{3}$	1,5	2,1	2,7	3,3	3,8	4,2	4,6	5,0
$\frac{1}{4}$	1,1	1,6	2,1	2,6	3,0	3,4	3,7	4,1
$\frac{1}{5}$	0,8	1,2	1,6	2,0	2,3	2,6	3,0	3,3
$\frac{1}{6}$	0,7	1,0	1,3	1,6	1,9	2,2	2,4	2,7
При угле $\alpha = 60^\circ$								
$\frac{1}{1}$	3,0	4,2	5,2	6,0	6,7	7,3	7,8	8,3
$\frac{1}{2}$	3,0	4,2	5,2	6,0	6,7	7,3	7,8	8,3
$\frac{1}{3}$	1,8	2,5	3,1	3,7	4,2	4,7	5,1	5,5
$\frac{1}{4}$	1,3	1,8	2,3	2,7	3,1	3,5	3,8	4,2
$\frac{1}{5}$	0,9	1,4	1,7	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3
$\frac{1}{6}$	0,8	1,1	1,4	1,7	2,0	2,2	2,4	2,7
При угле $\alpha = 90^\circ$								
$\frac{1}{1}$	4,2	5,8	7,1					
$\frac{1}{2}$	4,2	5,8	7,1					
$\frac{1}{3}$	2,2	3,0	3,7	4,3	4,9	5,4	5,8	6,2
$\frac{1}{4}$	1,6	2,1	2,6	3,0	3,4	3,8	4,1	4,5
$\frac{1}{5}$	1,1	1,6	2,0	2,3	2,5	2,8	3,0	3,3
$\frac{1}{6}$	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,2	2,4	2,7

где  $\omega$  — площадь живого сечения потока в магистральном канале, определяемая по п. 2.11;  $B_n$  — ширина потока по свободной поверхности, определяемая из условия:

$$B_n = 2,82 \sqrt{hr_{\text{обл}} - 0,5h^2}.$$

4.7. Ширина бокового отвода  $b$  определяется по формуле:

$$b = \beta B (\text{м}), \quad (9)$$

где  $\beta = b/B$  — относительная ширина бокового отвода.

Относительная ширина бокового отвода  $\beta$  определяется по табл. 9 (полученной на основании лабораторных и натурных исследований) в зависимости:

а) от относительного расхода отвода  $K$ , равного отношению расхода в боковой отвод  $Q_{\text{отв}}$  к расходу потока в магистральном канале перед отводом  $Q$ ;

б) от числа Фруда потока в магистральном канале.

4.8. Относительный расход отвода  $K$  определяется по табл. 10.

Таблица 10

Количество одновременно работающих насосов $n_{\text{раб}}$	Относительный расход отвода $K$ в зависимости от порядкового номера отвода					
	1—2	3—4	5—6	7—8	9—10	11—12
2	$\frac{1}{2}$	1	1			
3	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	1			
4	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	1		
5	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	1	
6	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	1

4.9. Расстояние между осями двух соседних отводов  $L$  определяется из условия:

$$L \geq 1,5B Fr,$$

но расстояние это должно быть не менее суммой ширин  $\Sigma b$  этих отводов.

4.10. Общее количество насосов, устанавливаемых в центральной багерной насосной стации, определяется по формуле:

$$n_{\text{общ}} = A n_{\text{раб}}, \quad (10)$$

где  $A$  — опытный коэффициент, учитывающий потребность в ремонтных и резервных насосах, определяется по табл. 11, полученной на основе обзора эксплуатационных материалов.

4.11. Режим эксплуатации распределительной системы багерных насосов с боковыми отводами зависит от соотношения между расчетной шириной отвода  $b$ , определяемой по п. 4.7, и шириной отвода  $b_{\text{доп}}$ , допустимой по конструктивным и экономическим соображениям.

При  $b < b_{\text{доп}}$  применяется, как правило, режим эксплуатации без регулирования расхода пульпы в отвод.

При  $b > b_{\text{доп}}$  регулирование расхода пульпы в отвод является обязательным.

Таблица 11

Характеристика абразивности золошлаковых материалов	Коэффициент $A$ при количестве насосов, работающих одновременно $n_{\text{раб}}$	
	2	$> 3$
Шлаки повышенной абразивности, в том числе при жидкотекущем шлакоудалении . . . . .	2,5	2,0
Золошлаковые материалы малой абразивности . . . . .	2,0	2,0

4.12. Для регулирования расхода в боковые отводы при  $\beta = 1,0$  перед каждым отводом устанавливается затвор-регулятор с вертикальной осью вращения. Конструкция и схема установки затвора-регулятора приведены на рис. 6.

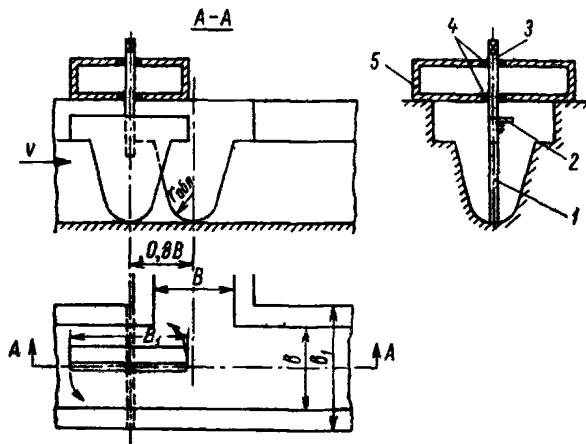


Рис. 6. Схема затвора-регулятора с вертикальной осью вращения  
1—пластина затвора; 2—защитный козырек; 3—ось затвора;  
4—подшипники; 5—опорная рама.

4.13. Регулирование осуществляется поворотом затвора-регулятора относительно оси магистрального канала на угол  $\phi^{\circ}$ , определяемый по табл. 12 в зависимости от относительного расхода отвода  $K$ .

Относительный расход отвода  $K$  определяется по п. 4.8.

Таблица 12

Относительный расход отвода $K$	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$
Угол поворота затвора-регулятора $\phi^{\circ}$ . . . . .	34	30	23	20	18	16

ПРИЛОЖЕНИЕ I

Графики для определения величин  $Q$ ;  $v$ ;  $h$ ;  $\omega$ ;  $R$ ;  $\chi$

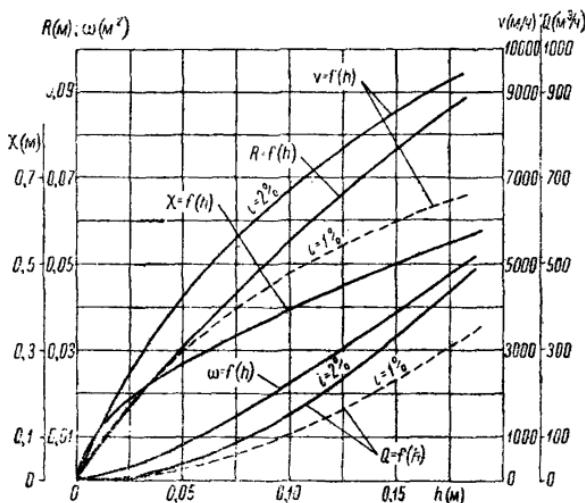


Рис. 1.  $r_{обл} = 150 \text{ м.м.}$ ;  $n = 0,011.$

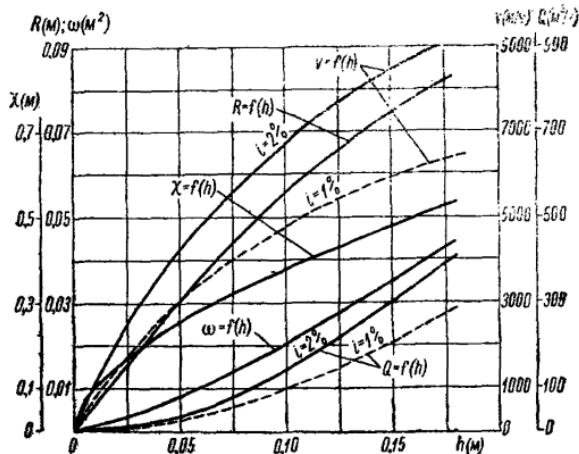


Рис. 2.  $r_{обл} = 175 \text{ м.м.}$ ;  $n = 0,011.$

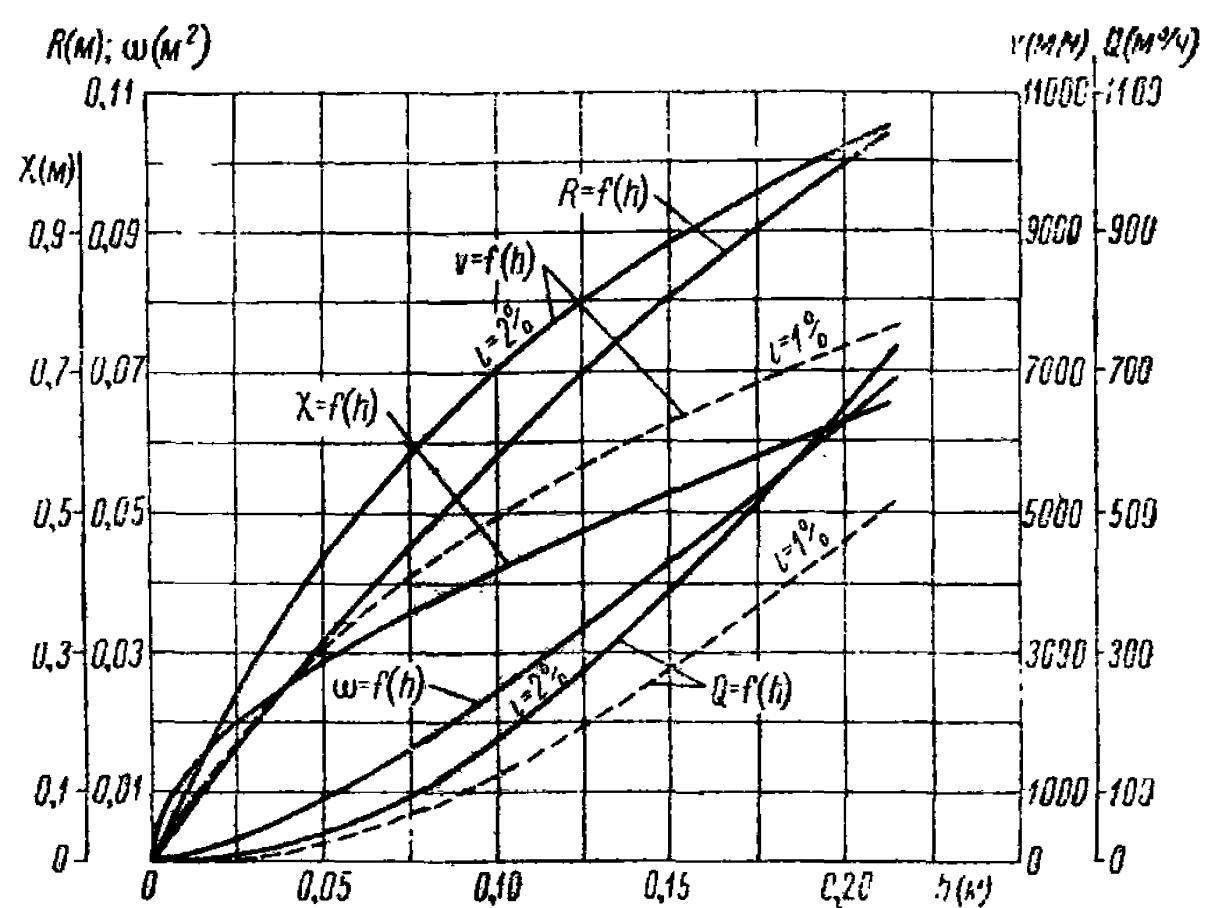


Рис. 3.  $r_{06L} = 200 \text{ мм}; n = 0,011.$

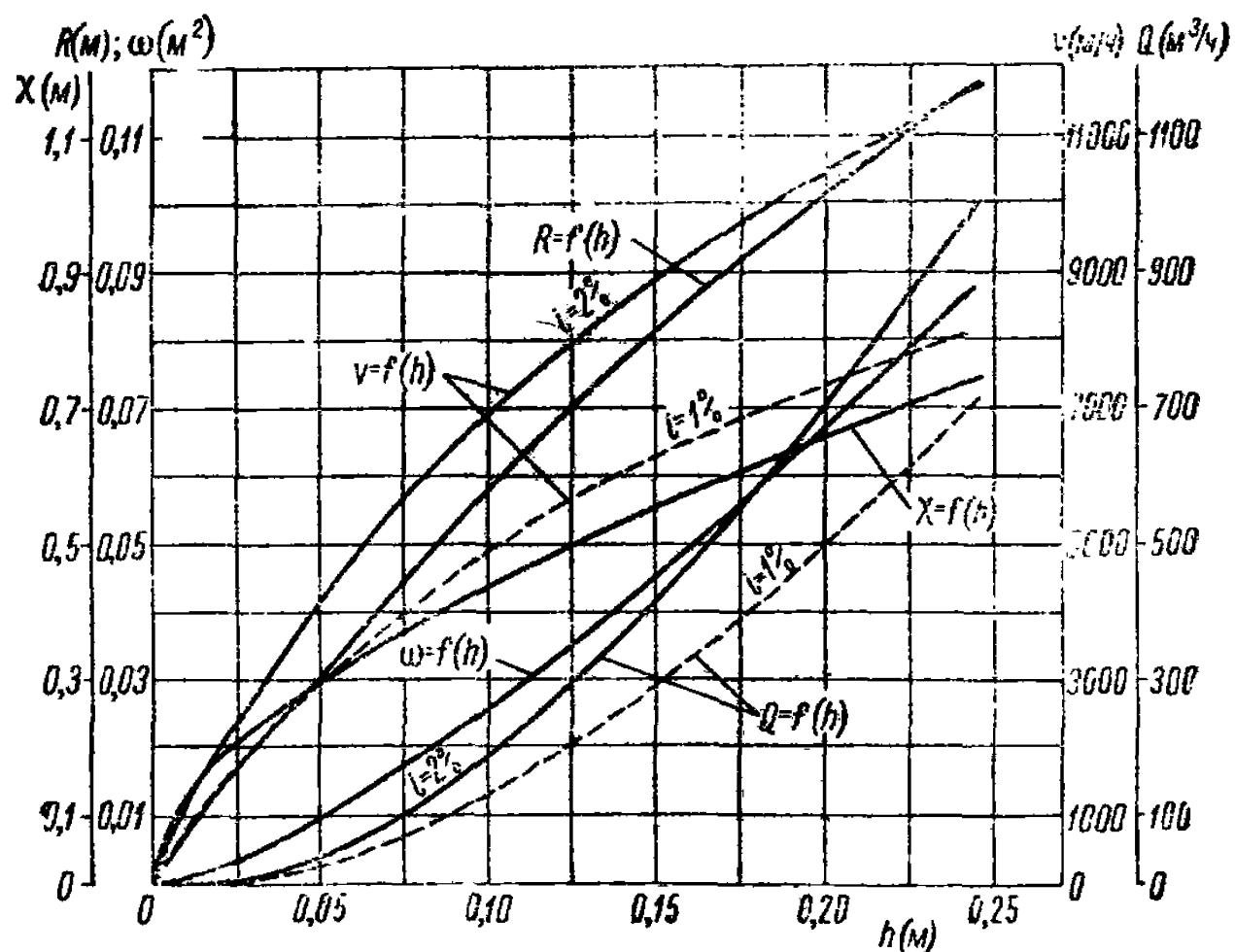


Рис. 4.  $r_{06L} = 225 \text{ мм}; n = 0,011.$

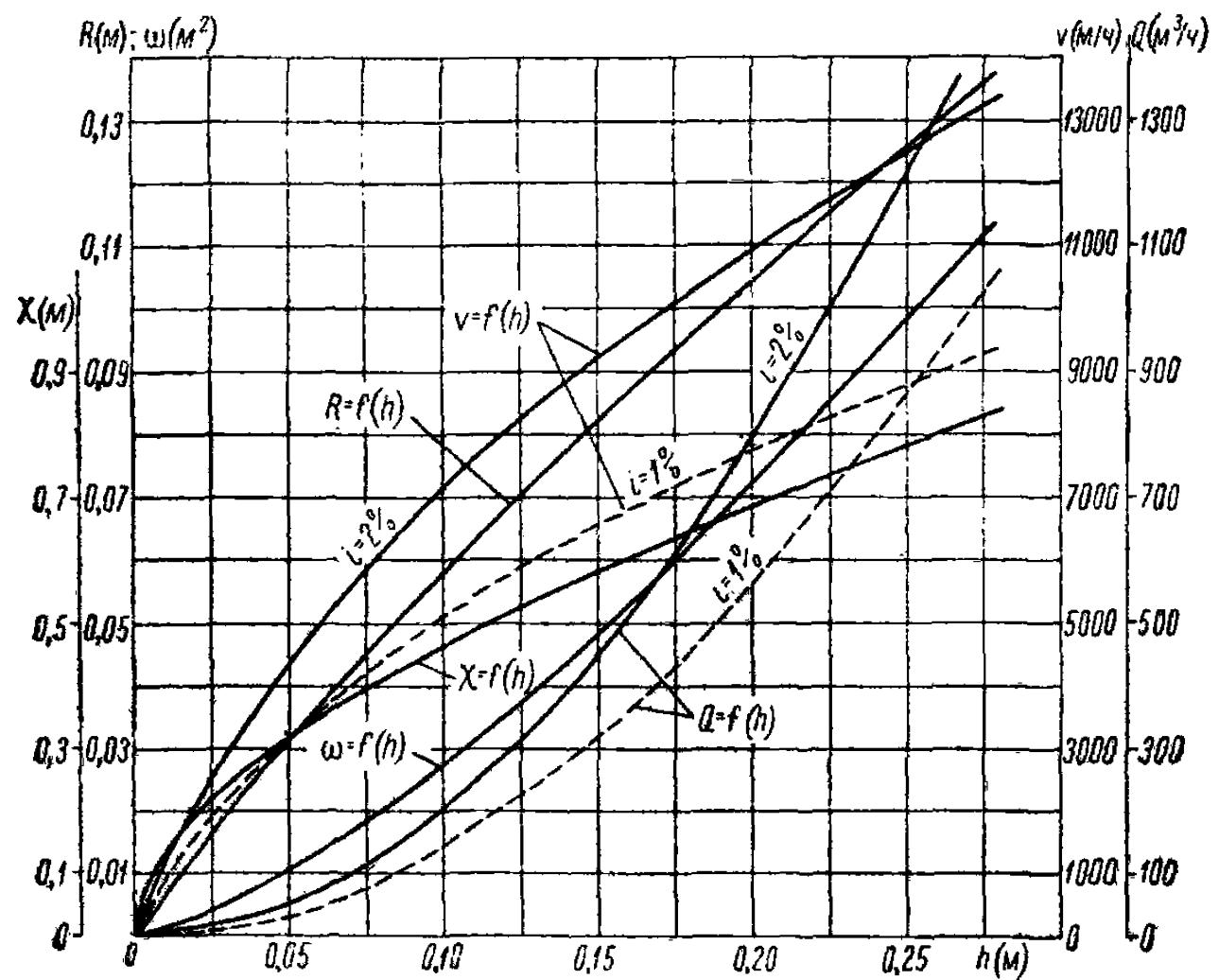


Рис. 5.  $r_{064} = 250 \text{ м.м.}$ ;  $n = 0,011.$

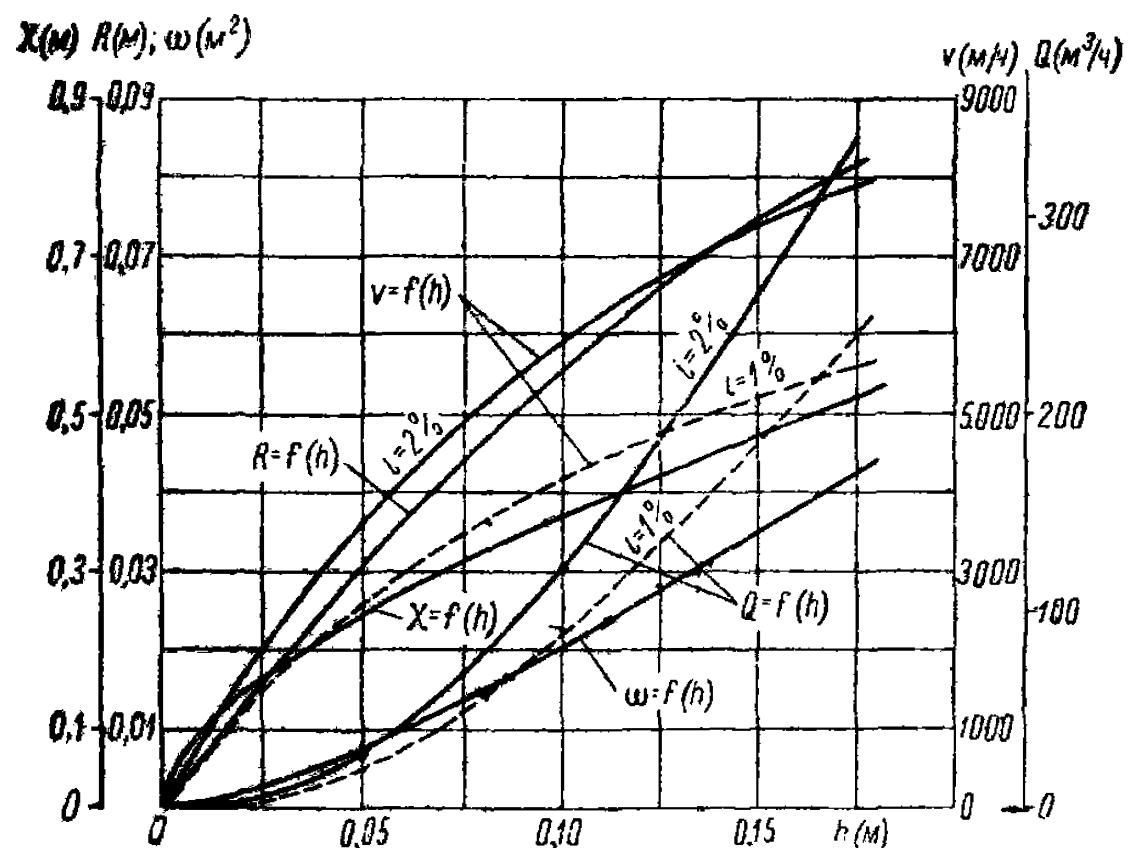


Рис. 6.  $r_{064} = 150 \text{ м.м.}$ ;  $n = 0,012.$

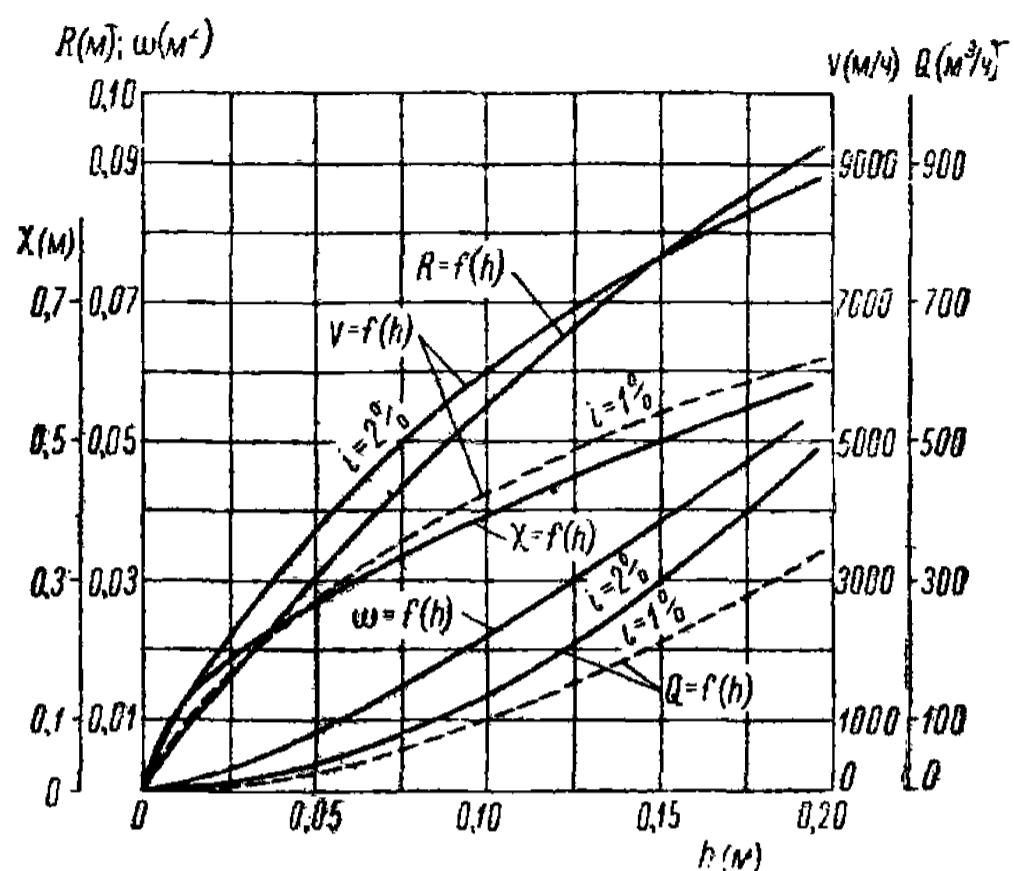


Рис. 7.  $r_{06,1} = 175 \text{ мм}; n = 0,012.$

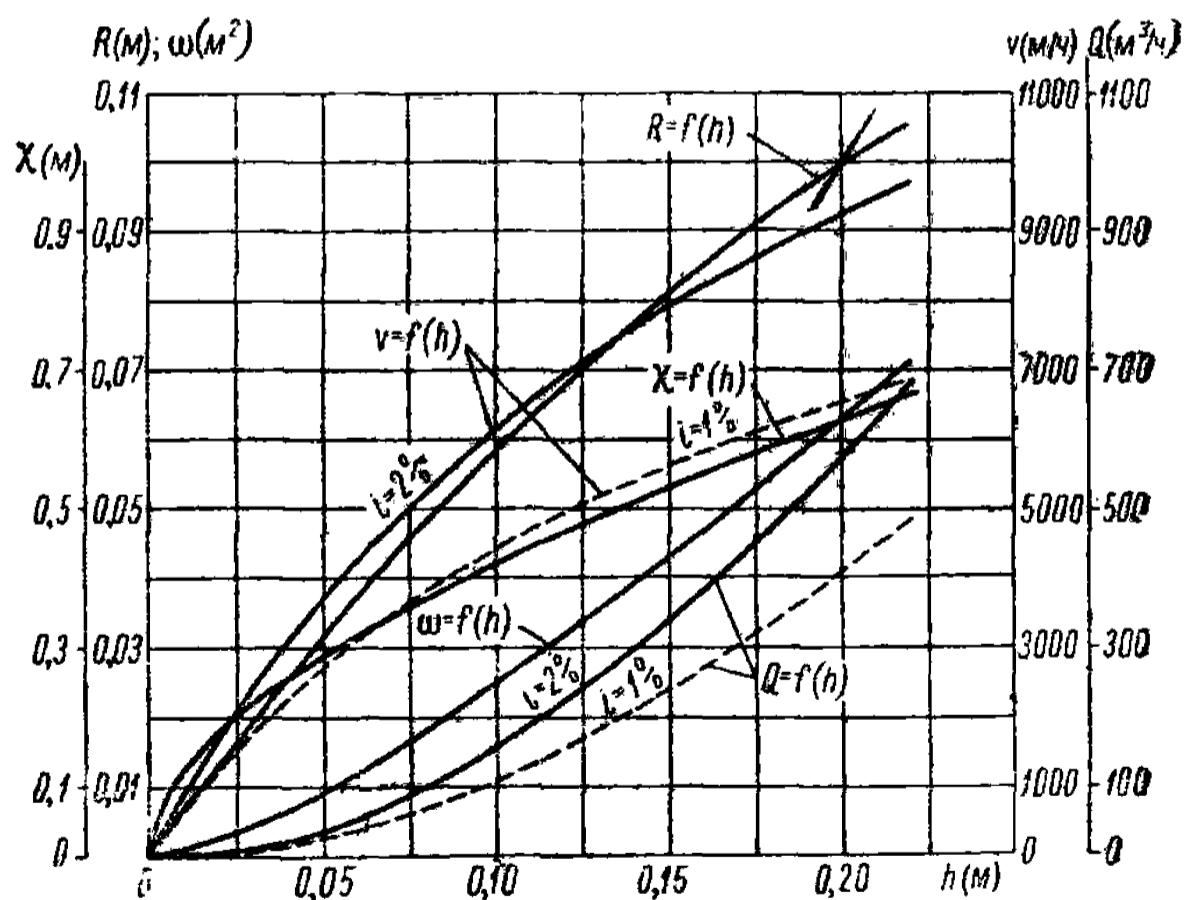


Рис. 8.  $r_{06,1} = 200 \text{ мм}; n = 0,012.$

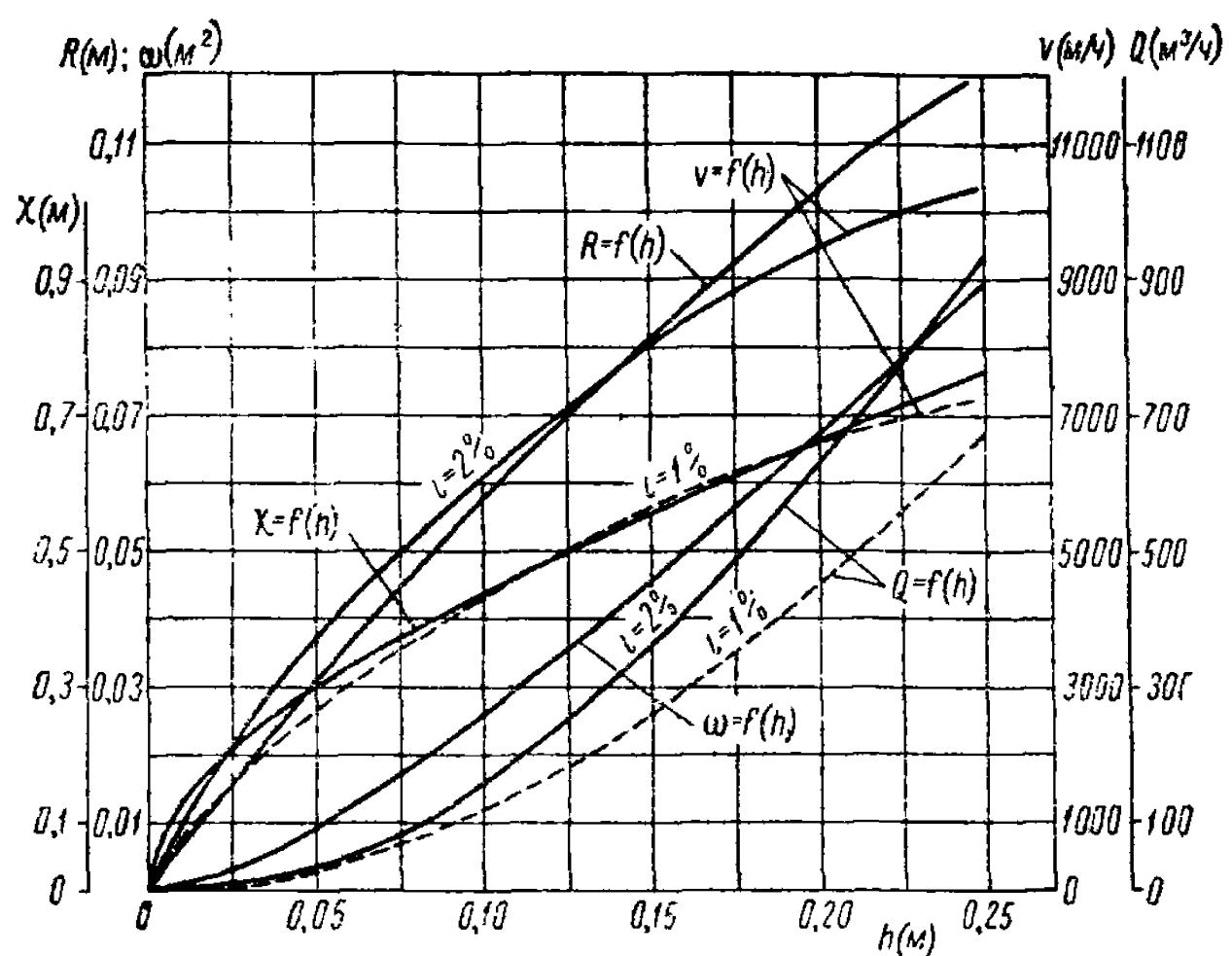


Рис. 9.  $r_{\text{обл}} = 225 \text{ мм}; n = 0,012.$

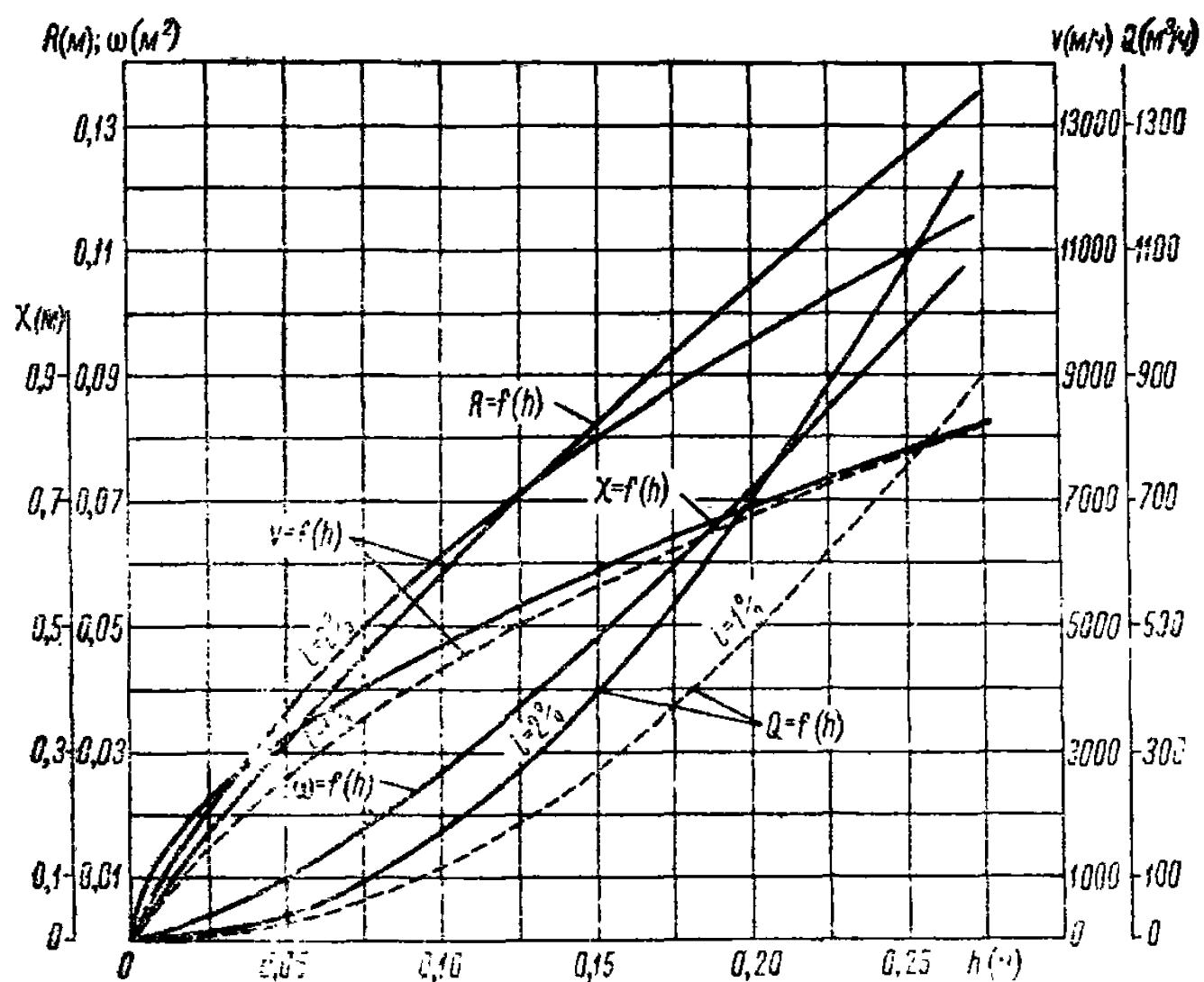


Рис. 10.  $r_{\text{обл}} = 250 \text{ мм}; n = 0,012.$

## Примеры расчета безнапорного гидротранспорта золошлакового материала

**Пример 1** (на действующей ТЭС). Исходные данные: длина канала  $L = 126,0 \text{ м}$ ; сопел 39;  $I = 1,5\%$ ;  $r_{обд} = 150 \text{ мм}$ ;  $n = 0,012$ ; напор воды в соплах  $H = 40,0 \text{ м}$ ; весовой расход шлака из одиой шлаковой ванны  $P_t = 1,0 \text{ т/ч}$ ; расход воды на грануляцию шлака одной шлаковой ванны  $q_r = 5,0 \text{ м}^3/\text{ч}$  (рис. 1, а).

Определить расстояния между побудительными соплами в шлаковом канала:

1) при напоре воды  $H = 40,0 \text{ м}$  по табл. 3  $d_c = 18 \text{ мм}$ ,  $3q_{c_1} = 61,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;

2) при напоре воды  $H = 40,0 \text{ м}$  по табл. 1  $N = 1,3 \text{ квт}$ ,  $d_c = 12 \text{ мм}$ ; по табл. 4  $q_{c_1} = 8,6 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;

3) для канала  $r_{обд} = 150 \text{ мм}$ , задаваясь  $h = 0,05 \text{ м}$ ;  $0,10 \text{ м}$ ;  $0,15 \text{ м}$ ;  $0,20 \text{ м}$  строим кривые  $\omega = f(h)$ ;  $\gamma = f(h)$  и  $R = f(h)$ , приведенные на рис. 6 (приложение 1);

4) для этих же  $h$  и соответствующих  $R$  по формуле (3) и графику на рис. 3 вычисляем скорости потока  $v \text{ м/сек}$ ;

5) для вычисленных  $v$  определяем  $Q = v\omega$  и строим кривые  $v = f(h)$  и  $Q = f(h)$ , приведенные на рис. 6 (для  $I = 1,5\%$   $h$  и  $v$  определяются интерполяцией).

Определяем:

6) расстояние между соплами 3—4 по формуле (1):

$$l = \frac{MQ^2H}{mP_t q_{c_1}} 10^{-2}, \text{ м};$$

$$Q = 3q_{c_1} + mq_r = 61,5 + 2 \cdot 5 = 71,5 \text{ м}^3/\text{ч},$$

$M$  определяется в зависимости от  $K$  по формуле (2);

по табл. 6  $\alpha = 0,88$ ; по графику рис. 6  $h = 0,084 \text{ м}$ ;  $v = 4450 \text{ м/ч}$ ;

$$K = 0,88 \left( \frac{0,012}{71,5} \right) \cdot 0,084 \cdot 4450 \cdot 10 = 0,552;$$

по табл. 5 при  $K = 0,552$   $M = 0,145$ ,

$$l = \frac{0,145 \cdot 71,5^2 \cdot 40,0}{2 \cdot 1 \cdot 8,6 \cdot 10^2} = 17,2 \text{ м},$$

Принимаем  $l = 12,0 \text{ м}$  до установленного сопла 4 под первой шлаковой ванной второго котла и  $l = 8,0 \text{ м}$  до сопла 5 под второй шлаковой ванной этого же котла;

7) расстояние между соплами 5 и 6:

$$Q = 3q_{c_1} + mq_r + nq_{c_4} = 61,5 + 4 \cdot 5 + 2 \cdot 8,6 = 98,7 \text{ м}^3/\text{ч};$$

по графику рис. 6  $h = 0,099 \text{ м}$ ,  $v = 4950 \text{ м/ч}$ ;

$$K = 0,88 \left( \frac{0,012}{98,7} \right) \cdot 0,099 \cdot 4950 \cdot 10 = 0,525;$$

по табл. 5 при  $K = 0,525$ ,  $M = 0,106$ ,

$$l = \frac{0,106 \cdot 98,7^2 \cdot 40,0}{4 \cdot 1 \cdot 8,6 \cdot 10^2} = 12,0,$$

принимаем 12,0 м;

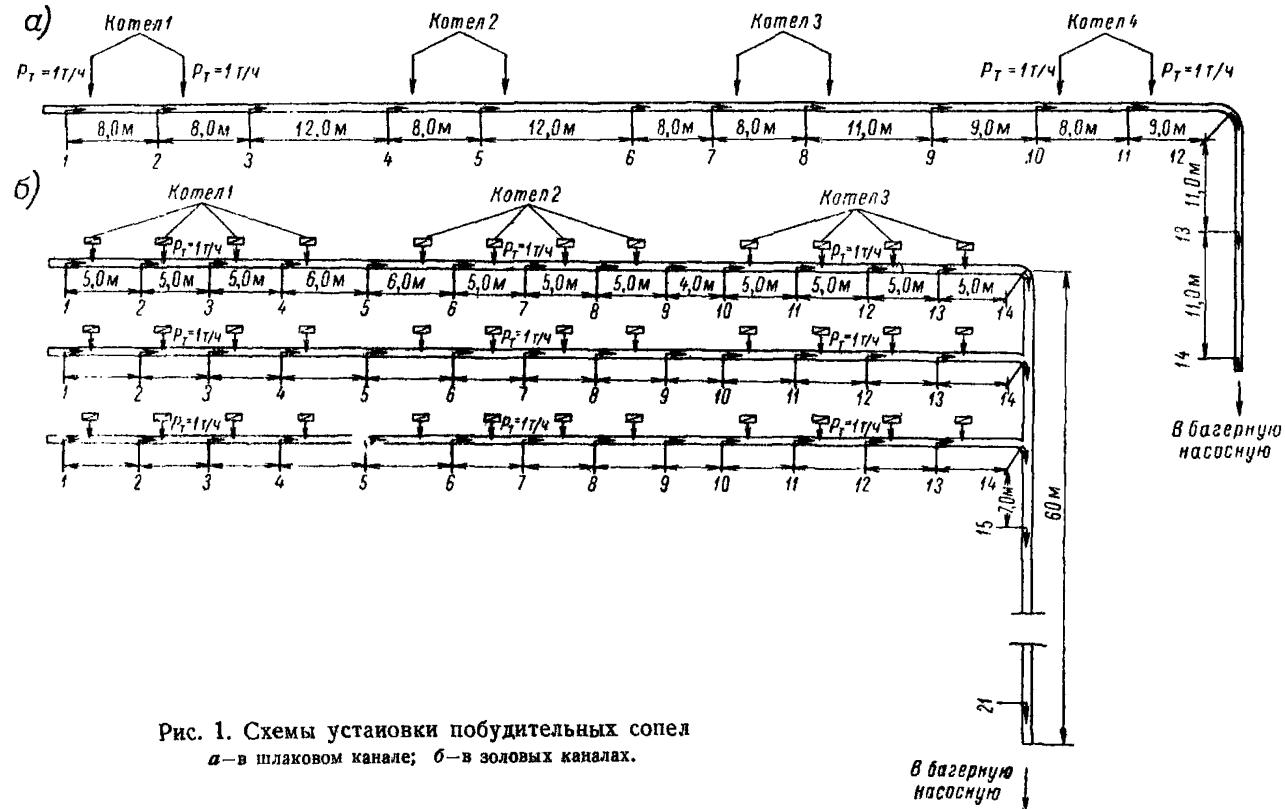


Рис. 1. Схемы установки побудительных сопел  
 а—в шлаковом канале; б—в золовых каналах.

8) расстояние между соплами 6 и 7

$$Q = 61,5 + 4 \cdot 5 + 3 \cdot 8,6 = 107,3 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$K = 0,88 \left( \frac{0,012}{107,3} \right) \cdot 0,103 \cdot 5075 \cdot 10 = 0,514;$$

по табл. 5  $M = 0,0945$ ,

$$l = \frac{0,0945 \cdot 107,3^2 \cdot 40,0}{4 \cdot 1 \cdot 8,6 \cdot 10^2} = 12,6 \text{ м},$$

принимаем  $l = 8,0 \text{ м}$  до установленного сопла 7 под первой шлаковой ванией третьего котла и  $l = 8,0 \text{ м}$  до сопла 8 под второй шлаковой ванией этого котла;

9) расстояние между соплами 8 и 9;

$$Q = 61,5 + 6 \cdot 5 + 5 \cdot 8,6 = 134,5 \text{ м}^3/\text{ч},$$

$$K = 0,88 \left( \frac{0,012}{134,5} \right) \cdot 0,116 \cdot 5450 \cdot 10 = 0,497;$$

по табл. 5  $M = 0,0778$ ,

$$l = \frac{0,0778 \cdot 134,5^2 \cdot 40,0}{6 \cdot 1 \cdot 8,6 \cdot 10^2} = 10,9 \text{ м},$$

принимаем 110 м;

10) расстояние между соплами 9 и 10:

$$Q = 61,5 + 6 \cdot 5 + 6 \cdot 8,6 = 143,1 \text{ м}^3/\text{ч},$$

$$K = 0,88 \left( \frac{0,012}{143,1} \right) \cdot 0,119 \cdot 5550 \cdot 10 = 0,487;$$

по табл. 5  $M = 0,071$ ,

$$l = \frac{0,071 \cdot 143,1^2 \cdot 40,0}{6 \cdot 1 \cdot 8,6 \cdot 10^2} = 11,3 \text{ м};$$

принимаем  $l = 9,0 \text{ м}$  до установленного сопла 10 под первой шлаковой ванной четвертого котла и  $l = 8,0 \text{ м}$  до сопла 11 под второй шлаковой ванной этого котла;

11) расстояние между соплами 11 и 12:

$$Q = 61,5 + 8 \cdot 5 + 8 \cdot 8,6 = 170,3 \text{ м}^3/\text{ч},$$

$$K = 0,88 \left( \frac{0,012}{170,3} \right) \cdot 0,130 \cdot 5825 \cdot 10 = 0,472,$$

по табл. 5  $M = 0,065$ ,

$$l = \frac{0,065 \cdot 170,3^2 \cdot 40,0}{8 \cdot 1 \cdot 8,6 \cdot 10^2} = 10,8 \text{ м},$$

принимаем  $l = 9,0 \text{ м}$  с установкой его на повороте каяала (сопло 12);  
12) расстояние между соплами 12 и 13:

$$Q = 61,5 + 8 \cdot 5 + 9 \cdot 8,6 = 178,9 \text{ м}^3/\text{ч},$$

$$K = 0,88 \left( \frac{0,012}{178,9} \right) \cdot 0,134 \cdot 5900 \cdot 10 = 0,465;$$

по табл. 5  $M = 0,060$ ,

$$l = \frac{0,060 \cdot 178,9^2 \cdot 40,0}{8 \cdot 1 \cdot 8,6 \cdot 10^2} = 11,1 \text{ м};$$

принимаем 11,0 м,

13) расстояние между соплами 13 и 14:

$$Q = 61,5 + 8 \cdot 5 + 10 \cdot 8,6 = 187,5 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$K = 0,88 \left( \frac{0,012}{187,5} \right) \cdot 0,135 \cdot 5925 \cdot 10 = 0,450;$$

$$M = 0,053;$$

$$l = \frac{0,053 \cdot 187,5^2 \cdot 40,0}{8 \cdot 1 \cdot 8,6 \cdot 10^2} = 10,7 \text{ м},$$

принимаем 11,0 м.

Таким образом должно быть установлено 14 побудительных сопел.

Пример 2. Исходные данные: длина канала  $L = 150 \text{ м}$ ;  $n = 0,012$ ;  $r_{\text{обн}} = 150 \text{ мм}$ ;  $I = 1,0\%$ ; весовой расход золы  $P_t = 1,0 \text{ т/ч}$ ; расход воды на один золосмышный аппарат  $q_3 = 4,0 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; напор воды в соплах  $H = 40,0 \text{ м}$  (рис. 1,б).

Определить расстояния между побудительными соплами в золовых каналах:

1) при  $H = 40,0 \text{ м}$  по табл. 1  $N_c = 0,70 \text{ квт}$ ;  $d_c = 10 \text{ мм}$ ; по табл. 4  $q_{c_s} = 5,95 \text{ м}^3/\text{ч}$  (под золосмышными аппаратами первого котла устанавливаются четыре сопла);

2) вычисляем по формуле (3) и графику рис. 2  $v$  и  $Q = v\omega$ ;  $\omega$  принимается по графику рис. 6 (приложение 1);

3) строим кривые  $v = f(h)$  и  $Q = f(h)$  рис. 6.

Определяем:

4) расстояние между соплами 4 и 5:

$$Q = n'q_3 + nq_{c_s} = 4 \cdot 4 + 4 \cdot 5,95 = 39,8 \text{ м}^3/\text{ч};$$

по формуле (2)

$$K = 1 \left( \frac{0,010}{39,8} \right) 0,070 \cdot 3350 \cdot 10 = 0,590;$$

по табл. 5 при  $K = 0,590 M = 0,234$ ; по формуле (1)

$$l = \frac{0,234 \cdot 39,8^2 \cdot 40,0}{4 \cdot 1 \cdot 5,95 \cdot 10^2} = 6,0 \text{ м};$$

5) расстояние между соплами 5 и 6:

$$Q = 5 \cdot 4 + 5 \cdot 5,95 = 49,75 \text{ м}^3/\text{ч};$$

по графику рис. 6  $h = 0,078 \text{ м}$ ,  $v = 3600 \text{ м/ч}$ ,

$$K = 1 \left( \frac{0,010}{49,75} \right) \cdot 0,078 \cdot 3600 \cdot 10 = 0,565;$$

по табл. 5  $M = 0,17$ ,

$$l = \frac{0,17 \cdot 49,75^2 \cdot 40,0}{5 \cdot 1 \cdot 5,95 \cdot 10^2} = 5,7 \text{ м};$$

принимаем 6,0 м,

6) расстояние между соплами 6 и 7;

$$Q = 6 \cdot 4 + 6 \cdot 5,95 = 59,7 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$h = 0,085 \text{ м}, v = 3800 \text{ м}/\text{с},$$

$$K = 1 \left( \frac{0,010}{59,7} \right) \cdot 0,085 \cdot 3800 \cdot 10 = 0,54.$$

$$M = 0,124,$$

$$l = \frac{0,124 \cdot 59,7^2 \cdot 40,0}{6 \cdot 1 \cdot 5,95 \cdot 10^2} = 5,0 \text{ м};$$

принимаем 0,5 м;

7) расстояние между соплами 7 и 8:

$$Q = 7 \cdot 4 + 7 \cdot 5,95 = 69,65 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$K = 1 \left( \frac{0,010}{69,65} \right) \cdot 0,092 \cdot 4000 \cdot 10 = 0,53, M = 0,111,$$

$$l = \frac{0,111 \cdot 69,65^2 \cdot 40,0}{7 \cdot 1 \cdot 5,95 \cdot 10^2} = 5,2 \text{ м},$$

принимаем 5 м;

8) расстояние между соплами 8 и 9:

$$Q = 8 \cdot 4 + 8 \cdot 5,95 = 79,60 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$K = 1 \left( \frac{0,010}{79,60} \right) \cdot 0,097 \cdot 4150 \cdot 10 = 0,51, M = 0,089,$$

$$l = \frac{0,089 \cdot 79,60^2 \cdot 40,0}{8 \cdot 1 \cdot 5,95 \cdot 10^2} = 4,8 \text{ м},$$

принимаем 5,0 м;

9) расстояние между соплами 9 и 10:

$$Q = 9 \cdot 4 + 9 \cdot 5,95 = 89,55 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$K = 1 \left( \frac{0,010}{89,55} \right) \cdot 0,103 \cdot 4300 \cdot 10 = 0,496, M = 0,075,$$

$$l = \frac{0,075 \cdot 89,55^2 \cdot 40,0}{9 \cdot 1 \cdot 5,95 \cdot 10^2} = 4,4 \text{ м},$$

принимаем 4,0 м;

10) расстояние между соплами 10 и 11:

$$Q = 10 \cdot 4 + 10 \cdot 5,95 = 99,5 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$K = 1 \left( \frac{0,010}{99,5} \right) \cdot 0,109 \cdot 4400 \cdot 10 = 0,480, M = 0,0675,$$

принимаем

$$l = \frac{0,0675 \cdot 99,5^2 \cdot 40,0}{10 \cdot 1 \cdot 5,95 \cdot 10^2} = 4,5 \text{ м},$$

принимаем 5,0 м;

11) расстояние между соплами 11 и 12:

$$Q = 11 \cdot 4 + 11 \cdot 5,95 = 109,45 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$K = 1 \left( \frac{0,010}{109,45} \right) \cdot 0,114 \cdot 4500 \cdot 10 = 0,465, \quad M = 0,06,$$

$$l = \frac{0,06 \cdot 109,45^2 \cdot 40,0}{11 \cdot 1 \cdot 5,95 \cdot 10^2} = 4,5 \text{ м},$$

принимаем 5,0 м;

12) расстояние между соплами 12 и 13:

$$Q = 12 \cdot 4 + 12 \cdot 5,95 = 119,40 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$K = 1 \left( \frac{0,010}{119,40} \right) \cdot 0,119 \cdot 4650 \cdot 10 = 0,462, \quad M = 0,058,$$

$$l = \frac{0,058 \cdot 119,40^2 \cdot 40,0}{12 \cdot 1 \cdot 5,95 \cdot 10^2} = 4,7 \text{ м},$$

принимаем 5,0 м;

13) на повороте канала устанавливается сопло 14 на расстоянии 5,0 м от сопла 13. В последующих двух продольных каналах расстояние между соплами принимается аналогично первому каналу (рис. 1,б). Суммарный расход воды, поступающей в магистральный канал, равен:

$$Q = 3(12 \cdot 4 + 13 \cdot 5,95) = 390 \text{ м}^3/\text{ч},$$

при  $Q = 390 \text{ м}^3/\text{ч}$  по табл. 2  $r_{обм} = 200 \text{ мм}$ ;

14)  $h$  и  $v$  принимаем по кривым рис. 8;

15) расстояние между соплами 14 и 15;

по графику рис. 8 (приложение 1)  $h = 0,197 \text{ м}$ ,  $v = 6500 \text{ м}/\text{ч}$ ,

$$K = 1 \left( \frac{0,010}{390,0} \right) \cdot 0,197 \cdot 6500 \cdot 10 = 0,329, \quad M = 0,026,$$

$$l = \frac{0,026 \cdot 390^2 \cdot 40,0}{36 \cdot 1 \cdot 5,95 \cdot 10^2} = 7,3 \text{ м},$$

принимаем 7,0 м;

16) расстояние между соплами 15 и 16:

$$Q = 390 + 1 \cdot 5,95 = 396,0 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$K = 1 \left( \frac{0,010}{396,0} \right) \cdot 0,198 \cdot 6500 \cdot 10 = 0,323, \quad M = 0,026,$$

$$l = \frac{0,026 \cdot 396,0^2 \cdot 40,0}{36 \cdot 1 \cdot 5,95 \cdot 10^2} = 7,6 \text{ м},$$

принимаем 8 м;

17) расстояние между соплами 16 и 17:

$$Q = 390,0 + 2 \cdot 5,95 = 402,0 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$K = 1 \left( \frac{0,010}{402,0} \right) \cdot 0,200 \cdot 6550 \cdot 10 = 0,326, \quad M = 0,026,$$

$$l = \frac{0,026 \cdot 402,0^2 \cdot 40,0}{36 \cdot 1 \cdot 5,95 \cdot 10^2} = 7,8 \text{ м},$$

принимаем 8 м;

18) расстояние между соплами 17 и 18:

$$Q = 390,0 + 3 \cdot 5,95 = 408 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$K = 1 \left( \frac{0,010}{408,0} \right) \cdot 0,201 \cdot 6550 \cdot 10 = 0,324, \quad M = 0,026,$$

$$l = \frac{0,026 \cdot 408,0^2 \cdot 40,0}{36 \cdot 1 \cdot 5,95 \cdot 10^2} = 8,0 \text{ м},$$

принимаем 8,0 м;

19) расстояние между соплами 18 и 19:

$$Q = 390,0 + 4 \cdot 5,95 = 414,0 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$K = 1 \left( \frac{0,010}{414,0} \right) \cdot 0,202 \cdot 6600 \cdot 10 = 0,32, \quad M = 0,025,$$

$$l = \frac{0,025 \cdot 414,0^2 \cdot 40,0}{36 \cdot 1 \cdot 5,95 \cdot 10^2} = 7,9 \text{ м},$$

принимаем 8,0 м;

20) расстояние между соплами 19 и 20:

$$Q = 390 + 5 \cdot 5,95 = 420,0 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$K = 1 \left( \frac{0,010}{420,0} \right) \cdot 0,203 \cdot 6650 \cdot 10 = 0,32, \quad M = 0,025,$$

$$l = \frac{0,025 \cdot 420,0^2 \cdot 40,0}{36 \cdot 1 \cdot 5,95 \cdot 10^2} = 8,1 \text{ м},$$

принимаем 8,0 м;

21) расстояние между соплами 20 и 21:

$$Q = 390 + 6 \cdot 5,95 = 426,0 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$K = 1 \left( \frac{0,010}{426,0} \right) \cdot 0,204 \cdot 6600 \cdot 10 = 0,32, \quad M = 0,025,$$

$$l = \frac{0,025 \cdot 426,0^2 \cdot 40,0}{36 \cdot 1 \cdot 5,95 \cdot 10^2} = 8,4 \text{ м},$$

принимаем 8 м.

Для удобства монтажа в магистральном канале принимаем однокановое расстояние между побудительными соплами, т. е. 8,0 м.

Пример 3. Исходные данные: расчетный расход гидросмеси  $Q = 550 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; консистенция гидросмеси  $C_s = 10\%$ ; крупность шлака  $d_0 = 4,0 \text{ мм}$ ; плотность шлака (удельный вес)  $\gamma = 2,8$ ;  $r_{обл} = 200 \text{ мм}$ ;  $n = 0,012$ .

Определить критическую скорость и уклон дна канала при гидравлическом транспорте жидкого шлака:

1) по табл. 7 для  $d_0 = 4,0 \text{ мм}$  и  $\gamma = 2,8$   $W_0 = 28,1 \text{ см/сек}$ ;

2) для канала  $r_{обл} = 200 \text{ мм}$ , задаваясь  $h = 0,06 \text{ м}$ ;  $0,09 \text{ м}$ ;  $0,12 \text{ м}$ ;  $0,15 \text{ м}$ , строим криевые  $\omega = f(h)$ ,  $\chi = f(h)$ ,  $R = f(h)$ , представленные на рис. 8 (приложение 1);

3) по формуле (5) скорость  $v^*$  м/сек для тех же значений  $h$  и соответствующих  $R$ ;  $h = 0,06 \text{ м}$ ;  $R = 0,038 \text{ м}$  (рис. 8);

$$v^* = 0,281 \left[ 4 + 2,8 \left( \frac{9,81 \cdot 0,004}{0,281^2} \right)^{1/4} \cdot 10^{1/4} \cdot \left( \frac{0,038}{0,004} \right)^{2/5} \right] = 3,52 \text{ м/сек};$$

$$h = 0,09 \text{ м}; \quad R = 0,055 \text{ м};$$

$$v^* = 0,281 \left[ 4 + 2,8 \left( \frac{9,81 \cdot 0,004}{0,291^2} \right)^{1/2} \cdot 10^{1/4} \cdot \left( \frac{0,055}{0,004} \right)^{1/5} \right] = 3,9 \text{ м/сек};$$

$$h = 0,12 \text{ м}; R = 0,069 \text{ м};$$

$$v^* = 0,281 \left[ 4 + 2,8 \left( \frac{9,81 \cdot 0,004}{0,281^2} \right)^{1/2} \cdot 10^{1/4} \cdot \left( \frac{0,069}{0,004} \right)^{1/5} \right] = 4,20 \text{ м/сек.}$$

$$h = 0,15 \text{ м}; R = 0,082 \text{ м};$$

$$v^* = 0,281 \left[ 4 + 2,8 \left( \frac{9,81 \cdot 0,004}{0,281^2} \right)^{1/2} \cdot 10^{1/4} \cdot \left( \frac{0,082}{0,004} \right)^{1/5} \right] = 4,39 \text{ м/сек.}$$

4) для вычисленных  $v^*$  и  $\omega = f(h)$  по графику рис. 8  $Q = v^* \omega$ :

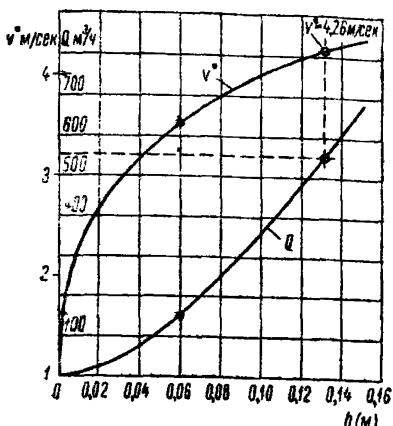


Рис. 2. График зависимости  $v^*$  и  $Q = f(h)$ .

$$Q = 3,52 \cdot 0,012 \cdot 3600 = 152 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$Q = 3,9 \cdot 0,022 \cdot 3600 = 310 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$Q = 4,2 \cdot 0,032 \cdot 3600 = 481 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$Q = 4,39 \cdot 0,043 \cdot 3600 = 680 \text{ м}^3/\text{ч};$$

5) по вычисленным  $v^* = f(h)$  и  $Q = f(h)$  строим кривые, представленные на рис. 2;

6) по кривым  $v^* = f(h)$  и  $Q = f(h)$  для расхода гидросмеси  $550 \text{ м}^3/\text{ч}$   $v^* = 4,26 \text{ м/сек}$

$$\omega_{kp} = 0,7 \cdot 4,26 = 2,98 \text{ м/сек};$$

7) для  $Q = 550 \text{ м}^3/\text{ч}$  и  $\omega_{kp} = 2,98 \text{ м/сек}$ :

$$\omega_{kp} = \frac{550}{2,98 \cdot 3600} = 0,0507 \text{ м}^2;$$

8) по графику рис. 8 для  $\omega_{kp} = 0,0507 \text{ м}^2$   $h_{kp} = 0,17 \text{ м}$  и  $R_{kp} = 0,09 \text{ м}$

9) уклон дна канала по формуле (6)

$$I = \frac{\omega_{kp}^2}{C^2 R_{kp}} = \frac{2,98^2}{56^2 \cdot 0,09} \cdot 100 = 3,2\%,$$

$C$  — определяется по графику рис. 3; при  $n = 0,012$  и  $R_{kp} = 0,09 \text{ м}$   $C = 56$ .

Пример 4. Исходные данные: золошлаковая пульпа малой абразивности поступает в центральную багерную насосную станцию по двум параллельным магистральным каналам  $r_{обл} = 250 \text{ мм}$ ;  $n = 0,012$ ;  $I = 0,02$ .

Рассчитать распределительную систему с донными отводами для центральной багерной станции.

Общий расход пульпы в различные моменты времени устанавливается  $Q_{общ} = 1200 \text{ м}^3/\text{ч}$  и  $2400 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Производительность багерного насоса  $Q_{баг} = 1300 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

1. Расчетный расход пульпы по магистральному каналу:

$$Q = \frac{2400}{2} = 1200 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,334 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

2. По графику зависимости  $Q = f(h)$  (рис. 10) определяется  $h = 0,266 \text{ м}$ , соответствующая  $Q = 1200 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

3. По графику зависимости  $\omega = f(h)$  (рис. 10) определяется  $\omega = 0,106 \text{ м}^2$ , соответствующая  $h = 0,266 \text{ м}$ .

4. Ширина потока по свободной поверхности

$$B_n \cong 2r_{\text{обл}} = 2 \cdot 0,25 = 0,50 \text{ м при } h \geq r_{\text{обл}}.$$

5. Число Фруда потока в магистральном канале по формуле (8):

$$Fr = \frac{E_n Q^2}{g \omega^3} = \frac{0,5 \cdot 0,334^2}{9,81 \cdot 0,106^3} = 4,8.$$

6. Длина фронта отвода по п. 4.6:

$$a_d = 0,5B = 0,5 \cdot 0,5 = 0,25 \text{ м.}$$

7. По табл. 8 при  $Fr = 4,9$  интерполяцией определяется опытный коэффициент  $\beta_d = 3,6$ .

8. По формуле (7) ширина доиного отвода

$$b_d = \beta_d h = 3,6 \cdot 0,266 = 0,96 \text{ м.}$$

9. В соответствии с п. 4.8 расстояние между отводами из условия:

a)  $L \geq 1,5B \quad Fr = 1,5 \cdot 0,5 \cdot 4,8 = 3,6 \text{ м};$

б)  $L \geq 2b_d = 2 \cdot 0,96 = 1,92 \text{ м},$  принимается  $L = 3,6 \text{ м.}$

10. Количество одновременно работающих насосов

$$n_{\text{раб}} = \frac{Q_{\text{общ}}}{Q_{\text{б.н}}} = \frac{2400}{1300} \approx 2,$$

11. При  $n_{\text{раб}} = 2$  и шлаке малой абразивности по табл. 11  $A = 2,0.$

12. По формуле (10) общее количество багерных насосов

$$n_{\text{общ}} = An_{\text{раб}} = 2 \cdot 2 = 4.$$

Общая компоновка распределительной системы приведена на рис. 5, а  
При мер 5. Для исходных данных примера 4 рассчитать систему с  
боковыми отводами при изменении расхода пульпы в различные моменты  
времени  $Q_{\text{общ}} = 740 \text{ м}^3/\text{ч}; 1480 \text{ м}^3/\text{ч}; 2220 \text{ м}^3/\text{ч}.$

Производительность багерного насоса  $Q_{\text{б.н}} = 740 \text{ м}^3/\text{ч}.$  Определяем:

1. Расчетный расход пульпы по магистральному каналу

$$Q = \frac{Q_{\text{общ}}}{2} = \frac{2200}{2} = 1110 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,306 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

2. По графику зависимости  $Q = f(h)$  (рис. 10) при  $Q = 1110 \text{ м}^3/\text{ч} \quad h = 0,255 \text{ м.}$

3. По графику зависимости  $\omega = f(h)$  (рис. 10) при  $h = 0,255 \text{ м} \quad \omega = 0,0996 \text{ м}^2.$

4. Ширина потока по свободной поверхности  $B_n = 2r_{\text{обл}} = 2 \cdot 0,25 = 0,50 \text{ м}$  при  $h \geq r_{\text{обл}}.$

5. Число Фруда потока в магистральном канале по формуле (8):

$$Fr = \frac{E_n Q^2}{g \omega^3} = \frac{0,50 \cdot 0,306^2}{9,81 \cdot 0,0996^3} = 4,82.$$

6. Количество одновременно работающих насосов

$$n_{\text{раб}} = \frac{Q_{\text{общ}}}{Q_{\text{б.н}}} = \frac{2220}{740} = 3.$$

7. По табл. 11 при  $n_{\text{раб}} = 3 \quad A = 2,0.$

8. По формуле (10) общее число багерных насосов  $n_{\text{общ}} = An_{\text{раб}} = 2 \cdot 3 = 6.$

9. По табл. 10 при  $n_{раб} = 3$ :

- для отвода 1  $K = 1/3$ ; для отвода 4  $K = 1/2$ ;  
для отвода 2  $K = 1/3$ ; для отвода 5  $K = 1$ ;  
для отвода 3  $K = 1/2$ ; для отвода 6  $K = 1$ .

10. По табл. 9 при  $\alpha < 20^\circ$ ,  $Fr = 4,82$  интерполяцией определяется:

- для  $K = 1/3 \quad \beta = 3,764$ ;  
для  $K = 1$  и  $K = 1/2 \quad \beta = 5,616$ .

11. По формуле (9) при  $\alpha < 20^\circ$

- при  $K = 1/3 \quad b = \beta B = 3,764 \cdot 0,5 = 1,78 \text{ м}$ ;  
при  $K = 1$  и  $K = 1/2 \quad b = \beta B = 5,616 \cdot 0,5 = 2,81 \text{ м}$ .

Учитывая размеры перекрывающих шандор, по конструктивным соображениям для отводов 1 и 2 принимается  $\alpha = 20^\circ$ ,  $b = 1,78 \text{ м}$ , а для отводов 3—6 устанавливается режим регулирования при  $b = B = 0,5 \text{ м}$  с применением затвора регулятора с вертикальной осью вращения.

12. В соответствии с п. 4.9:

$$L = 1,5B Fr = 1,5 \cdot 0,5 \cdot 4,82 = 3,61 \text{ м.}$$

13. Конструкция затвора-регулятора и режим регулирования для отводов 3—6 устанавливаются в соответствии с п.п. 4.12 и 4.13.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамович Г. Н. Теория турбулентных струй. Физматгиз, 1960.
2. Асатур К. Г. Давление изогнутой струи на плоскую стенку. Изв. высш. учебн. завед. Горный журнал, 1961, № 7.
3. Абальяц С. Х. Транспорт пульпы в открытом русле. «Гидротехническое строительство», 1957, № 6.
4. Гавырин Н. И. Исследование гидромониторных струй. Изв. АН СССР, ОТИ, № 7, 1939.
5. Емцев Б. Т. Двухмерные бурие потоки. Госэнергоиздат, 1967.
6. Ивакин В. В. Методы расчета безнапорного гидравлического транспорта. Труды ин-та горного дела. Уральский филиал АН СССР, вып. 3, 1962.
7. Иванов Ю. В. и Суй Х. Н. Исследование развития струи в спутном потоке. Изв. АН СССР, серия техн. и физ.-мат. НТ VII, № 2, 1958.
8. Кнороз В. С. Безнапорный гидротранспорт и его расчет. Известия ВНИИГ, т. 44. Госэнергоиздат, 1951.
9. Кривобок К. П. и Шавловский С. С. Самотечный гидротранспорт для породы на гидрошахтах. «Уголь Украины», 1960, № 9.
10. Куприн А. И. Безнапорный гидротранспорт. «Недра», 1964.
11. Мелентьев В. А. Нагли Е. З. Гидрозолоудаление и золоотвалы. «Энергия», 1968.
12. Нагли Е. З. Наладка и испытание систем гидрозолоудаления с центральными гидроаппаратами Москалькова и багерными насосами. Сб. «Гидрозолоудаление на электростанциях». Госэнергоиздат, 1957.
13. Нагли Е. З. Руководящие указания по проектированию на электростанциях систем гидрозолоудаления с центральным аппаратом Москалькова. Госэнергоиздат, 1958.
14. Никонов Г. П. и Славутский С. О. Гидромеханизация в угольной промышленности. Углехимиздат, 1952.
15. Терстепанов Г. А. Гидромониторные работы. Стройвоемориздат, 1948.
16. Франкл Ф. И. О боковом водозаборе из быстрых мелких рек. Киргизский гос. университет. Труды физико-математического факультета, вып. II, 1953.
17. Rajaratnam N. Constant velocity concept in supercritical branch flow. Journ. of the Central Board of Irrigation and Power. January, 1960.

**Замеченные опечатки**

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
25	14 сверху	110 м	11,0 м
27	7 .	0,5 м	5,0 м
30	1 .	<u>9,81·0,004</u> 0,291 <sup>2</sup>	<u>9,81·0,004</u> 0,281 <sup>2</sup>
32	9 сверху	3,764·0,5	3,564·0,5

Указания по расчету внутристанционного беспарного гидравлического транспорта золошлакового материала.