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

УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ ВНУТРИСТАНЦИОННОГО БЕЗНАПОРНОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА ЗОЛОШЛАКОВОГО МАТЕРИАЛА

ВСН 44-71
Минэнерго СССР



gost.e-ecolog.ru

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

УКАЗАНИЯ 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»
Ленинградское отделение

УДК 621.867.7(083.75)
УК 41

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Введение 3

1. Основные положения. Область применения 4
2. Расчет принудительного безнапорного гидротранспорта золошлакового материала 4
3. Расчет самотечного безнапорного гидротранспорта золошлакового материала 10
4. Расчет распределительных систем центральных багерных насосных станций 13

Приложения

1. Графики для определения величин Q, v, h, ω, R, χ 18
2. Примеры расчета безнапорного гидротранспорта золошлакового материала 23

Литература 32

Указания по расчету внутристанционного безнапорного 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 60×90¹/₁₆.
Зак. 199. Тир. 1500. Цена 22 коп.

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

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время на большинстве электрических стаиций Советского Союза, работающих на твердом топливе, гидравлический способ удаления золошлакового материала осуществляется безнапориым транспортом по открытым каналам до багериых насосных н напорным транспортом от багерных насосных до золоотвала.

При благоприятном рельефе местности, имеющем геометрический уклон, необходимый для движения гидросмесн под действнем силы тяжести, иапорный гидротранспорт может быть замеиен безиапорным по открытым каналам.

Виутри здания ТЭС невозможно, как правило, создать уклон дна открытых каналов, достаточный для двнжеиия гидросмеси, поэтому приходится прнменять дополнительиое воздействие струй воды из побудительных сопел.

При проектировании систем гидрозолоудаления расчет безиапориого гидротраиспорта и распределительиой системы багериых насосных стаиций производится на основании материалов ограиичеиного числа иатурных наблюдений, что затрудияет обоснованный выбор осиовных параметров гидротранспортных систем.

Вследствие этого в 1966—1969 гг. в Лабораторнн гидропневмотранспорта золошлакового материала и грунтов ВНИИГа им. Б. Е. Веденеева выполнена на двух эксперимеитальиых лотках с учетом данных, полученых в натурных условиях, опытиая работа по обосиованию инженерного метода гидравлического расчета систем безнапорного самотечного и принудительного гидротраиспорта золошлакового матернала.

В Гидравлической лаборатории Сибирского филиала ВНИИГ проведеиы натурные и лабораториые исследования распределительных систем центральиых багериых насосных стаиций. Результаты всех этих исследований положены в осиову иастоящих Указаний.

Предполагается, что после проведения дополиительных исследований иа лотке бо́льшего размера, по сравнению с тем, на котором проводились эксперименты, настоящие Указания, касающиеся расчета безнапорного принудительного гидротраиспорта золошлакового материала, будут расширены в сторону бо́льших 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 гидропневмотраиспорта 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. Казобиа и Л. В. Пятибратова (разд. 4).

При составлеиии Указаний использоваиы материалы исследоваиий по изучению самотечного гидротраиспорта золошлакового материала, которые велись Г. Л. Поповой на экспериментальиом 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 — $v_{кр}$, 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_c, *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 $P_т$, *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 дяа 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 гидротраиспорта 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* / d_c, *мм*	Мощность одного сопла N_c, *квт*				
	40	50	60	70	80
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

Радиусы закругления поперечных сечений облицованной части каналов $r_{обл}$, *мм*	Расход гидросмеси Q, *м³/ч*									
	$I = 1\%$		$I = 2\%$		$I = 3\%$		$I = 4\%$		$I = 5\%$	
	$n = 0{,}011$	$n = 0{,}012$	$n = 0{,}011$	$n = 0{,}012$	$n = 0{,}011$	$n = 0{,}012$	$n = 0{,}011$	$n = 0{,}012$	$n = 0{,}011$	$n = 0{,}012$
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 наполиеиию 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* иа 30%; для $r_{обл} = 175$ *мм* на 25%; для $r_{обл} = 200$ *мм*, 225 *мм* на 20%.

2.7. Каналы или лотки проектнруются с облицовкой из типовых базальтовых вкладышей. В отдельных случаях может примеияться стальиая, чугун-

ная и деревянная облицовки. Коэффициент 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.

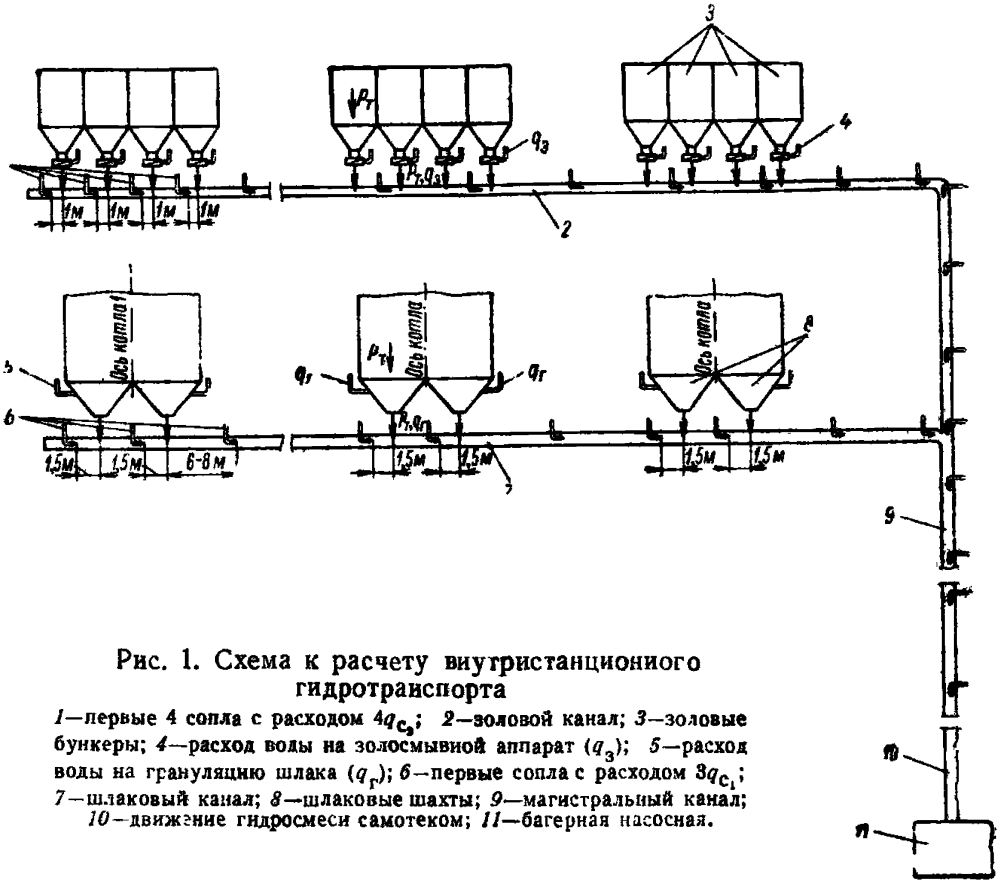

Рис. 1. Схема к расчету внугристанционного гидротранспорта

1—первые 4 сопла с расходом $4q_{c_2}$; *2*—золовой канал; *3*—золовые бункеры; *4*—расход воды на золосмывной аппарат ($q_з$); *5*—расход воды на грануляцию шлака ($q_г$); *6*—первые сопла с расходом $3q_{c_1}$; *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.

Таблица 3

Напор воды в соплах *H*, *м*	Диаметр сопел d_c, *мм*	Суммарный расход воды, подаваемой на три сопла $3q_{c_1}$, *м³/ч*
40—50	18	61,5—68,7
60—70	16	55,8—60,0
80	14	49,0

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:

$$l = \frac{MHQ^3}{mP_T q_{c_2}} \cdot 10^{-2},\ м, \qquad (1)$$

где *H* — напор воды в сопле, *м*; $Q = 3q_{c_1} + mq_г + nq_{c_2}$ — расход воды в канале на участке до рассматриваемого сопла, *м³/ч*; $3q_{c_1}$ — расход воды первых трех сопел (принимается по табл. 3); *m* — число шлаковых шахт или ванн; $q_г$ — расход воды на грануляцию шлака (принимается по действующим Указаниям по проектированию гидравлического шлакозолоудаления); nq_{c_2} — расход воды *n* — сопел; P_T — весовой расход шлака, выходящего из одной шлаковой шахты или ванны, *т/ч*; q_{c_2} — расход воды, подаваемой на сопло, *м³/ч* (принимается по табл. 4).

При совместном гидротранспорте шлака и золы весовой расход твердого материала принимается только по шлаку mP_T, *т/ч*.

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

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

где *h* — глубина условно принятого равномерного потока чистой воды в канале, *м*; *v* — скорость этого потока, *м/ч*; α — 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 ω — площадь поперечного сечения потока воды; χ — смоченный периметр; *R* — гидравлический радиус поперечного сечения потока воды.

Расход воды q_{c_2}, $м^3/ч$ на сопло в зависимости от диамет

d_c, мм \ H, м	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
α	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

$$v = C\sqrt{RI}, \quad м/сек, \tag{3}$$

где C —коэффициент Шези, определяемый:

а) при $R \leqslant 0{,}2$ *м* по графику рис. 3;

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

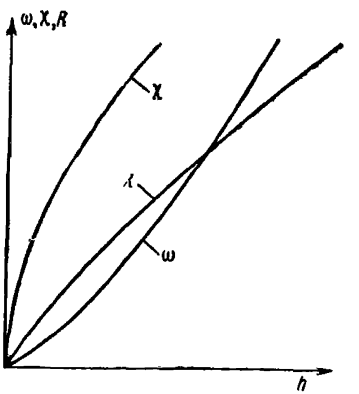

Рис. 2. График $\omega = f(h)$, $\chi = f(h)$, $R = f(h)$.

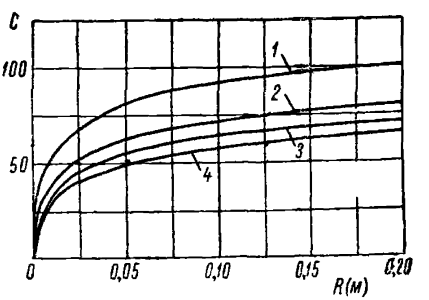

Рис. 3. График зависимости $C = f(n, R)$

1—сталь отшлифованная; *2*—сталь; *3*—дерево и чугун; *4*—базальт.

3) Для вычисленных v определяются $Q=v\omega$, причем площадь сечения потока ω 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, *м* и v, *м/сек*, или v, *м/ч*, входящие в формулу (1) п. 2.11.

Для облегчения определения Q, v, h, ω, R, χ 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°.

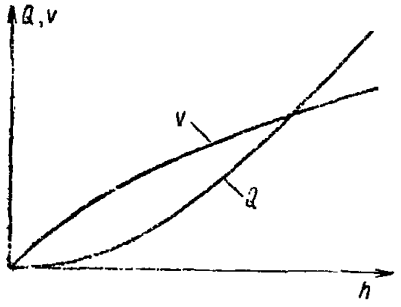

Рис. 4. График $Q=f(h)$ $v=f(h)$.

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:

$$n'q_3+nq_{c_2},\ м^3/ч,$$

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; $P_т$ — весовой расход золы, выходящей из одного бункера, *т/ч*. 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°.

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 $v_{кр}$ 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 золошлаковового материала;

консистенции 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*:

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

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:

$$C_s = \frac{P_т}{\gamma_в Q_в} \cdot 100\%, \qquad (4)$$

где $P_т$ — весовой расход твердого материала, *т/ч*; $\gamma_в$ — плотность воды, $т/м^3$); $Q_в$ — объемный расход воды, $м^3/ч$.

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:

$$v_{кр} = 0{,}7v^*, \ м/сек,$$

где

$$v^* = W_0\left[4 + 2{,}8\left(\frac{g d_0}{W_0^2}\right)^{1/2} C_s^{1/4}\left(\frac{R}{d_0}\right)^{2/5}\right], \ м/сек. \qquad (5)$$

Примечание. 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:

строятся, 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);

строятся 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 $v_{кр} = 0{,}7v^*$, *м/сек*.

3.9. Уклон дна канала или лотка вычисляется по формуле:

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

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

Таблица 7

d_0, *мм*	Гидравлическая крупность W_0, *см/сек* при плотности (удельном весе) материала γ					
	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 насосиая стаиция включает: а) распределительиую систему; б) рабочие, ремоитные и резервные багерные иасосы; в) систему переключеиия напориых пульпопроводов.

4.2. Распределнтельная система служнт для равиомерного распределения пульпы между одновременио работающими багериыми насосами.

4.3. В состав распределеиной системы входят:

а) магнстральный канал, являющийся продолжением внутристанциоиных золошлаковых каиалов и имеющий те же характеристики: уклои I, ширину B, радиус облицовки $r_{обл}$, шероховатость n, определяемые в соответствии с разделамн 2 и 3 этих Указаний;

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

в) оборудоваиие для регулироваиия и отключеиия подачи расхода пульпы в отводы.

4.4. Расчет распределительиой системы включает:

а) выбор конструкции системы;

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

в) определение расстояиия между отводами L;

г) определение общего количества багерных насосов, устанавливаемых в багерной иасосиой стаиции;

д) выбор режима эксплуатации и регулироваиия распределительиой системы.

4.5. При выборе конструкции распределительной системы рекомендуется применять:

а) доиные отводы при количестве одновременно работающнх 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 фроита донного отвода $a_д$ определяется из условия:

$$a_д = 0{,}5B, \text{ м}.$$

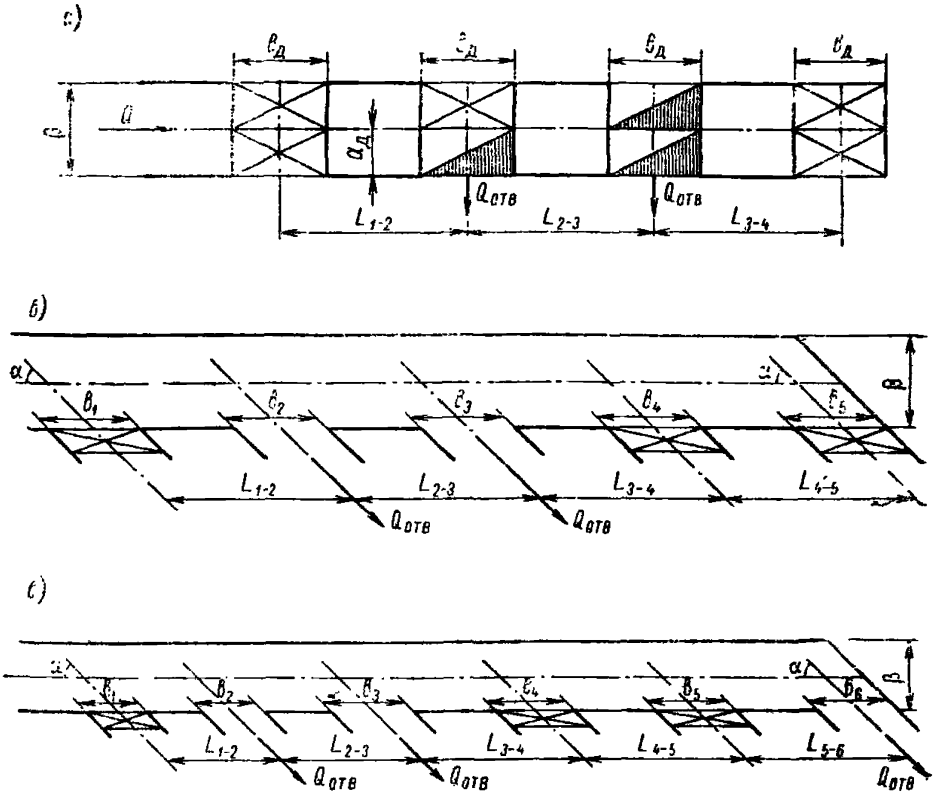

Рис. 5. Схема распределительной системы

а—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 $b_д$ определяется по формуле:

$$b_д = \beta_д h, \ м, \tag{7}$$

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

Таблица 8

Число Фруда в магистральном канале	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\beta_д$	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 каиале определяется по формуле:

$$Fr = \frac{B_п Q^2}{g\omega^3}, \tag{8}$$

Таблица 9

Относительный расход отвода K	Относительная ширина отвода β при числе Фруда потока в магистральном канале							
	1	2	3	4	5	6	7	8
При угле $\alpha \leqslant 20°$								
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 $\alpha = 60°$								
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 $\alpha = 90°$								
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 ω — площадь живого сечения потока в магистральном канале, определяемая по п. 2.11; $B_п$ — ширина потока по свободной поверхности, определяемая из условия:

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

4.7. Ширина бокового отвода b определяется по формуле:

$$b = \beta B \ (м), \tag{9}$$

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

Относительная ширина бокового отвода β 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 $Q_{отв}$ 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 $n_{раб}$	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:

$$L \geqslant 1{,}5B\,\mathrm{Fr},$$

но расстояние это должно быть не менее суммарной ширины Σb этих отводов.

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

$$n_{общ} = An_{раб}, \tag{10}$$

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 $b_{доп}$, допустимой по конструктивным и экономическим соображениям.

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

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

Таблица 11

Характеристика абразивности золошлаковых материалов	Коэффициент A при количестве насосов, работающих одновременно $n_{раб}$	
	2	⩾ 3
Шлаки повышенной абразивности, в том числе при жидком 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.

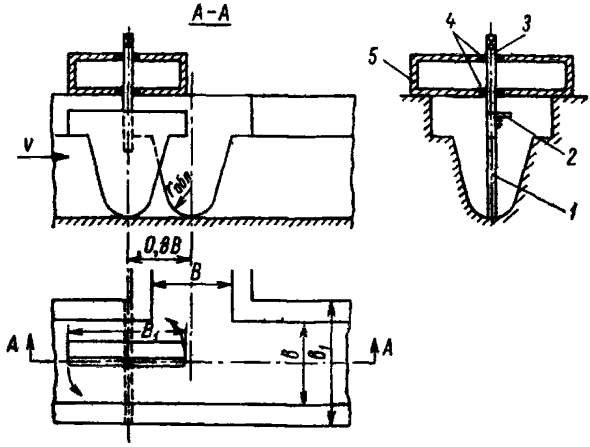

Рис. 6. Схема затвора-регулятора с вертикальной осью вращения

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 φ°, 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 φ°	34	30	23	20	18	16

Графики для определения величин Q; v; h; ω; R; χ

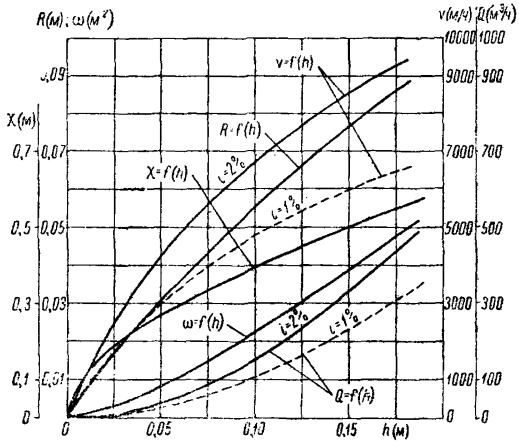

Рис. 1. $r_{обл} = 150$ *м.м*; $n = 0{,}011$.

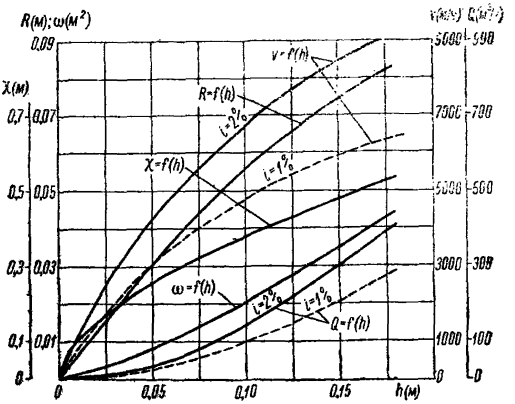

Рис. 2. $r_{обл} = 175$ *м.м*; $n = 0{,}011$.

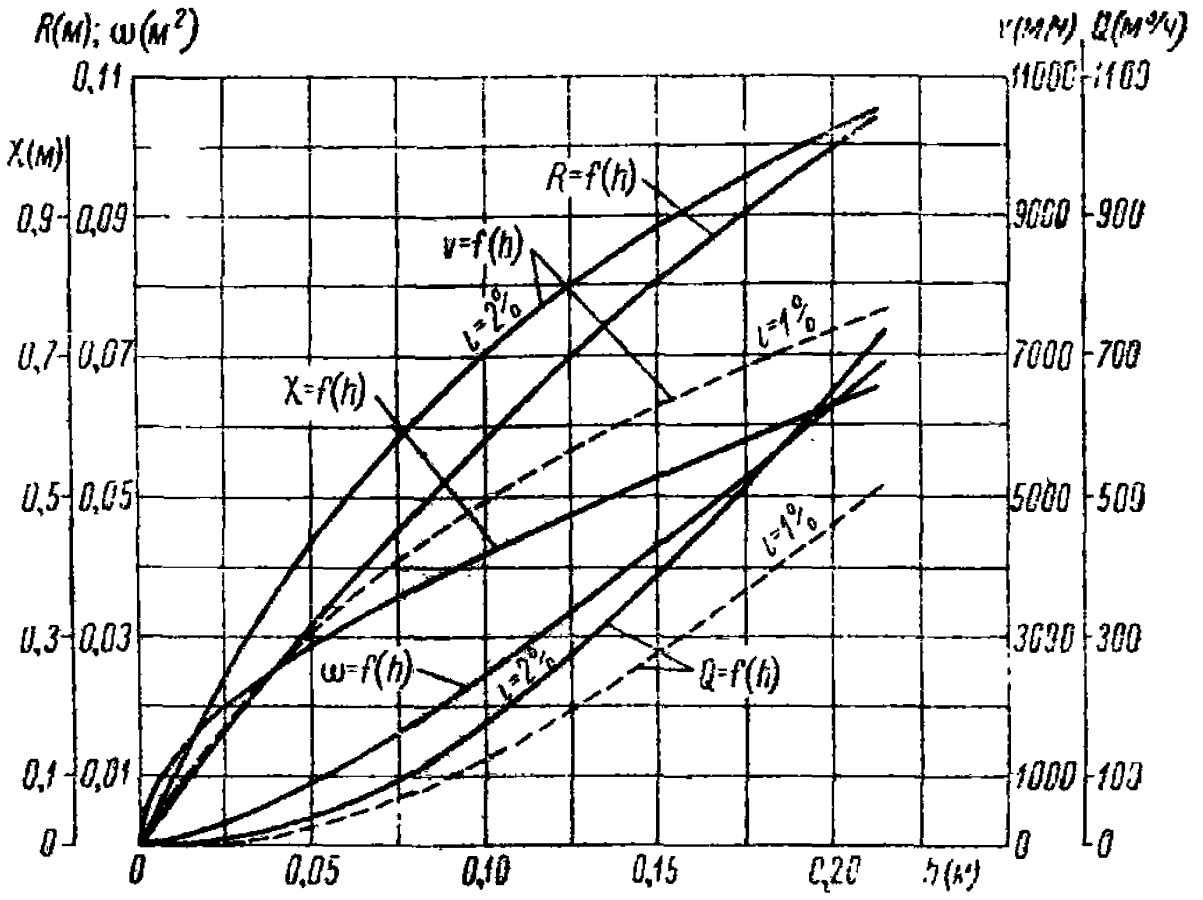

Рис. 3. $r_{обл} = 200$ *мм*; $n = 0{,}011$.

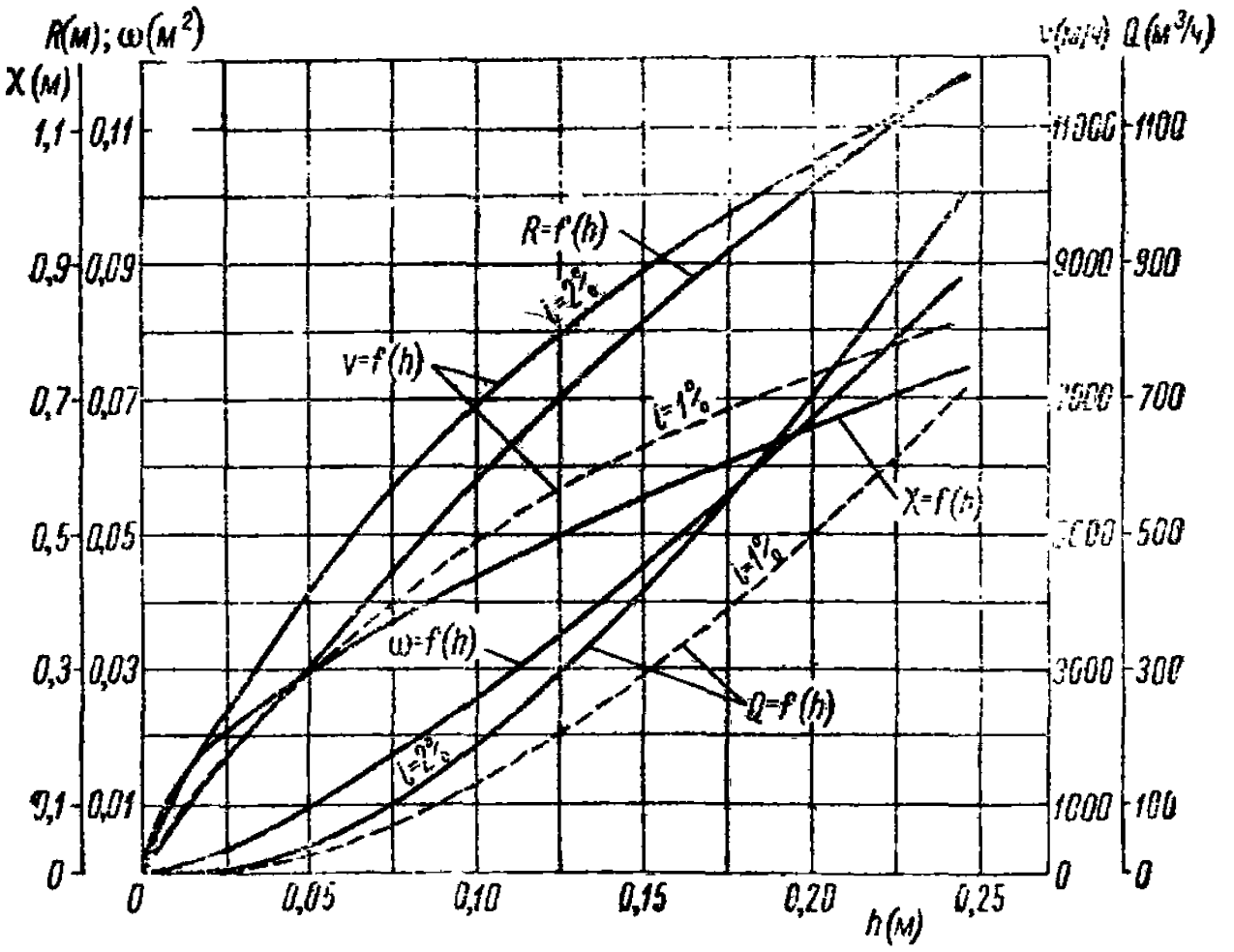

Рис. 4. $r_{обл} = 225$ *мм*; $n = 0{,}011$.

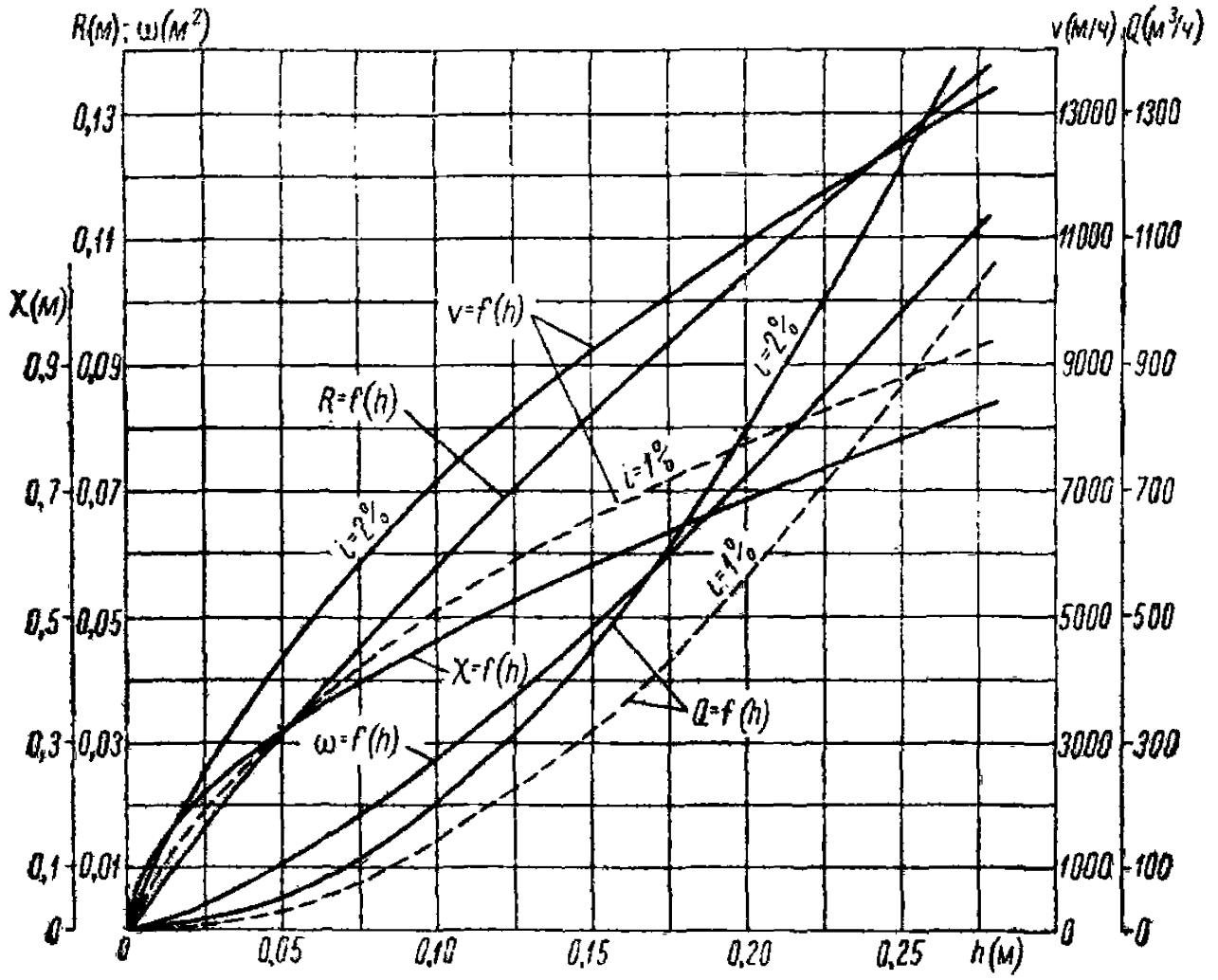

Рис. 5. $r_{обл} = 250$ *мм*; $n = 0{,}011$.

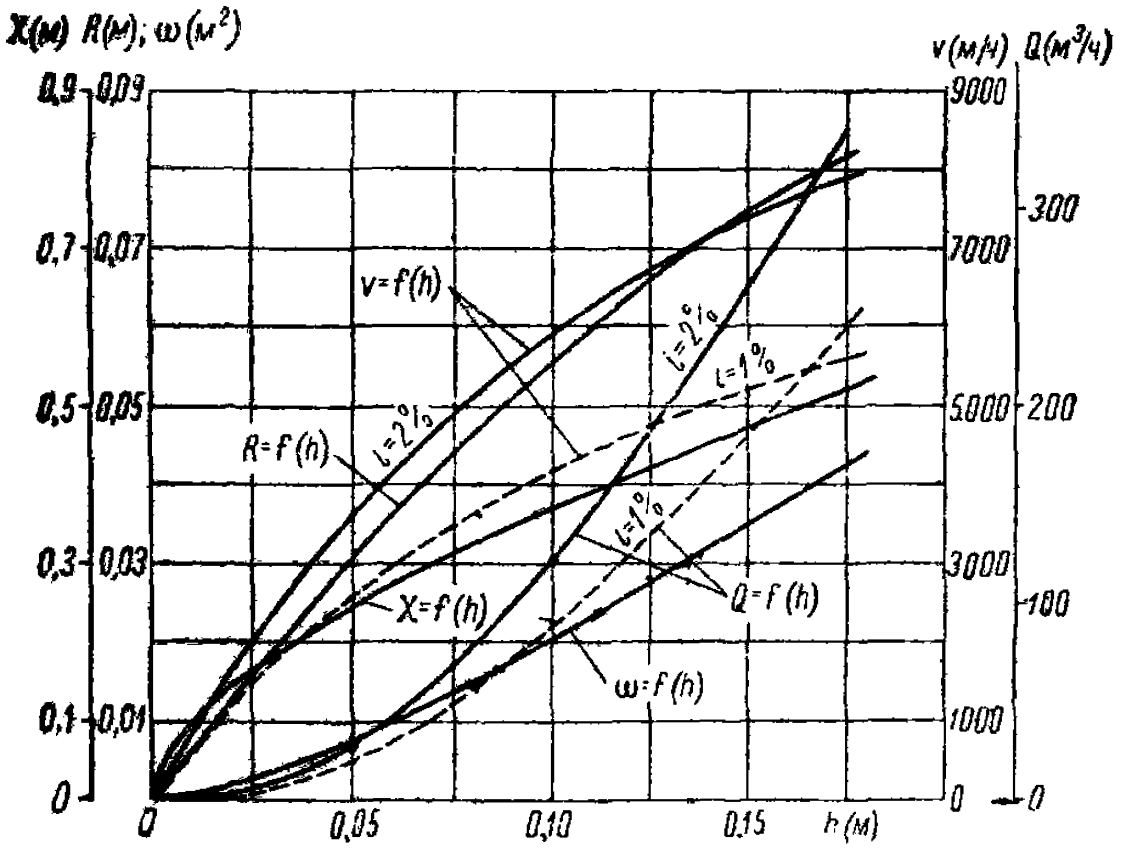

Рис. 6. $r_{обл} = 150$ *мм*; $n = 0{,}012$.

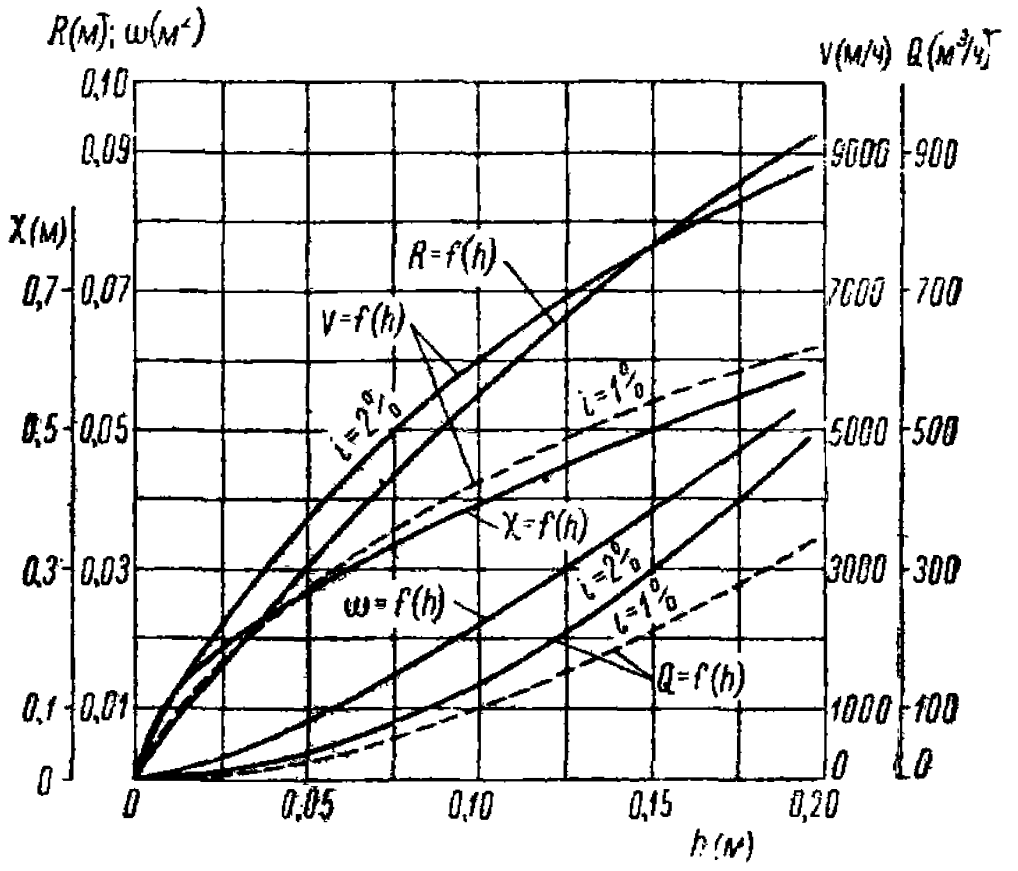

Рис. 7. $r_{обл} = 175$ *мм*; $n = 0{,}012$.

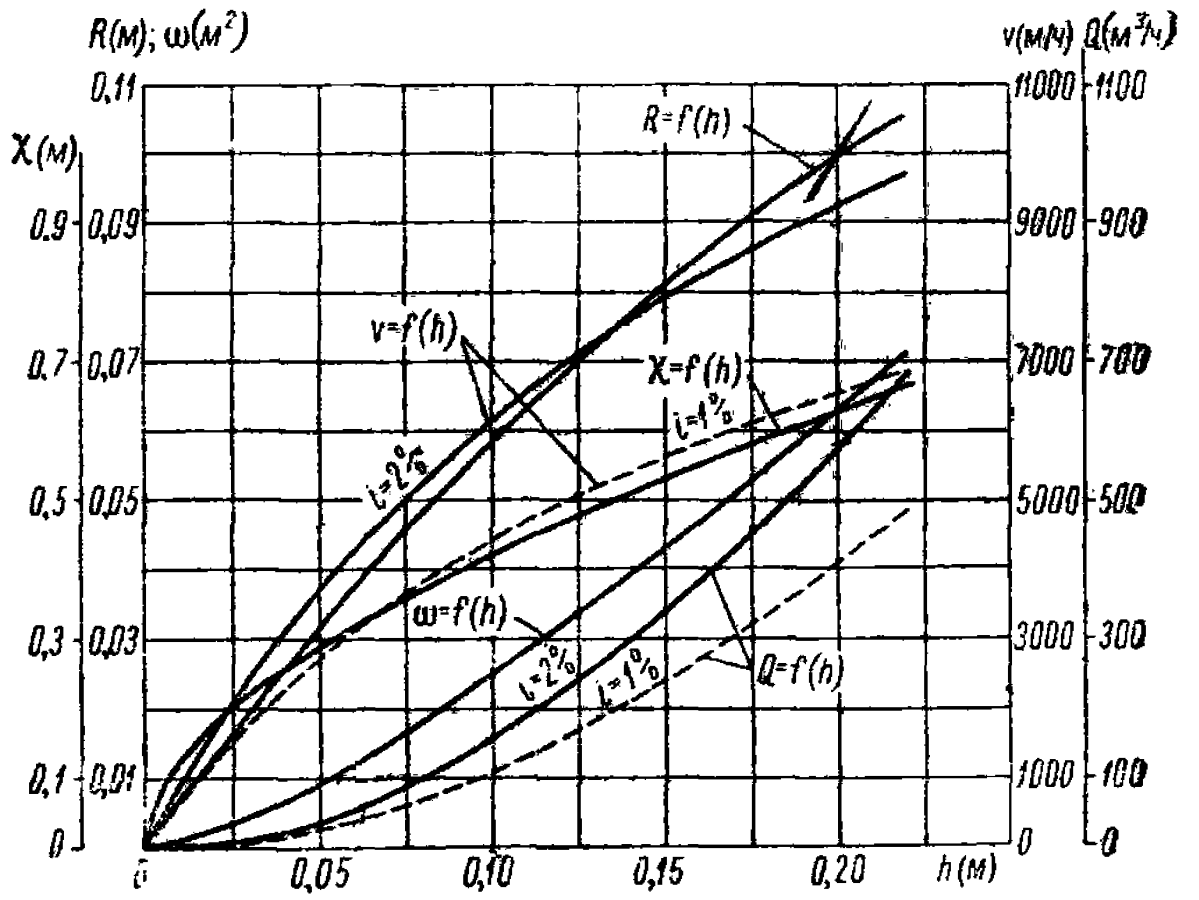

Рис. 8. $r_{обл} = 200$ *мм*; $n = 0{,}012$.

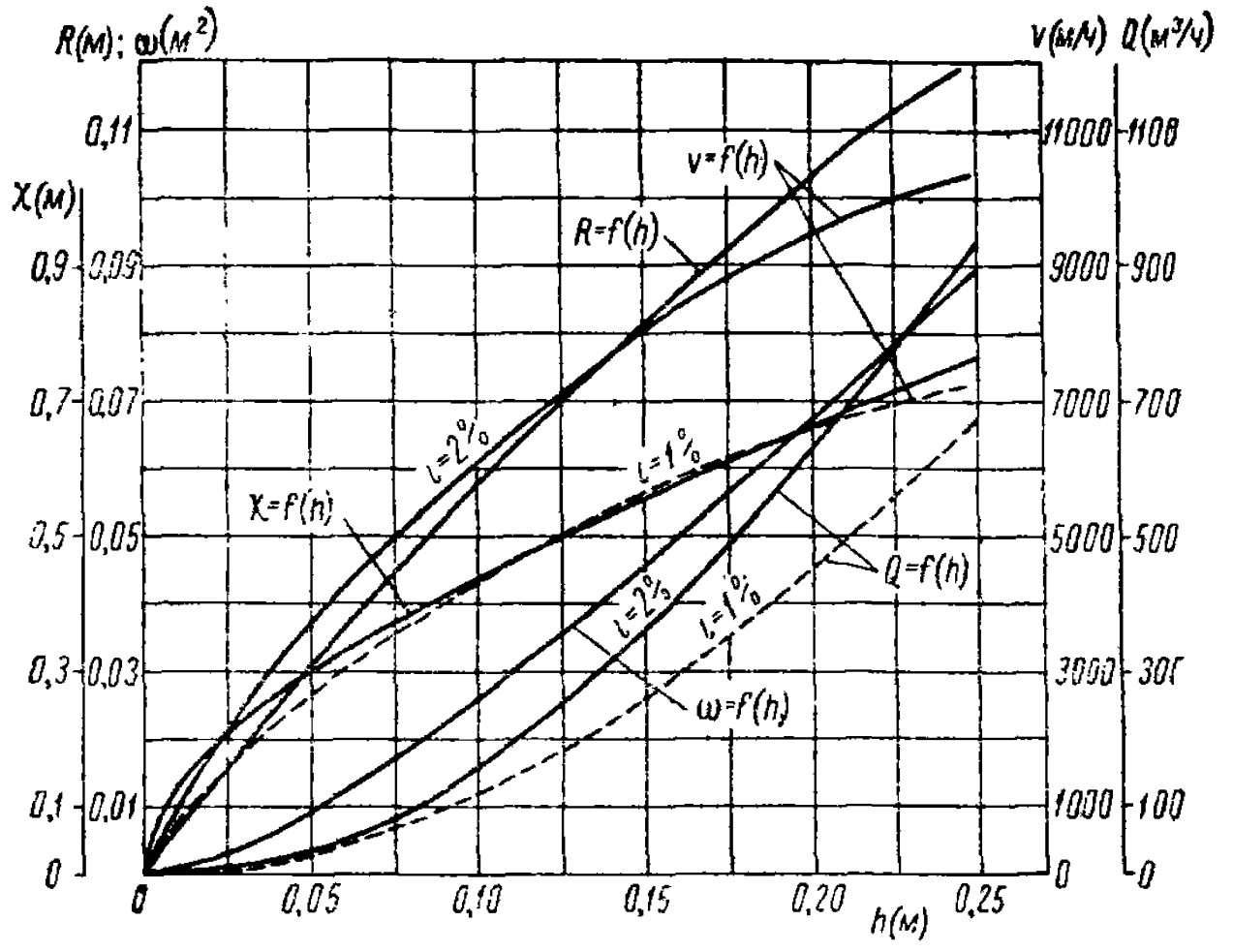

Рис. 9. $r_{обл} = 225$ *мм*; $n = 0{,}012$.

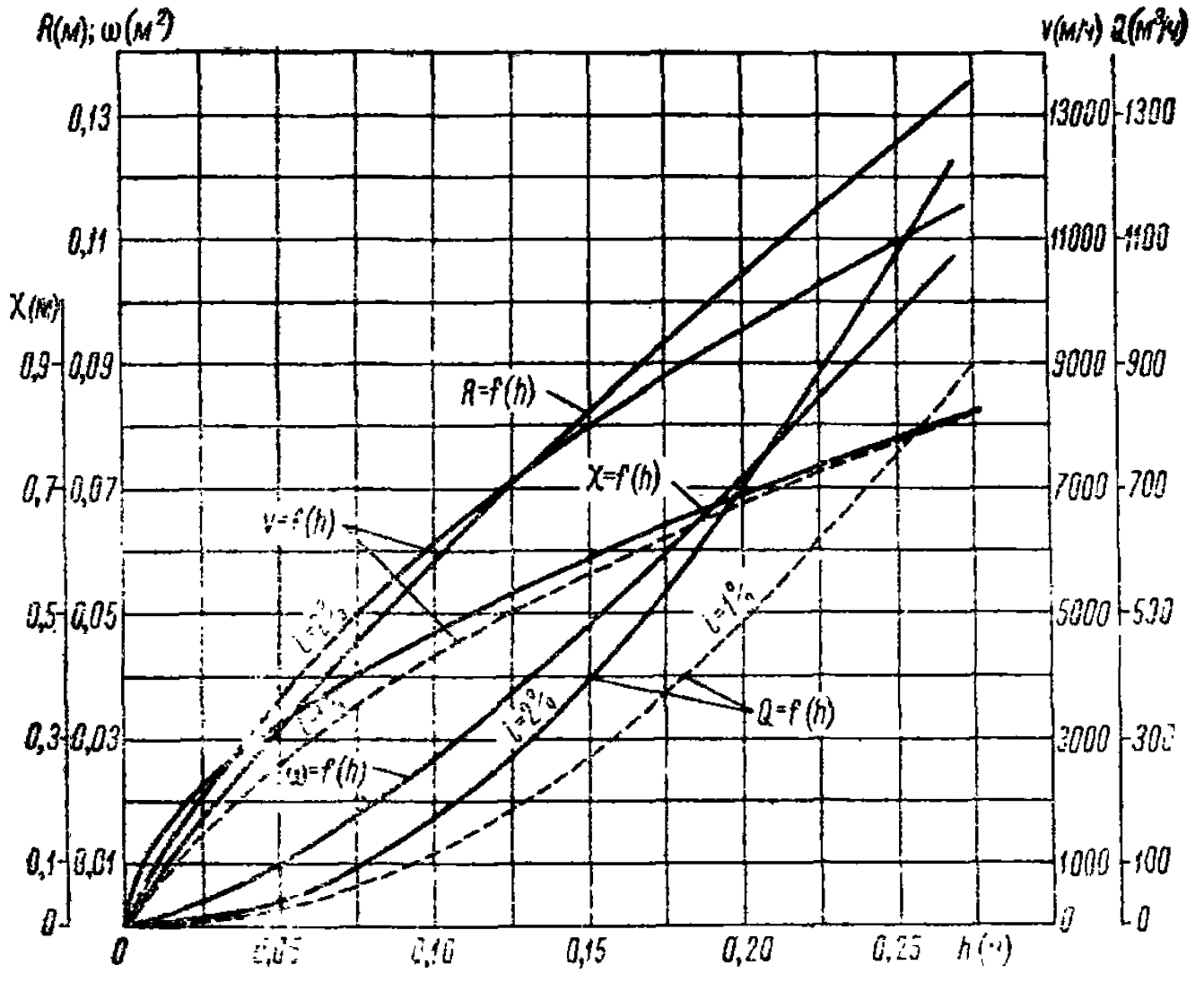

Рис. 10. $r_{обл} = 250$ *мм*; $n = 0{,}012$.

Примеры расчета безнапорного гидротранспорта золошлакового материала

Пример 1 (на действующей ТЭС). Исходные данные: длина канала $L = 126{,}0$ *м*; сопел 39; $I = 1{,}5\%$; $r_{обл} = 150$ *мм*; $n = 0{,}012$; напор воды в соплах $H = 40{,}0$ *м*; весовой расход шлака из одиой шлаковой ваины $P_т = 1{,}0$ *т/ч*; расход воды на грануляцию шлака одной шлаковой ванны $q_г = 5{,}0$ *м³/ч* (рис. 1, *а*).

Определить расстояния между побудительными соплами в шлаковом каиале:

1) при напоре воды $H = 40{,}0$ *м* по табл. 3 $d_с = 18$ *мм*, $3q_{с_1} = 61{,}5$ *м³/ч*;

2) при напоре воды $H = 40{,}0$ *м* по табл. 1 $N = 1{,}3$ *квт*, $d_с = 12$ *мм*; по табл. 4 $q_{с_2} = 8{,}6$ *м³/ч*;

3) для канала $r_{обл} = 150$ *мм*, задаваясь $h = 0{,}05$ *м*; 0,10 *м*; 0,15 *м*; 0,20 *м* строим кривые $\omega = f(h)$; $\chi = f(h)$ 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 *м/сек*;

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

Определяем:

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

$$l = \frac{MQ^2H}{mP_тq_{с_2}} 10^{-2},\ м;$$

$$Q = 3q_{с_1} + mq_г = 61{,}5 + 2 \cdot 5 = 71{,}5\ м^3/ч,$$

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

по табл. 6 $\alpha = 0{,}88$; по графику рис. 6 $h = 0{,}084$ *м*; $v = 4450$ *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 $K = 0{,}552$ $M = 0{,}145$,

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

Прнннмаем $l = 12{,}0$ *м* до устаиовленного сопла 4 под первой шлаковой ванной второго котла и $l = 8{,}0$ *м* до сопла 5 под второй шлаковой ванной этого же котла;

7) расстояние между соплами 5 и 6:

$$Q = 3q_{с_1} + mq_г + nq_{с_2} = 61{,}5 + 4 \cdot 5 + 2 \cdot 8{,}6 = 98{,}7\ м^3/ч;$$

по графнку рис. 6 $h = 0{,}099$ *м*, $v = 4950$ *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*;

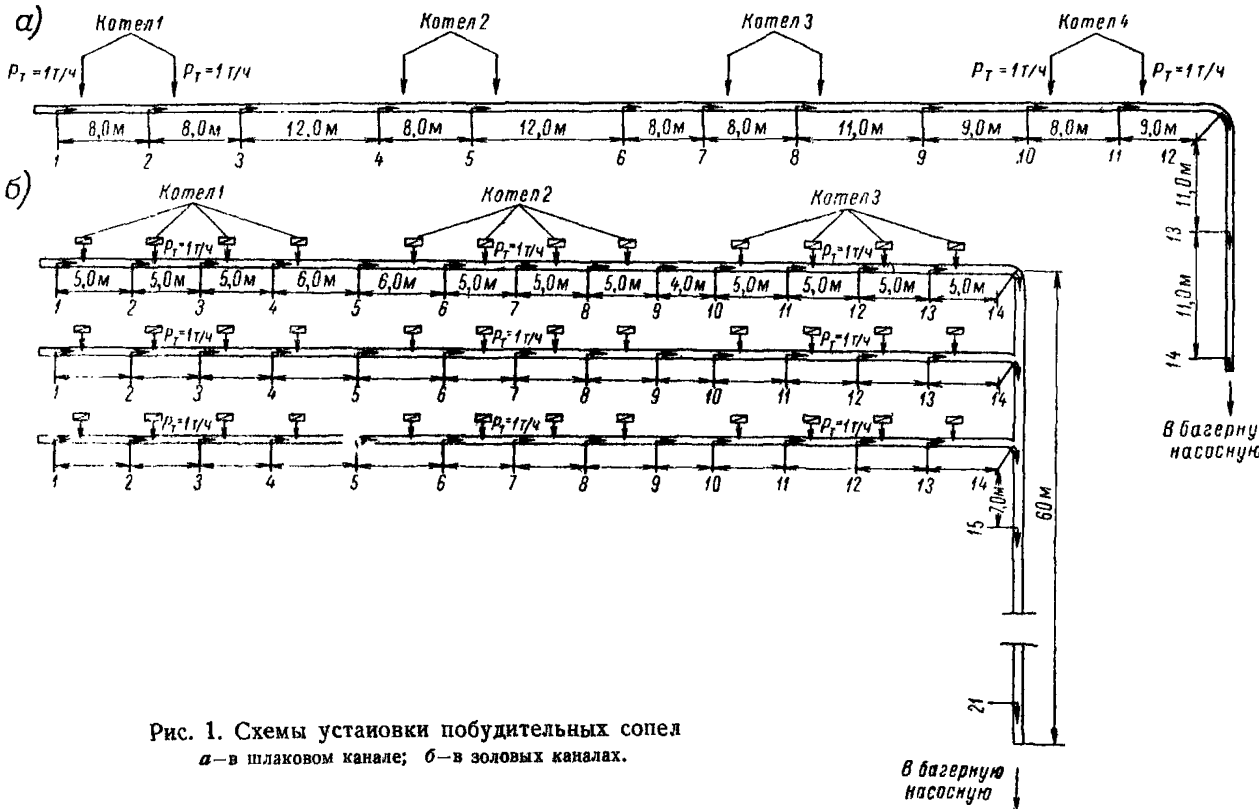

Рис. 1. Схемы устаиовки побудительных сопел

а—в шлаковом канале; *б*—в золовых каналах.

8) расстояние между соплами 6 и 7

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

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

по табл. 5 $M = 0{,}0945$,

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

принимаем $l = 8{,}0$ *м* до установленного сопла 7 под первой шлаковой ванной третьего котла и $l = 8{,}0$ *м* до сопла 8 под второй шлаковой ваниой этого котла;

9) расстояние между соплами 8 и 9;

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

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

по табл. 5 $M = 0{,}0778$,

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

принимаем 110 *м*;

10) расстояние между соплами 9 и 10:

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

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

по табл. 5 $M = 0{,}071$,

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

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

11) расстояние между соплами 11 и 12:

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

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

по табл. 5 $M = 0{,}065$,

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

принимаем $l = 9{,}0$ *м* с установкой его на повороте каиала (сопло 12);

12) расстояние между соплами 12 и 13:

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

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

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 $L = 150$ *м*; $n = 0{,}012$; $r_{обл} = 150$ *мм*; $I = 1{,}0\%$; весовой расход золы $P_т = 1{,}0$ *т/ч*; расход воды на один золосмывной аппарат $q_з = 4{,}0$ *м³/ч*; напор воды в соплах $H = 40{,}0$ *м* (рис. 1,*б*).

Определить расстояния между побудительными соплами в золовых каналах:

1) при $H = 40{,}0$ *м* по табл. 1 $N_c = 0{,}70$ *квт*; $d_c = 10$ *мм*; по табл. 4 $q_{c_3} = 5{,}95$ *м³/ч* (под золосмывными аппаратами первого котла устанавливаются четыре сопла);

2) вычисляем по формуле (3) и графику рис. 2 v и $Q = v\omega$; ω 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:

$$Q = n' q_з + n q_{c_3} = 4 \cdot 4 + 4 \cdot 5{,}95 = 39{,}8 \text{ м}^3/\text{ч};$$

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 $h = 0{,}078$ *м*, $v = 3600$ *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) расстояиие между соплами 6 и 7;

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

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

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

$M = 0{,}124,$

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

принимаем 0,5 *м*;

7) расстояиие между соплами 7 и 8:

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

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

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

принимаем 5 *м*;

8) расстояиие между соплами 8 и 9:

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

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

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

прииимаем 5,0 *м*;

9) расстояние между соплами 9 и 10:

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

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

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

принимаем 4,0 *м*,

10) расстояние между соплами 10 и 11:

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

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

прииимаем

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

прииимаем 5,0 *м*;

11) расстояние между соплами 11 и 12:

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

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

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

принимаем 5,0 *м*;

12) расстояние между соплами 12 и 13:

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

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

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

прииимаем 5,0 *м*;

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

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

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

14) h и v принимаем по кривым рис. 8;

15) расстояние между соплами 14 и 15;

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

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

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

принимаем 7,0 *м*;

16) расстояиие между соплами 15 и 16:

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

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

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

прииимаем 8 *м*;

17) расстояние между соплами 16 и 17:

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

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

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

принимаем 8 *м*;

18) расстояние между соплами 17 и 18:

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

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

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

принимаем 8,0 *м*;

19) расстояние между соплами 18 и 19:

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

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

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

принимаем 8,0 *м*;

20) расстояние между соплами 19 и 20:

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

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

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

принимаем 8,0 *м*;

21) расстояние между соплами 20 и 21:

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

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

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

принимаем 8 *м*.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

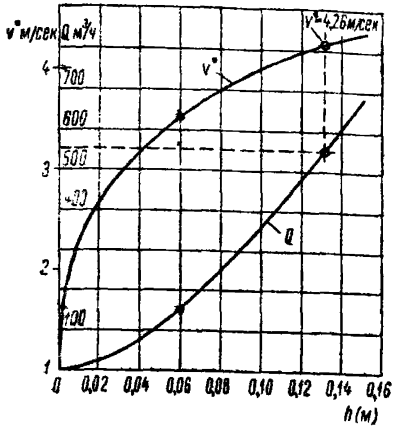

Рис. 2. График зависимости v^* и $Q = f(h)$.

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

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

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

7) для $Q = 550$ $м^3/ч$ и $v_{кр} = 2{,}98$ $м/сек$;

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

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

9) уклон дна канала по формуле (6)

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

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

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

Рассчитать распределительную систему с донными отводами для центральной багерной станции.

Общий расход пульпы в различные моменты времени устанавливается $Q_{общ} = 1200$ $м^3/ч$ и 2400 $м^3/ч$. Производительность багерного насоса $Q_{5.н} = 1300$ $м^3/ч$.

1. Расчетный расход пульпы по магистральному каиалу:

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

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

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

4. Ширина потока по свободной поверхности

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

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

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

6. Длина фронта отвода по п. 4.6:

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

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

8. По формуле (7) ширина донного отвода

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

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

а) $L \geqslant 1{,}5B\,Fr = 1{,}5 \cdot 0{,}5 \cdot 4{,}8 = 3{,}6$ $м$;

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

10. Количество одновременно работающих насосов

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

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

12. По формуле (10) общее количество багерных насосов

$$n_{общ} = An_{раб} = 2{,}0 \cdot 2 = 4.$$

Общая компоновка распределительной системы приведена на рис. 5, *а*

Пример 5. Для исходных данных примера 4 рассчитать систему с боковыми отводами при изменении расхода пульпы в различные моменты времени $Q_{общ} = 740$ $м^3/ч$; 1480 $м^3/ч$; 2220 $м^3/ч$.

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

1. Расчетный расход пульпы по магистральному каналу

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

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

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

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

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

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

6. Количество одновременно работающих насосов

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

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

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

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 $\alpha \leqslant 20°$, $Fr = 4{,}82$ интерполяцией определяется:

для $K = 1/3$ $\beta = 3{,}764$;

для $K = 1$ и $K = 1/2$ $\beta = 5{,}616$.

11. По формуле (9) при $\alpha \leqslant 20°$

при $K = 1/3$ $b = \beta B = 3{,}764 \cdot 0{,}5 = 1{,}78$ *м*;

при $K = 1$ и $K = 1/2$ $b = \beta B = 5{,}616 \cdot 0{,}5 = 2{,}81$ *м*.

Учитывая размеры перекрывающих шандор, по конструктивным соображениям для отводов 1 и 2 принимается $\alpha = 20°$, $b = 1{,}78$ *м*, а для отводов 3—6 устанавливаетея режим регулиронания при $b = B = 0{,}5$ *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 иезатопленной струи на плоскую стенку. Изв. высш. учеби. завед. Горный журиал, 1961, № 7.

3. Абальяиц С. Х. Транспорт пульпы в открытом русле. «Гидротехническое строительство», 1957, № 6.

4. Гавырин Н. И. Исследование гидромониторных струй. Изв. АН СССР, ОТН, № 7, 1939.

5. Емцев Б. Т. Двухмерные буриые потоки. Госэнергоиздат, 1967.

6. Ивакин В. В. Методы расчета безиапорного гидравлического транспорта. Труды ин-та горного дела. Уральский фнлиал АН СССР, вып. 3, 1962.

7. Иванов Ю. В. и Суй Х. Н. Исследование развития струи в спутном потоке. Изв. АН СССР, серня техн. и физ.-мат. НТ VII, № 2, 1958.

8. Кнороз В. С. Безнапориый 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 н испытание систем гидрозолоудалеиия с центральиыми 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. Углетехиздат, 1952.

15. Терстепанов Г. А. Гидромониторные работы. Стройвоеиморнздат, 1948.

16. Франкль Ф. И. О боковом водозаборе из быстрых мелких рек. Киргизский гос. университет. Труды физико-математического факультета, вып. II, 1953.

17. Rajaratnam N. Constant velocitg concept in supercritical branch How. 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 »	$\frac{9,81 \cdot 0,004}{0,291^2}$	$\frac{9,81 \cdot 0,004}{0,281^2}$
32	9 сверху	3,764·0,5	3,564·0,5

Указания по расчету внутристанционного безнапорного гидравлического транспорта золошлакового материала.

gost.e-ecolog.ru