МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ УССР
ДОНЕЦКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УГОЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

РУКОВОДСТВО

ПО ПРИМЕНЕНИЮ ПЕНОПОЛИУРЕТАНА ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ И РЕМОНТЕ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Донецк, 1973

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ УССР
ДОНЕЦКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УГОЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ
ДонУГИ

УТВЕРЖДЕНО
НАЧАЛЬНИКОМ ОТДЕЛА ОХРАНЫ
ТРУДА И ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ
МУП УССР

ПЛАТОНОВЫМ В.А.

28 декабря 1972 года

Р У К О В О Д С Т В О

ПО ПРИМЕНЕНИЮ ПЕНОПОЛИУРЕТАНА ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ И РЕМОНТЕ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Донецк, 1973

Руководство содержит основные сведения о технологии применения пенополиуретана для возведения и герметизации вентиляционных сооружений, разработано на основании научно- исследовательских работ ДонУГИ, выполненных в течение 1969-1971гг., предназначено для инженерно-технических работников шахт и может служить пособием для подготовки операторов, обслуживающих напылительную установку.

Руководство составлено к.т.н.Кара В.В. и инж. Сальниковым В.К.

В В Е Д Е Н И Е

При проветривании шахт одной из важнейших задач, требующих решения, является борьба с утечками воздуха на пути его движения от поверхности до очистных и подготовительных забоев. В среднем на шахтах Украины около 26% дебита вентиляционных установок расходуется на утечки воздуха через подземные вентиляционные сооружения.

Такое положение объясняется тем, что применяемые для строительства и ремонта вентиляционных сооружений материалы(песок, цемент, глина и др.) малоэффективны и не соответствуют условиям эксплуатации. Особенно малопригодны они для перемычек в выработках с активным горным давлением. Воздухопроницаемость перемычек, сооруженных из этих материалов, со временем быстро возрастает. Установлено, что для поддержания воздухопроницаемости в пределах норм, перемычки, оштукатуренные глинистым раствором, необходимо повторно обмазывать в среднем через 2 месяца, а песчано-цементную штукатурку нужно ремонтировать через 6 месяцев.

На шахтах Украины насчитывается около I5600 работающих вентиляционных сооружений, разделяющих свежие и отработанные струи воздуха. Из них,примерно, 49% составляют одиночные вентиляционные двери и шлюзы, 43% - глухие перемычки и 7,6% - кроссинги.Кроме

того,имеется большое количество глухих перемычек,изолирующих отработанные горные выработки. Для поддержания необходимой герметичности такого количества вентиляционных сооружений необходимо содержать большой штат трудящихся.

В последнее время ведутся работы по изысканию новых герметизирующих материалов, при использовании которых можно было бы резко повысить герметичность и срок службы вентиляционных устройств. Одним из таких материалов является пенополиуретан (или полиуретановая пена).

На шахтах № 4-2I комбината"Донецкуголь", им. В.М.Баханова и № I3-бис комбината"Макеевуголь" с применением пенополиуретана ППУ-9н было отремонтировано и возведено около 60 перемычек различных типов и загерметизировано два кроссинга. Испытания показали,что пенополиуретан особенно эффективен для вентиляционных устройств в выработках, подверженных активному горному давлению. Этот материал в шахтных условиях практически не подвергается разрушению. Воздухопроницаемость глухих перемычек,обработанных пенополиуретаном в течение 3 лет,осталась неизменной, а в некоторых случаях даже снизилась. Трудоемкость возведения и поддержания герметичности вентиляционных перемычек снизилась в 4-6 раз.

I. ПОЛУЧЕНИЕ ПЕНОПОЛИУРЕТАНОВОГО ПОКРЫТИЯ В ШАХТЕ

I.I. Краткие сведения о пенополиуретанах

Пенополиуретан представляет собой газонаполнен-

ный пластик от белого до желтого цвета,имеющий структуру твердой пены с ячейками, изолированными друг от друга или сообщающимися между собой и с атмосферой.

Различают эластичные, полужесткие и жесткие пенополиуретаны. Эластичные пенополиуретаны имеют открытоячеистую структуру, жесткие - закрытопористую.Газонаполненные полиуретаны получаются в результате сложных реакций, протекающих при смешении полиэфира, диизоцианата и воды в присутствии катализаторов и эмульгаторов. Их можно получать с разнообразными свойствами и характеристиками.По своей стойкости к озону, маслам ,щелочам они превосходят многие аналогичные материалы, хорошо противостоят плесени,гниению,физиологически безвредны.

Особенно ценны такие свойства пенополиуретанов, как чрезвычайно малый объемный вес, водостойкость, стойкость к действию топлива и масел, высокие адгезионные, воздухо- и теплоизоляционные свойства.Пенопласт с такими свойствами может применяться в различных отраслях народного хозяйства.

Пенополиуретаны могут изготовляться в виде блочного, листового и рулонного материала, а также в виде изделий путем заливки смеси в форму.

В шахтах используются жесткие пенополиуретаны,получаемые методом напыления(набрызга) на месте применения. Применяют их с целью воздухоизоляции горных выработок и вентиляционных сооружений, теплоизоляции горных выработок и шахтных трубопроводов,укрепления горных пород и др.

Имеется несколько марок жестких пенополиуретанов. Для применения в шахтах Владимирским научно-исследова-

тельским институтом синтетических смол(ВНИИСС) разработаны две рецептуры - ППУ-9Н и ППУ-304н. Поэтому настоящее руководство составлено с учетом использования этих рецептур.

В настоящее время для применения рекомендуется ППУ-9н как более дешевый (3 руб/кг).ППУ-304н менее капризный при получении и технологичнее, чем ППУ-9н. Однако он значительно дороже - 9 руб/кг. В перспективе ожидается снижение его стоимости до I,3-I,5руб/кг.

Пенопласты марок ППУ-9н и ППУ-304н имеют следующие физико-механические показатели, соответствующие техническим условиям:

Таблица I

№№ пп	Наименование показателей	ППУ-9н	ППУ-304н
I.	Объемный вес,кг/м^3	50-70	30-60
2.	Предел прочности при сжатии,кг/см^2	не менее 2,0	не менее 2,0
3.	Предел прочности при статическом изгибе, кг/см^2	не менее 4,0	не менее 5,0
4.	Коэффициент воздухопроницаемости, м^{3}см/час кг	$(I,25-8,7).I0^{-4}$	
5.	Горючесть	самозатухающий	трудновоспламеняемый
6.	Коэффициент теплопроводности кка/м час град	не более 0,05	не более 0,03
7.	Температура размягчения, град.	не менее 75,0	не менее II0

Пенополиуретановые покрытия получают путем напыления смеси исходных компонентов на обрабатываемую поверхность. Жидкая смесь в результате экзотермической реакции вспенивается в течение 20-40сек., а затем отверждается. Отверждение происходит за 4-5 мин. Напыляемая композиция получается в результате перемешивания двух рабочих смесей в пистолете-распылителе сжатым воздухом. Подача и дозировка их в пистолет-распылитель осуществляется с помощью специальной установки.

Перечень сырья, необходимого для получения полиуретана ППУ-9н и ППУ-304н, и его краткая характеристика приводится в табл.2.

Таблица 2

№№ пп	Наименование сырья	ГОСТ, ОСТ, ТУ
I	2	3
I.	Полиэфир П-9 (П-509)	ВТУ в №44-64
2.	Продукт Хлор-ДУДЭГ	ТУ В-96-67
3.	Эмульгатор ОП-7 ОП-IO	ГОСТ 8433-57
4.	Триэтиламин(катализатор)	МРТУ 6-09-2437-65

I	2	3
5.	Трихлорэтилфосфат	МРТУ 6-08-47-67
6.	Фреон - II3	ВТУ №ЕУ I20-56
7.	Полиэфир ДТ-500м	ТУ-В 78-67
8.	Фосполиол(оксипропилированный)	ТУ-В 77-67
9.	Триэтаноламин	-"-
IO.	ВНИИЖ	-"-
II.	Фреон-II	СТУ I2-I0286-63
I2.	Полиизоцианат	
I3.	Фосполиол(окси этилированный)	ТУ МБУ 98-67

I. Сложный полиэфир П-9 - густовязкая жидкость от светложелтого до темно-коричневого цвета, получается после реакции поликонденсации глицерина, адипиновой кислоты и диэтиленгликоля. Растворяется в спирте, бензоле, ацетоне. Нелетуч, невзрывоопасен.

2 Продукт Хлор-ДУДЭГ-вязкая жидкость от желтого до светло-коричневого цвета. Получается после реакции толуилендиизоцианата Т-65 с хлордислом(полуацеталь диэтиленгликоля и хлораля).Растворяется в ацетоне, бензоле, хлороформе и др. Токсичен, при работе необходимо соблюдать правила техники безопасности,предусмотренные санитарными требованиями № 452-63 от 4/IX-63г.

3.Триэтиламин - легкоподвижная жидкость с резким специфическим запахом.Температура кипения + 89,5°С.Уд. вес - 0,8 г/см^2, растворяется в спирте, ацетоне.Токсичен.Относится к категории легковоспламеняющихся жидкостей.

4.Трихлорэтилфосфат - бесцветная прозрачная жидкость,применяется в качестве добавки для снижения горючести ППУ.Негорюч.Токсичен.Температура замерзания - 62°С.

5.Эмульгаторы - ОП-7 или ОП-IO - густовязкие жидкости желтого цвета, применяемые в промышленности как моющие или эмульгирующие средства.Нетоксичны.

6.Фреон-II3 - легколетучая, бесцветная жидкость, температура кипения + 47°С.Нетоксичен, негорюч.

7.Фреон-II - легколетучая бесцветная жидкость с температурой кипения 23,77°С. Не растворим в воде,хорошо растворяется в спирте, эфире.Негорюч, нетоксичен.

8.Полиэфир ДТ-500 -светло-желтая,вязкая,малолетучая чая при 20°С жидкость, без запаха.Нетоксичен.

9.ВНИИЖ - поверхностноактивное вещество,применяемое как добавка в некоторые эмали и краски для предупреждения образования в них твердого осадка при хране-

нии. По химическому составу эмульгатор ВНИИЖ является малотоксичным веществом.

IO.Триэтаноламин - бесцветная маслянистая жид - кость.Температура застывания IOO-I90°С.Входит в состав моющих средств и косметических препаратов в качестве поверхностноактивного вещества.

II.Полиизоцианат - темно-коричневая густая жидкость,которая содержит около 90% дифенилметандиизоцианата, IO% составляют примеси. Дифенилметандиизоцианат имеет температуру плавления 37-38°С, температуру кипения + I92-I93°С.

2.I.Приготовление рабочих смесей

Состав рабочих смесей пенополиуретанов ППУ-9н и ППУ-304н следующий:

Полиэфирная смесь(весовые части)		Изоцианатная смесь(весовые части)	
	ППУ-9н		
Полиэфир П-9 или П-509-IOO		Хлор-ДУДЭГ	- 2IO или по расчету
Трихлорэтилфосфат	- 25		
Триэтиламин	-2,5	Фреон-II3	- 35
Эмульгатор ОП-7 или ОП-IO	-2		
	ППУ-304н		
Полиэфир ДТ-500м	-64	Полиизоцианат-I70	
Фосполиол	-50		
Триэтиламин	- 3		
Триэтаноламин	-20		
Фреон-II	-45		
Эмульгатор ВНИИЖ IO	- 2		

В рецептуре ППУ-304н нужно использовать фосполиол оксипропилированный или фосполиол оксиэтилированный.

Основными компонентами,которые образуют полиуретан,являются полиэфиры(П-509,ДТ-500м,фосполиол) и изоцианаты(Хлор-ДУДЭГ и полиизоцианат).

Триэтиламин и триэтаноламин служат в качестве катализаторов.Изменяя их количество, можно в довольно широких пределах замедлять или ускорять вспенивание и отверждение пенополиуретана ОП-7,ОП-10 и ВНИИЖ - вводят как эмульгаторы, способствующие уменьшению и равномерности размера ячеек. Фреоны являются вспенивающими агентами. За счет выделения тепла при реакции они превращаются в газ, который образует пеноструктуру.

Количество продукта Хлор-ДУДЭГ рассчитывается в зависимости от содержания влаги в компонентах, гидроксильных групп в полиэфире,кислотного числа полиэфира.

ПРИМЕЧАНИЕ: при напылении в условиях относительной влажности 80% и более в рецептуру вода не вводится.Однако,количество продукта Хлор-ДУДЭГ расчитывается с учетом воды по ниже приведенной формуле(I).

Общее количество продукта Хлор-ДУДЭГ на 100 в.ч. полиэфира с учетом требуемого рецептурой 10% избытка рассчитывается по следующей формуле:

$$Q = \frac{8{,}25 \cdot a + 272 \cdot b + 513(W + d)}{n} \text{ в.ч.}, \qquad (I)$$

где a - кислотное число полиэфира,м^{2}КОН/г полиэфира;

b - содержание гидроксильных групп в полиэфире,%;

W - содержание влаги в полиэфире,%;

d - количество воды, вносимое для вспенивания, вес.ч;

n - содержание NCO -групп в продукте Хлор-ДУДЭГ, %.

Величины, входящие в формулу берутся в паспортах на поставляемый полиэфир и Хлор-ДУДЭГ. В случае отсутствия паспортов на сырье Q нужно принимать равным 210.

Пример расчета

Имеется сырье со следующими показателями:

1. Кислотное число(а) =3 мг КОН/г ПЭ.
2. Содержание ОН-групп($б$) =14,5%.
3. Влажность полиэфира (W) =0,2%.
4. Количество добавляемой воды (d)=1 в.ч.
5. Содержание групп NCO (n)=20%.

По формуле (I) определяется количество продукта Хлор-ДУДЭГ на 100 в.ч. полиэфира.

$$= \frac{8{,}25 \cdot d + 272 \cdot б + 513(W+d)}{n} = \frac{8{,}25 \cdot 3 + 272 \cdot 14{,}5 + 513(0{,}2+1)}{20}$$

=229 в.ч.

В этом случае общее количество компонентов составит:

Полиэфир П-509	- 100 в.ч.
Трихлорэтилфосфат	- 25 в.ч.
ОП- 10	- 2 в.ч.
Вода	- 1 в.ч.
Триэтиламин	- 2,5 в.ч.
Фреон-113	- 35 в.ч.
Хлор-ДУДЭГ	- 229 в.ч.
Всего	394,5 в.ч.

Количество одновременно приготавливаемых смесей зависит от объема предстоящих работ. Исходя из величины поверхности, подлежащей покрытию, объемного веса пенопласта и толщины напыляемого слоя необходимое количество композиции (Y) для напыления рассчитывается по формуле (2)

$$Y = K \cdot S \cdot \delta \cdot \gamma, \quad \text{,кг,} \qquad (2)$$

где Y - требуемое количество композиции, кг;

S - площадь, подлежащая напылению, $м^2$;

δ - толщина напыляемого слоя, м;

γ - объемный вес пенопласта, $кг/м^3$;

K - коэффициент, учитывающий потери при напылении, равный 1,2.

Например, требуется провести напыление пенополиуретана марки ППУ-9н с объемным весом 60 $кг/м^3$ на поверхность площадью 10 $м^2$ при толщине слоя 0,05 м.

По формуле (2) определяется требуемое количество композиции для напыления

$$Y = 1{,}2 \cdot 10 \cdot 0{,}05 \cdot 60 = 36 \text{ кг.}$$

Исходя из этого, находим количество каждого компонента, необходимое для составления смеси по следующей формуле:

$$Q_i = \frac{Y \cdot Q_i}{Q_к}, \text{ кг,} \qquad (3)$$

где Q_i - весовое количество компонента в данной рецептуре ППУ, вес.ч;

$Q_к$ - общее количество весовых частей для пенополиуретана, согласно данной рецептуре;

Y - количество пенополиуретана, необходимого для обработки поверхности, кг.

В нашем случае необходимое количество полиэфира будет равно

$$Q_{пл} = \frac{36.100}{394,5} = 9,13 \text{ кг.}$$

После определения весового содержания каждого компонента в смеси приступают к приготовлению смесей. Готовят их на поверхности шахты.

В емкость последовательно отвешивают компоненты:

Полиэфир П-509 с точностью.	± 0,05 кг.
Трихлорэтилфосфат	± 0,01 кг.
ОП-10	± 0,005 кг.
Триэтиламин и вода	± 1 мл.

Если продукт ОП-10 загустел, то подогревают трихлорэтилфосфат до 30 °С и в нем расплавляют ОП-10. Полученную смесь выливают в полиэфир. По мере добавления компонентов смесь тщательно перемешивается деревянной или металлической мешалкой. Емкость с приготовленной смесью, с целью предотвращения испарения триэтиламина, хорошо закупоривают.

Для смеси №2 Хлор-ДУДЭГ взвешивается с точностью +0,05 кг, а фреон - ± 0,01 кг. Смесь №2 также тщательно перемешивается и закупоривается.

Приготовление смеси рецептуры ППУ-304н производится аналогичным способом.

Для взвешивания необходимы весы с пределом взвешивания до 50 кг и чашечные весы до 5 кг.

В качестве емкостей для рабочих смесей очень удобны молочные бидоны.

Для проверки качества приготовленных смесей в небольшой емкости взвешивают в необходимой пропорции обе

смеси, а затем быстро и энергично их перемешивают.Получившийся пенопласт должен иметь плотность в пределах,соответствующих техническим условиям, и мелкоячеистую равномерную структуру.

3.I.Установка для нанесения полиуретановых покрытий

Получение пенополиуретана в шахтах и нанесение его на обрабатываемые поверхности осуществляется с помощью специальной установки,схема которой представлена на рис.I. Она состоит из двигателя(I), муфты(2), редуктора(3) со срезным предохранительным шрифтом(4). На консоли вала редуктора крепится сменная шестерня (А), шестерни (В),(С) и (Д) (также сменные) крепятся на валах (5) и (6) насосов (7) и (8).

Подбором передаточного отношения шестерен (А) и (В) устанавливается необходимая производительность установки. Подбором шестерен (С) и (Д) задается соотношение компонентов от I:I до I:2,0.

Шестеренные насосы всасывают рабочие смеси из емкостей и нагнетают их по отдельным гибким шлангам в пистолет - распылитель,где они перемешиваются и сжатым воздухом наносятся на обрабатываемую поверхность.

Шестерни для установки соотношений компонентов по объему подбираются в соответствии с табл.3.

Подбор шестерен С и Д осуществляется следующим образом. Сначала определяется необходимое объемное соотношение полиэфирной и изоцианатной смеси.

Таблица изменения оборотов вала насоса полиэфира

	B	24	36	43	48
	A	48	36	29	24
	$i = B/A$	0,5	1	1,483	2
	$n^{об}/_{мин}$ для схемы эл дв	9	18	27	36

-

Таблица изменения соотношения компонентов в смеси

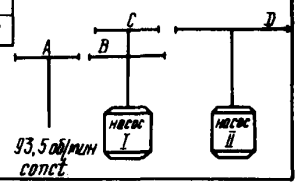
соотн комп		1:0,5	1:0,525	1:0,552	1:0,578	1:0,609	1:0,637	1:0,667	1:0,698	1:0,731	1:0,765	1:0,8	1:0,837	1:0,875	1:0,916	1:0,957	1:1	1:1,04	1:1,093	1:1,162	1:1,195	1:2,5
Z шест	C	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
	D	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40

соотн комп		1:1,308	1:1,37	1:1,432	1:1,5	1:1,571	1:1,649	1:1,728	1:1,814	1:1,904	1:2
Z шест	C	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	D	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30

$Q_{изол} = q \cdot n_1$; $Q_{п/эф} = Q_{изол} \cdot \frac{Z_C}{Z_D}$;

где: q - теоретическая производительность насосов в см³/об

Максимальное допускаемое число оборотов вала шестерен насоса не более 140 об/мин



$$I : \frac{\text{изоцианат}}{\text{полиэфир}} \; I : \frac{P_и \cdot \gamma_и}{P_п \cdot \gamma_п},$$

где $P_и$ и $P_п$ - количество весовых частей в полиэфирной и изоцианатной смеси, в.ч.

Для рассмотренного выше примера $P_п$=130,5 и $P_и$= 264; для ППУ-304 - $P_п$ =184 и $P_и$ =170;

$\gamma_п$ и $\gamma_и$ - объемный вес полиэфирной и изоцианатной смеси, г/см^3.

Для ППУ-9н он соответственно равен 1,35 и 1,6г/см^3, а для ППУ-304 $\gamma_п = \gamma_и$ = 1,3 г/см^3.

Отсюда для ППУ-9н

$$I : \frac{\text{изоцианат}}{\text{полиэфир}} = I : \frac{264 \cdot 1{,}35}{130{,}5 \cdot 1{,}6} = I : 1{,}7I$$

и для ППУ -304

$$I : \frac{\text{изоцианат}}{\text{полиэфир}} = I : \frac{170 \cdot 1{,}3}{184 \cdot 1{,}3} = I : 0{,}925$$

Теперь по табл.3 находим ближайшее к расчетному передаточное соотношение пары шестерен (С и Д). На напылительной машине устанавливаются шестерни (СиД), у которых количество зубьев соответствует найденному по табл.3.

Установка имеет промывочный бачок, подключаемый параллельно к шлангу, который подает сжатый воздух в пистолет-распылитель. Если необходимо прочистить пистолет, то из бачка в сжатый воздух впрыскивается растворитель (ацетон, метиленхлорид).

В настоящее время на экспериментальном заводе ДонУГИ изготовлена опытная партия установок для нане-

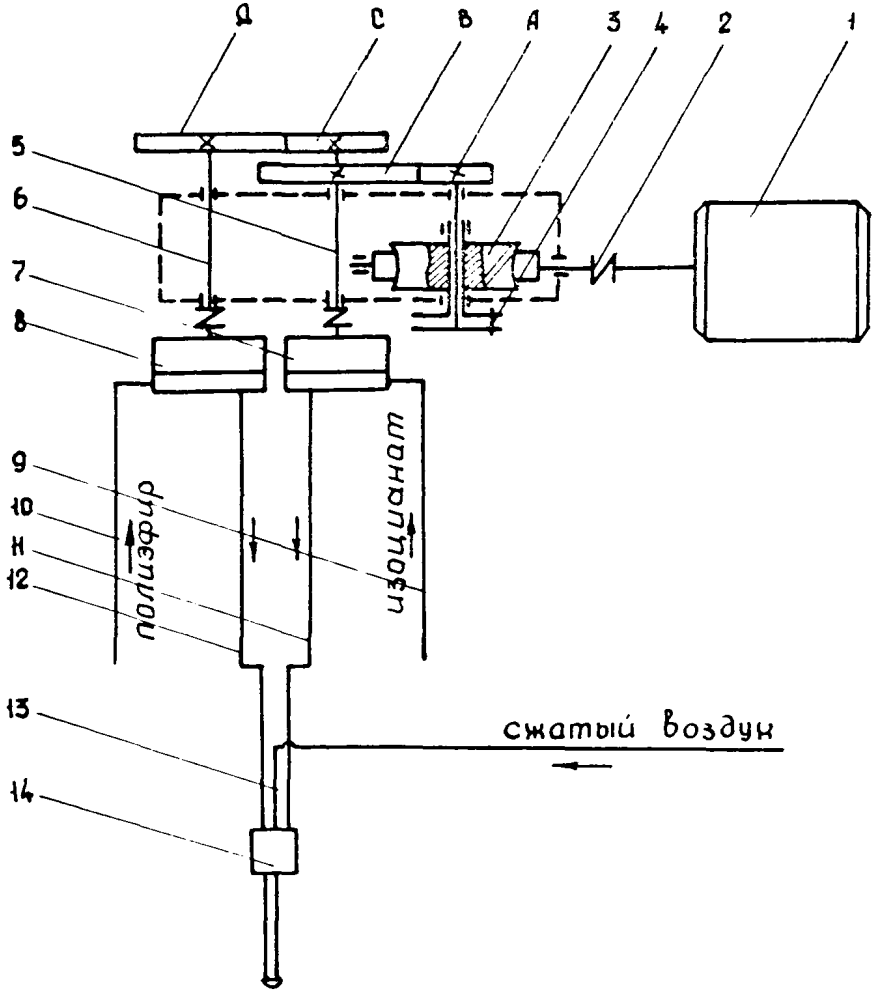


Рис.I.Принципиальная схема напылительной установки

сения полиуретановых покрытий(рис.2). Стоимость установки равна 2500руб. Принципиальная схема этих установок аналогична схеме, представленной на рис.I.С I973 года предполагается серийный выпуск установок. Ниже приведена техническая характеристика их.

Техническая характеристика

I.Производительность(по смеси) от 0,5 до 2,0 кг/мин;

2.Производительность меняется плавно путем изменения расхода подводимого из сети воздуха.

3.Толщина напыляемого слоя -5÷50мм;

4.Возможные соотношения компонентов -от I:I до I:2;

5.Дозирующие насосы - шестеренные,производительностью 20 $см^3$/об.

6.Привод дозирующих насосов-пневмодвигатель от сверла СР-3;

7.Расход воздуха - 3,5 $м^3$/мин;

8.Давление воздуха - 4-5кг/$см^2$;

9.Радиус действия машины - 20 м;

IO.Обслуживающий персонал - 2 человека;

II.Вес - 65 кг.

4.I.Обслуживание установки,основные неполадки и способы их устранения

Работы по ремонту и возведению вентиляционных сооружений характеризуются частой сменой рабочего мес-

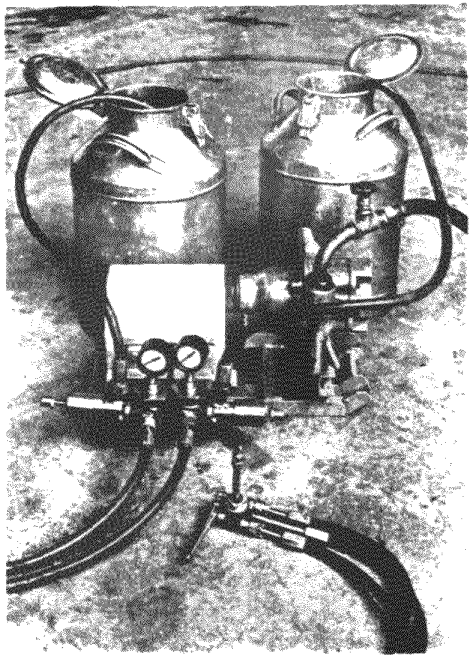


Рис.2.Опытный образец шахтной установки для нанесения пенополиуретановых покрытий

та. Практика показала,что для переброски и хранения напылительной установки,емкостей с сырьем для получения пенополиуретана,шлангов и т.д. необходимо иметь специальную вагонетку.Она должна иметь крышку и запираться.

По прибытии к рабочему месту вагонетка устанавливается в ближайшем удобном месте,напылительная машина и бидоны с рабочими смесями выгружаются и устанавливаются в 2-5 м от обрабатываемого объекта. Установка подключается к сети сжатого воздуха.

Машину обслуживают два рабочих-аппаратчика, один из которых производит напыление, а второй следит за работой машины.Перед началом работы необходимо вручную провернуть червячный вал редуктора(для чего имеется специальная съемная рукоятка),проверить уровень масла в редукторе, при необходимости долить или заменить его, внешним осмотром проверить состояние привода,шлангов (всасывающих и нагнетательных). Затем всасывающие шланги установки опускают в емкость с полиэфирной и в емкость с изоцианатной смесью. Нагнетательный шланг для полиэфирной смеси также опускают в емкость. Включив установку, выкачивают нейтральную жидкость, которой заполняется изоцианатная линия машины(шланги и насос) после окончания напыления.Насос для полиэфирной смеси при этом работает на рециркуляцию. После того, как в шланге, из которого выкачивалась нейтральная жидкость, появится изоцианатная смесь, её опускают в емкость с изоцианатной смесью и дают проработать на рециркуляцию 3-5 мин. Нужно быть внимательным,чтобы не перепутать всасывающие шланги, в противном случае внутри шлангов произойдет вспенивание полиуретана.После этого шланги(как всасывающие,

так и нагнетающие) подлежат замене или тщательной промывке и очистке. Далее необходимо проверить точность дозировки компонентов. Для этого необходимо иметь мерные сосуды(можно использовать стеклянные мерные цилиндры емкостью 250 мл). Проверка производится следующим образом. Через 40-60 секунд после включения машины мерные сосуды одновременно подставляют под наконечники нагнетательных шлангов и следят за их наполнением. Через некоторое время сосуды одновременно убираются. Затем сравнивают объемы смесей в сосудах.Соотношение объемов должно соответствовать расчетному. Допускается отклонение соотношения на 2-3%. После этого подсоединяют к пистолету-распылителю шланги и приступают к напылению пенополиуретана. Включив машину, производят сброс выходящей из пистолета массы в бумажный мешок в течение 5-10 сек, а затем направляют пистолет на почву или затяжку и,убедившись в том,что выходящая из пистолета масса вспенивается равномерно, переходят к нанесению пенопласта на обрабатываемую поверхность.

При кратковременной остановке напыления продувку пистолета производят с растворителем путем открытия соответствующих вентилей на промывочном бачке.

Изоцианат активно вступает в реакцию с влагой,находящейся в воздухе, образуя твердый кристаллический остаток.Поэтому после окончания работ по напылению изоцианатную линию установки нужно промыть растворителем (ацетоном) и заполнить нейтральной жидкостью.Для этого всасывающий шланг изоцианатной линии опускают в емкость с ацетоном и прокачивают его через линию в течение 2-3 минут.Затем закачивают в линию нейтральную жидкость(ди-

бутилфталат, керосин или солярку).

Напыление заканчивается в следующем порядке:

выключается привод насосов;

перекрываются краны подачи компонентов в пистолете-распылителе;

отсоединяются нагнетательные шланги от пистолета;

производится продувка пистолета сжатым воздухом, полная его разборка и промывка;

промывается изоцианатная линия промывочной жидкостью и заполняется нейтральной жидкостью, насос для полиэфирной смеси работает в это время на рециркуляцию;

концы нагнетательных шлангов герметически закрываются резиновыми колпачками.

На напылительной установке могут возникнуть следующие основные неисправности.

Неисправность	Причина неисправности	Способ устранения
I	2	3
I. Машина не дает необходимого соотношения компонентов (уменьшилась подача изоцианатной смеси)	Во всасывающий шланг попали продукты кристаллизации Хлор-ДУДЭГа. Нарушена прокладка между насосом и крышкой насоса. Перекрыто всасывающее отверстие в насосе продуктами кристаллизации Хлор-ДУДЭГа.	Прочистить всасывающий шланг ацетоном и продуть сжатым воздухом. Заменить прокладку. Снять крышку насоса смеси №2, прочистить отверстие.

I	2	3
2.Греется червячный редуктор	Понизился уровень масла. Смесь №2 попала в зазор между валами насоса и его пластинами.	Пополнить редуктор маслом. Разобрать насос, промыть.
3.Срезался предохранительный штифт или одна из шпонок.	Заклинило один из насосов.	Снять заклиненный насос. Если не вращается его приводной вал, разобрать насос и промыть.
4.Плохо смешиваются компоненты.	Понизилось давление воздуха в сети. Забились подводящие каналы сжатого воздуха в пистолете-распылителе.	Проверить сеть сжатого воздуха. Разобрать пистолет-распылитель, прочистить каналы, промыть в ацетоне.
5.В пистолет поступает только одна из смесей.	Забился шланг второй смеси. Насос второй смеси не создает необходимого противодавления.	Прочистить шланг. Заменить насос.

5.I.Особенности получения пенополиуретанового покрытия в шахтных условиях

Пенополиуретановые покрытия в шахтах могут наноситься на поверхность различных материалов(порода,

уголь,дерево,бетон,кирпич и др.) при температуре рудничного воздуха +4 до +30°С.

Обрабатываемая поверхность имеет различную степень шероховатости,запыленности и влажности.Перечисленные выше факторы влияют на качество получаемого пенополиуретанового покрытия.

Хорошее покрытие получается при условии,что оно сплошное и имеет достаточную силу сцепления(адгезию)с обрабатываемой поверхностью,а свойства пенопласта соответствуют техническим условиям.

Без всякой подготовки можно наносить пенополиуретановые покрытия на влажные(но не мокрые) или слабозапыленные поверхности.Сильнозапыленные,сухие поверхности перед обработкой нужно обдуть струей сжатого воздуха.

При нанесении пенополиуретана на мокрые,измазанные масляными продуктами и покрытие влажной пылью поверхности сцепление покрытия с ними практически отсутствует.

Для получения пенополиуретанового покрытия при температуре рудничного воздуха ниже 16°С необходимо повышать концентрацию катализатора(триэтиламина) до 6%. Если этого недостаточно,то нужно увеличивать толщину одновременно наносимого слоя.

Рабочие жидкости при температуре ниже 17°С для ППУ-9н и 10°С для ППУ-304н должны подогреваться.

Изоцианатную смесь ППУ-9н и полиэфирную смесь ППУ-304н нужно подогревать до температуры не выше 20°С,а остальные смеси до 40-50°С.Нагревание смесей производят на поверхности.

При температуре воздуха в шахтах свыше +25°С для вспенивания необходимо использовать фреон-113.

Для предотвращения стекания пены во время обработки потолочных поверхностей необходимо увеличивать количество катализатора на 25-30% против нормы.

Хорошее перемешивание и распыление полиуретановой композиции получается при давлении сжатого воздуха - 5-6 ати. Для предотвращения разрушения поверхности покрытия в период вспенивания и отверждения форсунка пистолета должна находиться от обрабатываемой поверхности на расстоянии 60-70 см.

6.I. Правила безопасности

Часть компонентов, входящих в рецептуру пенополиуретана, являются токсичными веществами. Поэтому при напылении аппаратчики должны соблюдать определенные меры предосторожности.

Правила безопасности, которые должны соблюдаться при производстве работ с применением пенополиуретана, сводятся в основном к следующему:

I. К работам по нанесению пенополиуретана на вентиляционные сооружения допускаются рабочие, прошедшие предварительный инструктаж (курсы) с целью их ознакомления с токсическими свойствами компонентов пенополиуретана и правилами техники безопасности при работе с ними.

2. Все рабочие, занятые на работах по нанесению пенополиуретана на вентиляционные сооружения, должны подвергаться периодическому медицинскому осмотру I раз в году.

3.Подготовка рабочих смесей производится на поверхности.При приготовлении смесей рабочие должны одевать на руки резиновые перчатки. Помещение,где приготавливают смеси, должно иметь вытяжную вентиляцию.

4.Пролитый изоцианат на пол или на поверхность тары должен засыпаться песком или опилками и собираться в отдельную тару и закапываться в землю.

5.Рабочие,производящие напыление пенополиуретана в шахте,должны находиться в респираторах типа "Г" или противогазах марки"А". Продукты сброса собираются в вагон и выдаются на поверхность.

6.Постоянное нахождение людей без защитных средств должно быть не ближе 200 метров от места напыления по ходу вентиляционной струи при напылении ППУ-9н, и 60м при напылении ППУ-304н. При этом по выработке, где находятся рабочие без защитных средств, должно проходить не менее $10м^3$ воздуха в секунду.

7.При попадании компонентов на незащищенные участки тела следует немедленно промыть пораженные участки тела водой с мылом или протереть тампоном, смоченным в ацетоне.

8.Для вытирания рук во время работы рабочие должны ежедневно обеспечиваться чистыми обтирочными материалами.

9.В месте стоянки напылительной установки должен соблюдаться проход между установкой и крепью шириной не менее 1м.

10.У напылительной установки должна находиться аптечка со следующими медикаментами: бинты,вата,салфетки, нашатырный спирт, иодная настойка, ацетон.

II.Для хранения всех исходных компонентов на шахте должно быть организовано складское помещение. Поступающие на склад исходные компоненты должны иметь при каждой партии сертификат или паспорт.

I2.Хранение и перевозка исходных компонентов допускается только в заводской таре - исправных металлических бочках с плотно завертывающимися пробками и бидонах.

П.РЕМОНТ И ВОЗВЕДЕНИЕ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЕНОПОЛИУРЕТАНА

I.2.Герметизация действующих вентиляционных устройств

Для вентиляционных устройств,оштукатуренных песчано-глинистым и песчано-цементным растворами,сравнительно быстро требуется повторная обмазка. Особенно это относится к устройствам,установленным в выработках, подверженных сдвижению боковых пород.Герметизирующее же покрытие вентиляционных устройств из пенополиуретана сохраняется практически весь срок службы.

При герметизации вентиляционных устройств пенополиуретаном особое внимание следует обращать на уплотнение примыкания к боковым породам выработки. В боковых породах, не подверженных сдвижению,вентиляционные сооружения следует обрабатывать пенополиуретаном только по контакту с горным массивом.

Наибольший эффект дает нанесение покрытия на поверхность вентиляционного устройства со стороны под-

пора рудничного воздуха (рис.3а). В этом случае утечки воздуха засасывают жидкую композицию пенополиуретана в щели, где, вспениваясь и затвердевая, полиуретановая пена тампонирует их.

При депрессии рудничного воздуха на обрабатывае - мой поверхности свыше 50 мм.вод.ст. нужно принимать меры по её снижению на период обработки. Для этой це - ли в глухих перемычках следует временно оставлять разгрузочное окно, а в перемычках с дверью открывается дверь. Если обработка возможна только против прососов воздуха, то нужно также снимать депрессию, по крайней мере до 10 мм.вод.ст. В случае, когда напылительную установку удобнее расположить со стороны низкого давле - ния рудничного воздуха, а оператор имеет возможность подхода со стороны высокого давления (рис.3б), поступают следующим образом.

В теле сооружения проделывают отверстие, через которое пропускают шланги к напылительному пистолету. После нанесения пенополиуретанового покрытия шланги удаляют, а отверстие заделывают вручную (в небольшой емкости полиэфирную и изоцианатную смесь быстро перемешивают вручную и заливают отверстие).

Если к сооружению имеется доступ только со стороны низкого давления, то в нем делают лаз для оператора (рис.3в). После обработки лаз закладывают и герметизируют со стороны низкого давления.

Исходя из воздухонепроницаемость пенополиуретана, для герметизации вентиляционных сооружений достаточно покрытия толщиной 5мм. Но из-за неровности поверхности и выступающих кусков породы такой слой пенопласта не

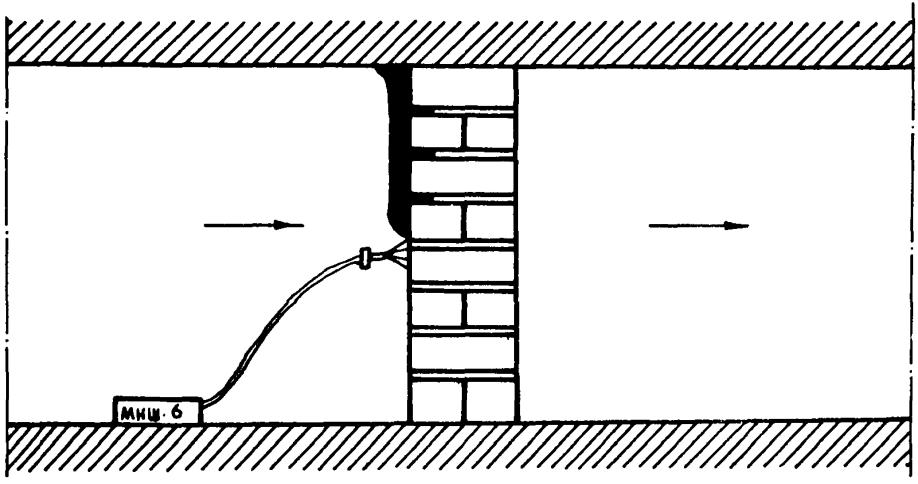


Рис.3а.Схема герметизации перемычки со стороны подпора рудничного воздуха

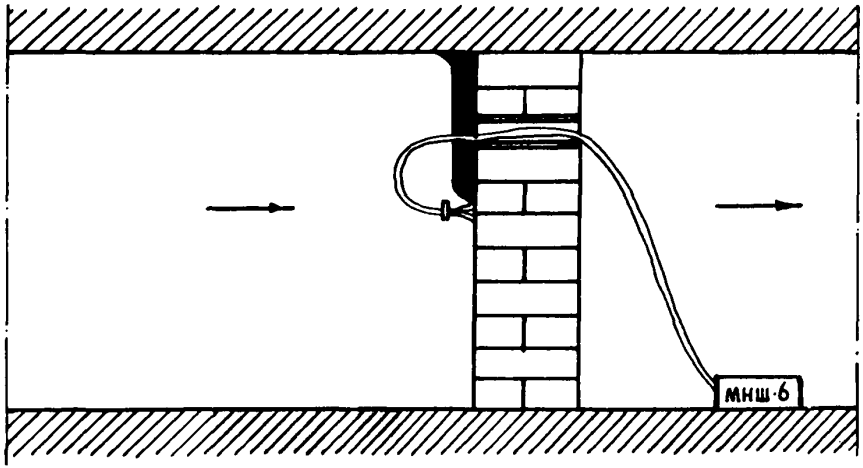


Рис.3б. Схема герметизации перемычки с расположением напылительной установки со стороны низкого давления воздуха

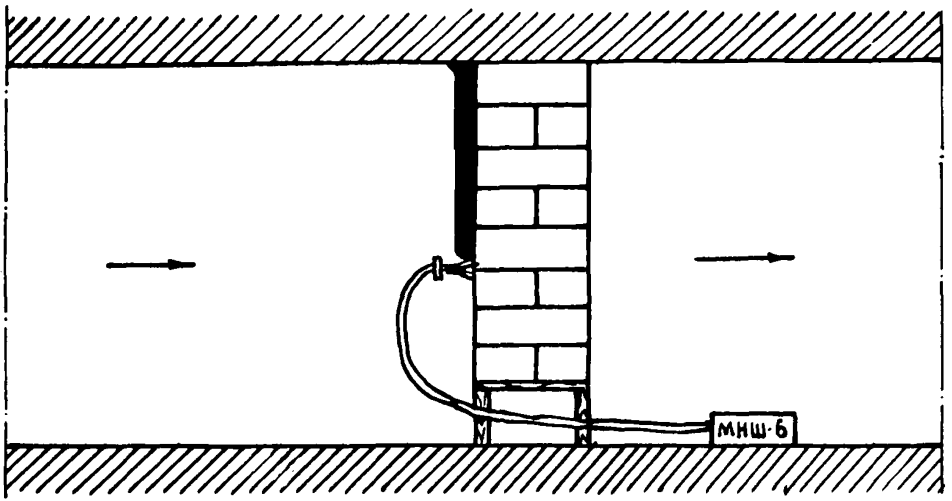


Рис.3в. Схема герметизации перемычки при доступе к ней со стороны низкого давления воздуха

всегда удается нанести на обрабатываемую поверхность сооружения и прилегающие породы. В зависимости от степени неровности он получается больше рекомендованного. Поэтому при подготовке вентиляционного сооружения к герметизации необходимо добиваться по возможности более ровной поверхности. Для этого все большие трещины, щели и впадины можно замазать глиняным раствором, а большие острые выступы боковых пород обить.

Обработку перемычек пенополиуретаном нужно начинать с примыкания их к боковым породам, переходя затем к покрытию непосредственно тела перемычек. Боковые породы, прилегающие к перемычке, покрываются пенопластом на протяжении 20-25 см.

Почва выработки перед перемычкой обычно покрыта слоем разложившейся породы, утрамбованного штыба. В этом слое перед телом перемычки нужно сделать канавку глубиною 15-20 см и заполнить её пенопластом. Таким образом осуществляют контакт покрытия с почвой выработки.

По окончании герметизации сооружение нужно осмотреть и определить оставшиеся незакрытые щели и другие места прососов воздуха (например, с помощью дыма, образуемого четыреххлористым титаном). Обнаруженные места прососов необходимо замазать глиной и повторно обработать.

При наличии больших утечек воздуха через боковые породы, вмещающие вентиляционное сооружение, на их поверхность также следует нанести пенополиуретановое изоляционное покрытие. Для этого нужно снять крепежные рамы, начиная от сооружения, произвести оборку породы и покрыть поверхность боковых пород слоем пено-

полиуретана.

В зависимости от состояния боковых пород обработку пенопластом можно производить поочередно по мере снятия рам крепи или сразу на всем участке. Оптимальная величина(а) участка боковых пород,подлежащих обработке пенополиуретаном по экономическому фактору, приведена в таблице. Таблица составлена для перемычек сечением 7,0 м^2 со сроком службы 2 года.

Депрессия вентилятора шахты,мм.вод.ст.	Утечки воздуха через боковые породы до их герметизации, Q до м^3/сек.				
	I,5	I,0	0,5	0,25	0,I
I00	0,6	0,3	0,0	-0,2	-0,3
200	I,3	0,8	0,3	0,0	-0,2
300	I,8	I,3	0,6	0,2	-0,I
400	2,3	I,6	0,8	0,3	0,0
500	2,7	2,I	I,0	0,5	0,0
600	3,I	2,3	I,3	0,6	0,I

Из таблицы видно, что по экономическим соображениям герметизацию боковых пород пенополиуретана следует проводить при сочетаниях Н и Q_{gs} ,определяющих в таблице слева от жирной линии.

Во многих случаях по условиям безопасности необходимо снизить утечки воздуха до определенного уровня. В этих случаях необходимая длина герметизируемого участка определяется по формуле

$$\ell_{герм} = \ell_{пер}\left(\frac{Q_{до}^2}{Q_{после}^2} - 1\right) \quad ,м, \qquad (3)$$

где $\ell_{пер}$ – толщина перемычки, м;

$Q_{до}$ – количество утечек воздуха через боковые породы до их герметизации, $м^3$/сек;

$Q_{после}$ – количество утечек воздуха через боковые породы после их герметизации (допустимый уровень утечек по условиям безопасности), $м^3$/сек.

При герметизации кроссингов пенополиуретаном обрабатывается сопряжение "замка" кроссинга с боковыми породами. "Замком" кроссинга называется специальный пояс из бетонита, бетона и цементно-песчаного раствора, устраиваемый вокруг стен и перекрытия кроссинга с целью предотвращения утечек воздуха между кроссингом и боковыми породами. Обычно такие "замки" делают на каждом кроссинге. Если имеется большое количество щелей и трещин в "рубашке" кроссинга, то изнутри её необходимо покрыть полиуретановой пеной.

Оптимальная производительность установки при обработке вентиляционных сооружений равна 1,4–1,7 кг/мин.

При нанесении пенополиуретанового покрытия на потолочные поверхности (кровля выработки, перемычка в вертикальной выработке) производительность машин следует снижать до 0,8–1.0 кг/мин.

2.2. Возведение перемычек и кроссингов

Для увеличения межремонтного срока службы вентиляционных сооружений, работающих в зоне активного горного давления, их необходимо строить податливыми.

Податливость сооружений можно обеспечивать за счет размещения слоя из пенополиуретана между жесткими конструктивными элементами.

Толщину податливого слоя, предохраняющего сооружение от разрушения на весь его срок службы, можно определить по формуле

$$\delta = \frac{Z}{\varepsilon}, \text{см}, \qquad (4)$$

где Z – предполагаемая величина сближения противоположных стенок (кровли и почвы) выработки за весь срок службы вентиляционного сооружения, см;

ε – относительная величина сжатия пенополиуретана под нагрузкой, равной пределу прочности материала жестких элементов сооружения на сжатие.

Значение ε для различных типов вентиляционных сооружений приведено в табл.4.

Таблица 4

Тип сооружений	ε
Бетонитовая глухая перемычка	0,9
Перемычка с дверью шириной 2м (ППУ-9н)	0,65
Перемычка с дверью шириной 2м (ППУ-304н)	0,75
Перемычка с дверью шириной 1м	0,9
Кроссинг	0,8

Места расположения податливого слоя из ППУ в вентиляционных перемычках показаны на рис.4. Податливый слой устраивается следующим образом.

На месте установки перемычки обнажают бока и кровлю выработки и тщательно обирают от породы,потерявшей связь с горным массивом. Затем на боковые породы наносят слой пенополиуретана,толщина которого должна выбираться согласно расчету по формуле(4).

После этого обычным способом возводится перемычка, и её контакт с податливым слоем покрывается полиуретановой пеной.

С помощью пенополиуретана можно возводить глухие перемычки и перемычки с дверями из пленочного воздухонепроницаемого материала(например,из прорезиненной ткани, синтетической пленки, брезента, обработанного специальным составом для уменьшения воздухонепроницаемости и др.).На рис.5 показана конструкция такой перемычки.

Для придания жесткости перемычек в направлении напора рудничного воздуха в сечении выработки устанавливают двойной ряд составных ремонтин, между которыми натягивают пленку.Её заранее склеивают на поверхности из отдельных полотнищ. Второй ряд ремонтин необходим для сохранения жесткости перемычки при реверсировании вентиляционной струи.

Пленка прикрепляется к боковым породам с помощью металлических или деревянных клиньев,забиваемых в трещины.

Затем контакт пленки с горным массивом обрабатывается пенополиуретаном. Ремонтины делаются составными и соединяются внахлестку с помощью хомутов. Такая конструкция при сдвижении кровли и почвы выработки имеет

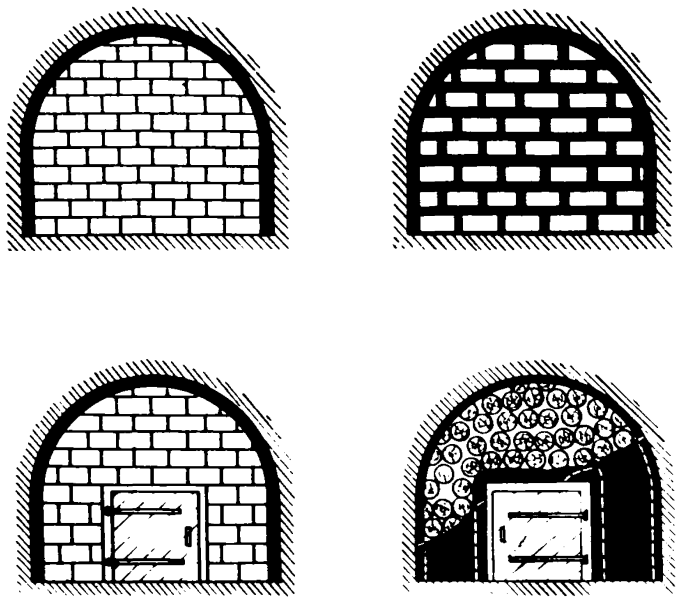


Рис.4.Конструкции податливых перемычек с применением пенополиуретана

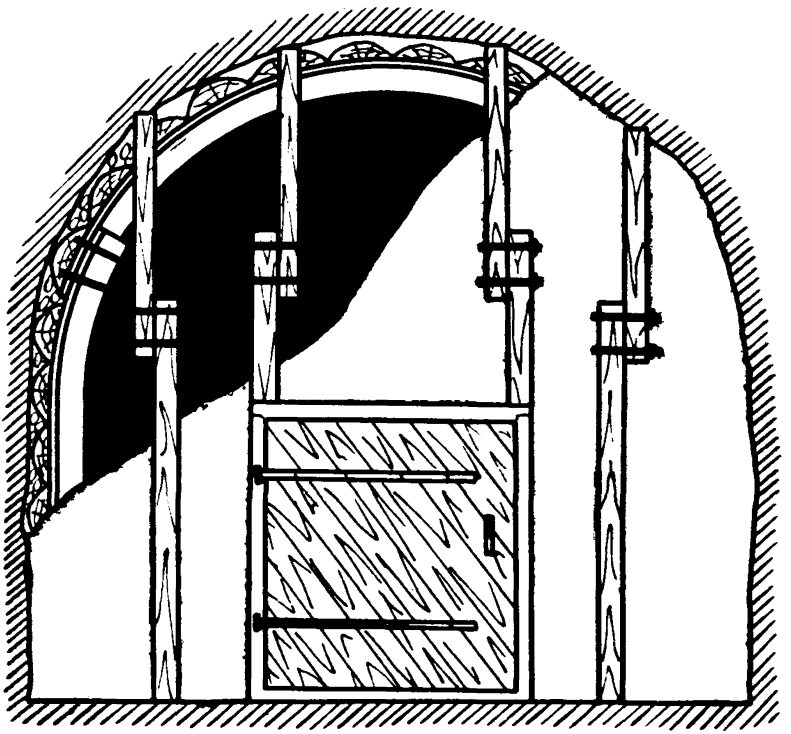


Рис.5. Перемычка из пленки с уплотнением по периметру из пенополиуретана

податливость в замках.

При наличии в перемычке дверей пленка крепится к дверной коробке, сопряжение пленки с коробкой герметизируется полиуретановой пленкой. Для устойчивости дверная коробка крепится растяжками к рамам крепи.

Такая конструкция перемычек особенно эффективна в местах с интенсивным сдвижением боковых пород, где обычные перемычки с дверями приходится перекладывать через I,0-I,5 месяца.

Перемычки с применением пенополиуретана могут сооружаться с основанием из различных материалов.Например, полиуретановая пленка может наноситься на мешковину, бумагу, металлическую сетку, дощатый щит и др. (рис.6). При использовании в качестве основания гибких материалов делается каркас из распилов или обаполов. Во всех случаях основание перемычки(каркас) должно опираться на крепежную раму. В зависимости от частоты крепи в места установки перемычки снимают одну (две) раму или вынимают затяжку, а основание перемычки устраивают таким образом, чтобы оно примыкало к горному массиву. Затем на него наносят пенополиуретановое покрытие. Пенопластом покрывают сначала контакт перемычки с породами, а затем уже само основание.

Во всех случаях,когда полиуретановая пена выполняет не только изоляционные функции, но и несет определенную нагрузку, для разгрузки перемычки от напора рудничного воздуха в период отверждения пены необходимо оставлять разгрузочное окно.Размер окна зависит от величины предполагаемой депрессии на перемычке.После отверждения пены(I5-20 мин.) окно герметизируется.

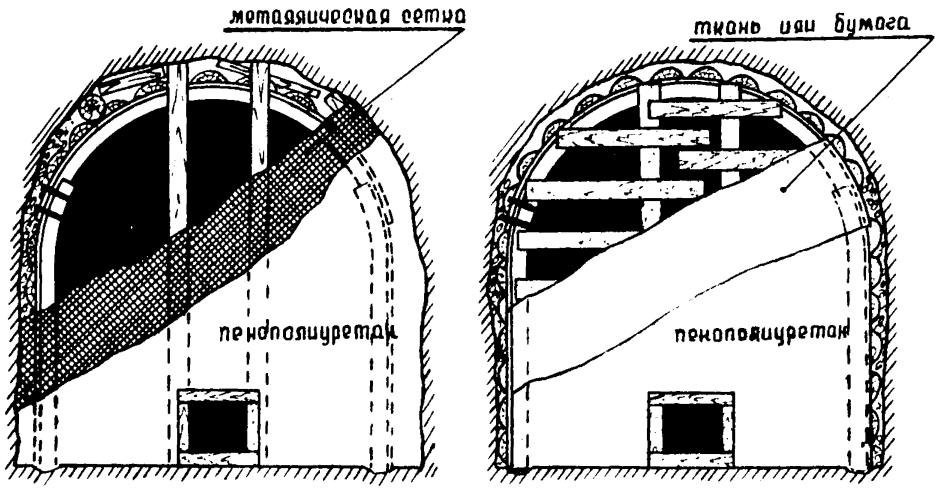


Рис.6. Легкие перемычки с пенополиуретановым покрытием

При экстренной установке перемычки основание её может опираться на крепежную раму без снятия затяжек. Для уменьшения утечек воздуха за контуром рамы в щели между затяжками вспрыскивается пенополиуретан. Вспениваясь и заполняя пустоты между породой забутовки, он уменьшает воздухонепроницаемость зоны за контуром перемычки.

При строительстве кроссингов пенополиуретан может использоваться в качестве изолирующей податливой прокладки в "замках". Прокладка предохраняет "рубашку" кроссинга от разрушения при сдвижении боковых пород и хорошо уплотняет контакт "замка" с горным массивом.

На рис.7 и 8 схематически показано расположение слоя из пенопласта в кроссингах.

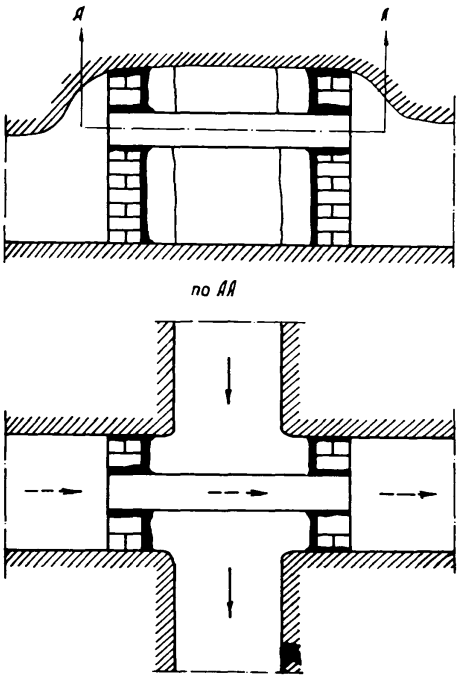


Рис.7. Глухой трубчатый кроссинг

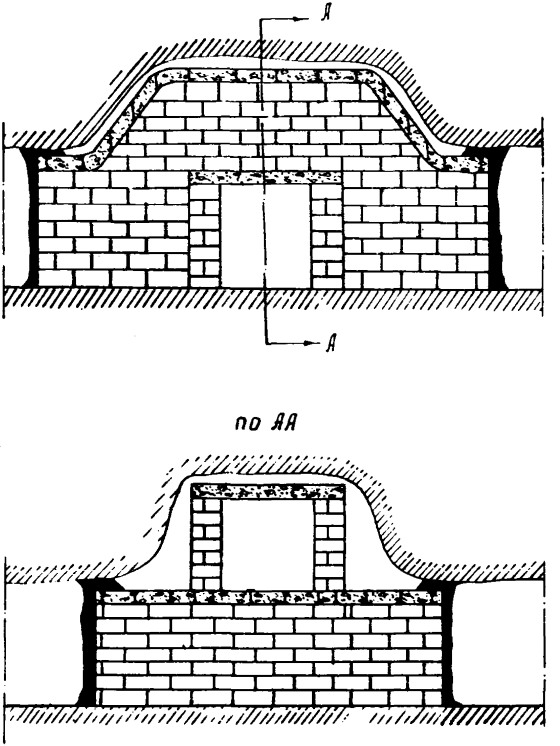


Рис.8. Глухой кроссинг типа"перекидной мост"

О Г Л А В Л Е Н И Е

Стр.

ВВЕДЕНИЕ 3

РАЗДЕЛ I. ПОЛУЧЕНИЕ ПЕНОПОЛИУРЕТАНОВОГО ПОКРЫТИЯ В ШАХТЕ

I.I. Краткие сведения о пенополиуретанах 4

2.I. Приготовление рабочих смесей. . . . IO

3.I. Установка для нанесения полиуретановых покрытий I5

4.I. Обслуживание установки, основные неполадки и способы их устранения. . . I9

5.I. Особенности получения пенополиуретанового покрытия в шахтных условиях. 24

6.I. Правила безопасности 26

РАЗДЕЛ П. РЕМОНТ И ВОЗВЕДЕНИЕ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЕНОПОЛИУРЕТАНА

I.2. Герметизация действующих вентиляционных устройств 28

2.2. Возведение перемычек и кроссингов... 35

Ответственный за выпуск
Пальчик Д.А.
Редактор Довгалева М.А.

БП 01691. Подписано к печати 22.5.1973 г.
Формат 60 х 90 1/16. Объем 3,25 печ.л.
Тираж 490 экз. Зак. № 257. Цена 15 коп.

Институт ДонУГИ. Донецк, Артема, 114.

gost.e-ecolog.ru