

ГОУ ВПО ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА И ГЕОЛОГИИ
КАФЕДРА ОХРАНЫ ТРУДА И АЭРОЛОГИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению индивидуальных заданий по курсу
«РУДНИЧНЫЕ ПОЖАРЫ И ВЗРЫВЫ»

Направление подготовки: 21.05.04 «Горное дело»

Специальность: «Технологическая безопасность и горноспасательное
дело»

РАССМОТРЕНО:

Протокол заседания кафедры
охраны труда и аэрологии
от «10» января 2017 г. № 10

УТВЕРЖДЕНО:

Протокол заседания
учебно-издательского
совета ДонНТУ
от « » 2017 г. №

Донецк, 2017 г.

УДК 622.274.622.831.24

Методические указания по выполнению индивидуальных заданий по курсу «Рудничные пожары и взрывы» для студентов специальности ТБГД / Сост.: Ю.Ф. Булгаков, В.В. Яйло – Донецк: ДОННТУ, 2017 – 12 с.

Изложены основные требования и приведены указания и пример расчета гидравлических параметров подземной системы пожарно-оросительного водоснабжения.

Составители:

Ю.Ф. Булгаков, проф., д. т. н.
В.В. Яйло, доц., к. т. н.

Рецензент:

А.О. Новиков, профессор
кафедры «РМПИ», д. т. н.

СОДЕРЖАНИЕ

РАСЧЕТ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОДЗЕМНОЙ СИСТЕМЫ ПОЖАРНО-ОРОСИТЕЛЬНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ШАХТЫ

1 Общие положения и указания.....	4
2 Методика определения гидравлических параметров (расхода и давления воды) в конечных точках пожарно-оросительной сети.....	5
2.1 Расчет параметров трубопроводов безредукторной схемы водоснабжения	5
2.2 Расчет параметров трубопроводов для схем с подачей воды через гидроредуктор.....	7
3 Варианты исходных данных и пример расчета системы водоснабжения.....	8
Перечень ссылок.....	12

РАСЧЕТ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОДЗЕМНОЙ СИСТЕМЫ ПОЖАРНО-ОРОСИТЕЛЬНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ШАХТЫ

1 Общие положения и указания

Расчет гидравлических параметров подземной системы пожарно-оросительного водоснабжения – расхода и давления воды в конечных точках подземной пожарно-оросительной сети является одним из основных разделов проекта противопожарной защиты шахты [1, 2]. Расчет выполняется с учетом геометрических параметров сети трубопроводов и необходимого расхода воды в различных участках водопроводной сети с целью выявления несоответствия гидравлических параметров нормативным требованиям. В случае несоответствия гидравлических параметров нормативным требованиям проводится комплекс мероприятий по снижению сопротивления сети трубопроводов (замена трубопроводов, чистка трубопроводов, снижение местных сопротивлений трубопроводной арматуры и т. п.).

Сеть подземного пожарно-оросительного трубопровода состоит из двух магистральных и участковых линий. Магистральные линии прокладываются в вертикальных и наклонных стволах, скважинах, штольнях, околоствольных дворах, главных групповых откаточных штреках и квершлагах, уклонах и бремсбергах. Участковые линии прокладываются по наклонным стволам, уклонам, бремсбергам и ходкам при них (кроме наклонных выработок, по которым проложены магистральные трубопроводы), по откаточным (сборным), конвейерным, вентиляционным (бортовым) и ярусным (промежуточным) штрекам.

В результате большой глубины ведения горных работ, в сети пожарно-оросительного водоснабжения возникают высокие давления, которые необходимо снижать при помощи гидроредукторов. Давление в водоподающем трубопроводе, расположенном в вертикальном стволе при отсутствии снижения давления на промежуточных горизонтах может достигать значений до 12-15 МПа (120-150 кгс/см²). Параметра магистрального трубопровода, проложенного по выработкам околоствольного двора, квершлагам, главным и групповым откаточным штрекам, уклонам и бремсбергам, определяются прочностью труб и давление в них допускается до 3,0 МПа (30 кгс/см²) при условии его снижения в местах отбора, то есть пожарных кранах.

При глубинах разработки, приводящих к возникновению давлений свыше 1,5 МПа (15 кгс/см²), и отсутствии средств снижения давления в точках отбора воды, а при давлениях свыше 3,0 МПа (30 кгс/см²) в любом случае применяется схема подачи воды с редуцированием давления. При этом схема водоснабжения, имеющая одну ступень редуцирования, называется одноступенчатой схемой, схемы, имеющие линии трубопроводов с последовательно расположенными двумя узлами понижения давления, называются двухступенчатыми, соответственно с тремя - трехступенчатыми и так далее.

Диаметры магистральных трубопроводов должны быть не менее 150 мм.

Диаметры участков трубопроводов, проложенных по откаточным, вентиляционным и ярусным (промежуточным) штрекам, а для крутого падения и магистрального трубопровода (кроме вертикальных стволов) должны быть не меньше 100 мм.

Расходы на тушение пожара в горных выработках, не оборудованных ленточными конвейерами, принимается из расчета:

- на один пожарный ствол - 30 м³/ч
- на создание противопожарной водяной затесы - принимается по

таблице 1.

При этом общее количество воды на тушение независимо от расчета должно быть не менее 80 м³/ч.

Суммарный расход воды на тушение подземного пожара в горных выработках, оборудованных ленточными конвейерами, принимается из расчета:

- на один пожарный ствол - 30 м³/ч
- на создание противопожарной водяной затесы – принимается по

таблице 1;

- на работу автоматической установки водяного пожаротушения.

В этом случае общее количество воды должно быть не менее 130 м³/ч.

Таблица 1 - Нормы расхода воды на устройство противопожарных водяных завес (м³/ч) на 1 м² поперечного сечения выработок, закрепленных горючей крепью

Скорость воздуха, м/с	1	2	3	4	5 и более
Расход воды на 1 м ² сечения выработок, м ³ /ч	5,0	5,5	6,3	7,1	8,0

При выполнении самостоятельной работы расчет расхода и давления воды в конечных точках пожарно-оросительной сети проводится по ниже приведенной методике с использованием примера расчета. Расчет проводится по вариантам исходных данных участков сети трубопровода и схемы подземного пожарно-оросительного водоснабжения шахты.

В отчете по работе приводятся исходные данные, порядок и результаты расчета. По результатам расчета делается вывод о соответствии нормативным требованиям расхода и давления воды в конечный точке рассчитываемого участка пожарно-оросительной сети, а при их не соответствии предлагаются мероприятия по их возможному устранению.

2 Методика определения гидравлических параметров (расхода и давления воды) в конечных точках пожарно-оросительной сети

2.1 Расчет параметров трубопроводов безредукторной схемы водоснабжения

При безредукторной схеме водоснабжения исходными данными для расчета являются геометрические параметры сети трубопроводов, геодезические отметки конечных и узловых точек, минимальные диаметры трубопроводов, углы наклона выработок, а также значения расходов вода, в зависимости от назначения выработок.

Сопротивление ветви трубопроводов определяется по формуле

$$S_c = \sum_{i=1}^n A_i l_i + S_{ct}, \quad (1)$$

где A_i - удельное сопротивление участков ветви с трубами одинакового диаметра, c^2/m^6 ; представлено в таблице 2;

l_i - длина участков ветви труб одинакового диаметра, м;

S_{ct} - сопротивление конечного потребителя, c^2/m^5 , берется в зависимости от диаметра отверстия конечного потребителя (таблица 3).

Таблица 2 - Удельные гидравлические сопротивления для шахтных трубопроводов

Условный проход Ду, м	0,100	0,125	0,150	0,200	0,250	0,300
Удельное сопротивление А, c^2/m^6	172,9	76,4	30,65	6,96	2,19	0,85

Таблица 3 - Коэффициенты гидравлических сопротивлений конечных потребителей

Диаметр d насадки концевого потребителя, м	0,016	0,019	0,022	0,028	0,032
Сопротивление А, c^2/m^6	2361860	768021,8	406000	155000	121500

Полученное сопротивление ветви трубопроводов позволит проверить значения расхода Q и напора H в конечной точке при величине диаметра насадки $d = 0,032$ м, служащего условно проверочным, по формулам

$$Q = \sqrt{H_{общ}} / (S_c + S_{ct}), \quad (2)$$

где $H_{общ}$ - разность геодезических отметок поверхности шахты и конечной точки ветви, м;

$$H = H_{общ} - S_c Q^2. \quad (3)$$

Все полученные значения гидравлических параметров конечных точек безредукторной схемы водоснабжения должны быть не меньше нормируемых значений

$Q_n = 80 \text{ м}^3 / \text{ч}$ и $H_n = 60 \text{ м}$ – для выработок, не оборудованных конвейерными линиями и

$Q_n = 130 \text{ м}^3 / \text{ч}$ и $H_n = 60 \text{ м}$ – для выработок, оборудованных конвейерными линиями.

Таким образом, данная схема расчета позволяет кроме определения напора H в

концевой точке ветви еще, и контролировать расход Q в этой точке.

В случае несоответствия гидравлических параметров нормативным требованиям проводится комплекс мероприятий по снижению сопротивления сети трубопроводов (замена трубопроводов, чистка трубопроводов, снижение местных сопротивлений трубопроводной арматуры).

2.2 Расчет параметров трубопроводов для схем с подачей воды через гидроредуктор

При использовании схем подачи воды с понижением давления расчет начинается с определения настроечного давления на выходе редукционного клапана, устанавливаемого за пределами безредукторной схемы. Это может быть место, где давление превышает 3,0 МПа (30 кгс/см^2) или при отсутствии средств снижения давления в точках отбора вода - где давление более 1,5 МПа (15 кгс/см^2).

Чаще всего первый гидроредуктор устанавливается в районе околоствольного двора.

Настроечное давление определяется для каждой ветви трубопроводов по следующей формуле

$$H_{\text{наст}} = H_{\text{н}} + h_{\text{г}} + S_{\text{н}} \cdot Q_{\text{н}}^2, \quad (4)$$

где $H_{\text{н}}$ - необходимый нормируемый напор в конечной точке ветви ($H_{\text{н}} = 60 \text{ м}$);

$h_{\text{г}}$ - разность геодезических отметок места установки гидроредуктора и конечной точки ветви, м;

$S_{\text{н}}$ - сопротивление ветви трубопроводов после гидрооредуктора (низконапорной ветви), $\text{с}^2/\text{м}^5$. Определяется по формуле

$$S_{\text{н}} = \sum_{i=1}^n A_i \cdot l_i. \quad (5)$$

Проведя расчет настройки для всех ветвей трубопроводов, запитанных от гидроредуктора, выбирают наибольшее значение настроечного давления. Концевая точка, соответствующая выбранной ветви, называется "диктующей"

Исходными данными для расчета являются геометрические параметры сети трубопроводов аналогично подраздела 2.1. Кроме того, необходимы данные характеристики редуцирующего устройства, в частности, сопротивление полностью открытого редуктора.

Гидравлические параметры Q и H концевых точек ветвей трубопроводов, запитанных от редукционного узла, определяются по формулам (7) - (8) при условии (6) и (10) - (11) при условии (9).

При условии, редукционный клапан работает в регулируемом режиме, то

$$S_{\text{р}} = \left(\frac{H_{\text{общ}}}{H_{\text{наст}}} - 1 \right) \cdot (S_{\text{н}} + S_{\text{ст}}) - S_{\text{в}} \geq S_{\text{р}}^{\text{кр}}, \quad (6)$$

где S_p - сопротивление редуктора, c^2/m^5 ;

S_B - сопротивление сети до редуктора, c^2/m^5 ;

$S_p^{кр}$, - сопротивление полностью открытого редуктора, например, для одного редуктора КРС $S_p^{кр} = 204682c^2 / m^5$, для двух редукторов при параллельной работе $S_p^{кр} = 51170,59c^2 / m^5$.

$$Q = \sqrt{\frac{H_H - h_\Gamma}{S_{ст} + S_H}}, \quad (7)$$

$$H = \frac{H_H - h_\Gamma}{S_{ст} + S_H} \cdot S_{ст}. \quad (8)$$

Если редукционный клапан работает в нерегулируемом режиме (запорный орган редуктора полностью), то условие:

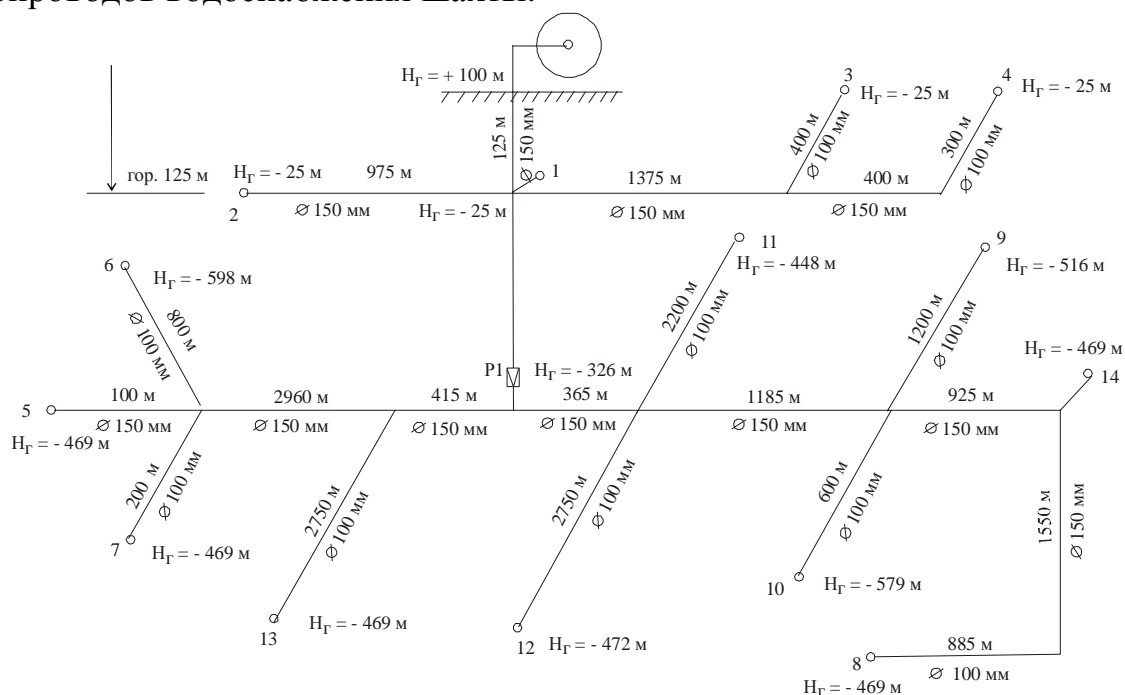
$$S_p \leq S_p^{кр}, \quad (9)$$

$$Q = \sqrt{\frac{H_{общ}}{S_B + S_H + S_{ст} + S_p^{кр}}}, \quad (10)$$

$$H = \frac{H_{общ}}{S_B + S_H + S_{ст} + S_p^{кр}} \cdot S_{ст}. \quad (11)$$

3 Варианты исходных данных и пример расчета системы водоснабжения

Расчет гидравлических параметров (расхода и давления воды) в конечных точках пожарно-оросительной сети производят по ниже приведенной схеме системы трубопроводов водоснабжения шахты.



Варианты исходных данных для расчета гидравлических параметров (расхода и давления воды) в конечных точках пожарно-оросительной сети приведены в таблице 4. При этом варианты заданий № 1, 6 и 11 не выдаются, так приводятся в качестве примеров для расчета.

Таблица 4 - Варианты исходных данных для расчета гидравлических расхода и давления воды в конечных точках пожарно-оросительной сети

№ варианта	Обозначение ветви	Длина, м			Глубина точки отбора, м	Разность геодезических отметок h_r , м	Сопротивление трубопровода S_c , c^2/m^5	Настроечное давление редулятора H_n , м
		D = 100 мм	D = 150 мм	D = 200 мм				
1.	0-1	0	125	0	125	0	3831,2	0
2.	0-2	0	1100	0	125	0	33715	0
3.	0-3	400	1600	0	125	0	115134,9	0
4.	0-4	300	1900	0	125	0	110104,9	0
5.	0-P1	0	425	0	426	0	13026,0	66,4
6.	P1-5	0	3900	0	569	-143	119534,9	-24
7.	P1-6	800	3800	0	698	-272	254789,9	-86,2
8.	P1-7	200	3800	0	569	-143	151049,9	-8,4
9.	P1-8	885	4450	0	569	-143	289408,9	59,9
10.	P1-9	1200	1975	0	616	-190	268013,6	2,4
11.	P1-10	600	1975	0	679	-253	164273,6	-111,9
12.	P1-11	2200	790	0	548	-122	404593,4	137,8
13.	P1-12	2750	790	0	572	-146	499688,4	160,8
14.	P1-13	2750	840	0	560	-134	501220,9	173,5
15.	P1-14	0	2900	0	569	-143	88834,9	-39,1

Расчет расхода и давления воды в конечных точках пожарно-оросительной сети производят в следующей последовательности.

Необходимый расход для создания водяной завесы находится по формуле

$$Q_3 = Fk, \text{ м}^3 / \text{ч}, \quad (12)$$

где F - площадь поперечного сечения выработки, м^2 ;

k - коэффициент зависимости скорости воздуха к расходу воды на создание водяной завесы на 1 м^2 .

Для точки 1: $F = 8,6 \text{ м}^2$, $v = 2,25 \text{ м/с}$, тогда $k = 5,5$ (найденно по таблице 1).

$Q_3 = 8,6 \cdot 5,5 = 47,3 \text{ м}^3/\text{ч}$, но т.к. минимально допустимый расход на создание водяной завесы в ПБ определен в $50 \text{ м}^3/\text{ч}$, то это значение будем использовать в расчетах.

Аналогичным образом находим Q_3 для остальных точек.

Расход вода на тушение подземного пожара в горных выработках, не оборудованных конвейерными линиями, принимается из расчета:

- на один пожарный ствол;
- на создание противопожарной водяной завесы.

Величины S_c и H_n находятся по формулам (1) и (4) и заносятся в строку соответствующую варианту строки таблице после расчета.

Пример расчета для 6-ой строки таблицы.

$$S_c = 172,95 \cdot 0 + 30,65 \cdot 3900 + 6,96 \cdot 0 = 119534,9 \text{ с}^2 / \text{м}^5,$$

$$H_n = 60 - 143 + 119534,9 \cdot \left(\frac{80}{3600} \right)^2 = -24 \text{ м}.$$

Аналогично проводятся расчеты для остальных строк таблицы.

H_n рассчитывается только для ветвей, связанных с редуктором.

Выбираем наибольшее значение настроечного давления для редуктора.

В нашем случае $H_n = 173,5$ м (см.13 строка).

Расчет параметров безредукторной части трубопровода производится по следующей схеме.

Сопrotивление сети трубопровода определяется по формуле (1).

Значения расхода и напора вода в конечных точках при величине проверочного диаметра насадка $D = 0,032$ м проверяются по формулам (2), (3).

Например, для точки 1 имеем

$$S_n = 3831,2 + 13792,5 \cdot 3900 = 17623,7 \text{ с}^2 / \text{м}^5;$$

$$S_c = 17623,7 + 121500 = 139123,7 \text{ с}^2 / \text{м}^5;$$

$$Q = \sqrt{125} / 139123,7 = 0,0299733 \text{ м}^3 / \text{с} = 107,9 \text{ м}^3 / \text{ч};$$

Аналогичным образом находим для остальных точек значения Q и H . Результаты заносим в соответствующую строку по форме ниже приведенной сводной таблицы.

Расчет ветвей сети с понижением давления редукционным клапаном производится следующим образом.

Ранее найдено значение настроечного давления редуктора - 173,5 м. Редукционный клапан работает в нерегулируемом (полностью открытый клапан) и в регулируемом режимах.

Если условие (6) соблюдается, то клапан в регулируемом режиме, если нет - в нерегулируемом.

Найдем сопротивление редуктора по формуле при условии, что точка 5 является точкой отбора воды

$$S_p = \left(\frac{569}{173,5 + 143} - 1 \right) \cdot (119534,9 + 121500) - 13026,2 = 179268,62 \text{ с}^2 / \text{м}^5;$$

$$S_p \leq 204682, \text{ т.е. редуктор, при отборе воды в данной точка, будет работать}$$

в нерегулируемом режиме. Найдем значения Q и H

$$Q = \sqrt{\frac{173,5 + 122}{404593,4 + 121500}} = 0,023698 \text{ м}^3 / \text{с} = 85,3 \text{ м}^3 / \text{ч},$$

$$H = \left(\frac{569}{479535,6} \right) \cdot 121500 = 146,3 \text{ м}.$$

Результаты расчетов показали, что при отборе воды в точках 5, 6, 7, 8, 9, 10 и 14 клапан будет работать в нерегулируемом режиме. Расчет параметров Q и H проводится так же, как и для точки 5.

Найдем сопротивление редуктора при отборе вода в точке 11.

$$S_p = \left(\frac{548}{173,5 + 122} - 1 \right) \cdot (104593,9 + 121500) - 13026,2 = 436512,14 \text{ с}^2 / \text{м}^5.$$

$S_p \geq 204682$, т.е. при отборе воды в точке 11 клапан будет работать в регулируемом режиме.

Произведем расчет параметров водоснабжения при работе клапана в регулируемом режиме

$$Q = \sqrt{\frac{173,5 + 122}{404593,4 + 121500}} = 0,023698 \text{ м}^3 / \text{с} = 85,3 \text{ м}^3 / \text{ч},$$

$$H = 0,0005616 \cdot 121500 = 68,2 \text{ м}.$$

Результаты заносятся в соответствующую строку сводной таблицы.

Сводная таблица результатов расчета расхода и давления воды

Вариант	Обозначение ветви	Q, м ³ /ч	H, м
1.	0-1	107,9	109,2
2.	0-2		
3.	0-3		
4.	0-4		
5.	0-P1		
6.	P1-5	124,9	146,3
7.	P1-6		
8.	P1-7		
9.	P1-8		
10.	P1-9		
11.	P1-10	130,4	159,5
12.	P1-11		
13.	P1-12		
14.	P1-13		
15.	P1-14		

Результаты расчета по вариантам исходных данных соответствующие конечным точкам ветвей предоставляются в соответствующей строке сводной таблицы.

По результатам расчета делается вывод о соответствии (несоответствии) расхода и давления воды на расчетном участке трубопровода нормативным требованиям. При невыполнении нормативных требований предлагаются мероприятия по снижению гидравлического сопротивления (замена труб на трубы большего диаметра или их очистка от отложений) или повышение давления в начале ветви (настройка выходного давления впереди установленного

гидроредуктора на более высокие значения или применение повысительной насосной станции).

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. КД 12.07.403-96 «Разработка проекта противопожарной защиты угольных шахт. Методика».
2. Сборник инструкций к Правилам безопасности в угольных шахтах. - т. 2, К., 1996. – 425 с.