

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
Санкт-Петербургский горный университет**

**Кафедра безопасности производств**

**БЕЗОПАСНОСТЬ ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ И  
ГОРНОСПАСАТЕЛЬНОЕ ДЕЛО**

*Методические указания к самостоятельной работе  
для студентов специальности 21.05.04*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2021**

УДК 622.807 (073)

**БЕЗОПАСНОСТЬ ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ И ГОРНОСПАСАТЕЛЬНОЕ ДЕЛО.** Методические указания к самостоятельной работе / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *Е.И. Кабанов, А.В. Корнев, Г.И. Коршунов*. СПб, 2021. 35 с.

Методические указания предназначены для выполнения расчетно-графической работы «Расчет параметров мероприятий по борьбе с рудничной пылью». Приведены краткие теоретические сведения о вредных и опасных свойствах рудничной пыли, рассмотрены основные мероприятия по обеспыливанию рудничного воздуха. Описаны методики расчета прогнозной запыленности рудничного воздуха в очистных и подготовительных забоях угольных шахт, способы расчета параметров мероприятий по борьбе с пылью. Для выполнения расчетно-графического задания приведены индивидуальные варианты исходных данных и требования по оформлению отчета о выполнении расчетно-графической работы.

Предназначены для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело».

Научный редактор проф. *С.Г. Гендлер*

Рецензент канд. техн. наук, *А.Б. Соколов* (ООО «Научно-технический центр «Геотех Промбезопасность»)

## **ВВЕДЕНИЕ**

Рудничная пыль представляет значительную опасность для здоровья горнорабочих, обусловленную возникновением профессиональных заболеваний пылевой этиологии. Вместе с тем, наличие витающей и отложившейся горючей пыли в подземных выработках является фактором, определяющим пылевзрывоопасность горнодобывающих предприятий. В связи с чем, борьба с пылью в шахтах и рудниках является одной из важнейших проблем как с точки зрения охраны труда, так и промышленной безопасности.

Будущим инженерам для успешного решения вопросов минимизации вредного воздействия рудничной пыли на обслуживающий персонал и снижения пылевзрывоопасности подземных выработок необходимо знать и целесообразно применять основные методы и средства по борьбе с рудничной пылью.

В методических указаниях приведены методики расчета прогнозной запыленности в очистных и подготовительных забоях, а также выбора и определения параметров мероприятий по снижению пылевыведения и обеспыливанию рудничного воздуха. В качестве объекта изучения рассматриваются предприятия по подземной добыче угля, поскольку угольная пыль является наиболее распространенным рудничным аэрозолем, сочетающим вредные для здоровья человека и взрывоопасные свойства.

### **1. Источники выделения рудничной пыли**

Пыль – это дисперсная система (грубодисперсный аэрозоль), в которой дисперсной средой является газ, а дисперсной фазой – твердые взвешенные частицы. Размеры частиц пыли изменяются в пределах:

- от 100 мкм до 10 мкм – грубые частицы, заметные невооруженным глазом и оседающие в неподвижном воздухе со скоростью более 1 мм/с;
- от 10 мкм до 0,25 мкм – микроскопические частицы, видимые в оптические микроскопы и оседающие в неподвижном воздухе со скоростью более 0,01 мм/с;

- менее 0,25 мкм – субмикроскопические частицы, обнаруживаемые при помощи электронных микроскопов и оседающие в неподвижном воздухе со скоростью менее 0,01 мм/с.

К основным технологическим процессам и производственным операциям, приводящим к выделению пыли в шахтах и рудниках, относятся:

- очистная выемка и проходка горных выработок комбайновым способом;
- отбойка горных пород;
- буровзрывные работы;
- бурение шпуров;
- погрузка, разгрузка и перегрузка угля (руды) и породы;
- транспортировка угля (руды) и породы.

В табл.1.1 приведены концентрации пыли в рудничном воздухе, которые могут формироваться при различных производственных процессах.

*Таблица 1.1*

**Уровень запыленности рудничного воздуха при различных производственных процессах [1]**

Производственный процесс	Запыленность рудничного воздуха, г/м <sup>3</sup>
Взрывные работы в тупиковом забое	0,5-300
Работа угольного комбайна, врубовой машины, качающегося конвейера, перегрузка угля с конвейера в вагонетки	0,5-50
Работа отбойными молотками по углю	0,5-15
Сухое бурение шпуров по породе	0,1-10
Погрузка машинами сухой горной породы	0,1-5
Погрузка сухой породы в вагонетку вручную	0,06-0,34
Перегрузка угля с конвейеров на конвейер при высоте падения угля 0,4 м	0,11-0,17

Высокая запыленность рудничного воздуха приводит к негативным последствиям, связанным, в первую очередь, с возникновением профессиональных заболеваний органов дыхания у горнорабочих. Вместе с тем, некоторые виды рудничной пыли (угольная, сульфидная, серная) могут образовывать взрывоопасные воздушные смеси.

## 1.1 Нормирование запыленности воздуха на угольных шахтах

С физиологической точки зрения основной нормой содержания пыли в воздухе рабочей зоны является среднесменная предельно допустимая концентрация ПДК<sub>сс,рз</sub>, значения которой представлены в табл.1.2.

Таблица 1.2

**Среднесменная предельно допустимая концентрация пыли в воздухе рабочей зоны [2]**

Наименование вещества	ПДК <sub>сс,рз</sub> , мг/м <sup>3</sup>
Пыль с содержанием кристаллического диоксида кремния SiO <sub>2</sub> более 70 %	1
Пыль с содержанием кристаллического диоксида кремния SiO <sub>2</sub> от 10 до 70 %	2
Пыль с содержанием кристаллического диоксида кремния SiO <sub>2</sub> от 2 до 10 %	4
Антрацит с содержанием свободного диоксида кремния SiO <sub>2</sub> до 5 %	6
Другие ископаемые угли и углепородные пыли с содержанием свободного диоксида кремния SiO <sub>2</sub> до 5 %	10

Максимально допустимая запыленность рудничного воздуха в месте ведения горных работ (на рабочих местах в подготовительных и очистных забоях, в исходящих из подготовительных и очистных забоев вентиляционных струях, в других местах с высокой запыленностью воздуха) не должна превышать технически достижимого уровня запыленности воздуха [3,7].

*Технически достижимый уровень запыленности* (далее ТДУ запыленности) – уровень, до которого возможно снизить запыленность воздуха на рабочих местах при выполнении всех применимых в данных условиях технических средств и организационных мероприятий, направленных на борьбу с пылью. ТДУ запыленности воздуха определяют при работе всех технических устройств по борьбе с пылью, предусмотренных проектной документацией, и рассчитывают в соответствии с формулой:

$$\text{ТДУ} = 1,25 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n} \text{ мг/м}^3, \quad (1.1)$$

где:  $C_i$  – концентрация пыли в рудничном воздухе, полученная при  $i$ -ом замере, мг/м<sup>3</sup>;  $n$  – число замеров.

ТДУ запыленности рудничного воздуха угольных шахт не должен превышать [3,7]:

- 250 мг/м<sup>3</sup> – в рудничном воздухе на рабочих местах в подготовительных и очистных забоях;
- 150 мг/м<sup>3</sup> – в рудничном воздухе после обеспыливающей заветы в исходящих вентиляционных струях из подготовительных и очистных забоев.

На рабочих местах, где содержание пыли превышает установленные предельно допустимые концентрации ПДК<sub>сс.пз</sub>, обслуживающий персонал в обязательном порядке обеспечивается индивидуальными средствами защиты органов дыхания (противопылевыми респираторами).

## 1.2 Взрывчатость угольной пыли

В зависимости от свойств угля и внешних факторов концентрационные пределы воспламенения смесей угольной пыли с воздухом меняются в диапазоне от 10 г/м<sup>3</sup> до 2000 г/м<sup>3</sup> и более (взрыв наибольшей силы происходит при концентрации угольной пыли 300-400 г/м<sup>3</sup>). Температура воспламенения воздушных смесей угольной пыли – 750-850 °С.

На взрывчатость угольной пыли влияют следующие свойства:

- выход летучих  $V^{daf}$ , % – характеризует состав и степень углефикации органического вещества в угле:

$$V^{daf} = \frac{m_V}{M^{daf}} \cdot 100, \quad (1.2)$$

где:  $m_V$  – масса летучих веществ (СН<sub>4</sub>, С<sub>х</sub>Н<sub>у</sub>, Н<sub>2</sub>, СО и др.), выделяющихся при нагревании пробы угля до  $t = 850$  °С, г;  $M^{daf}$  – масса пробы угля, пересчитанная на беззольное сухое состояние, г; в соответствии с Правилами безопасности [4] к опасным по взрывам угольной пыли относятся пласты угля с выходом летучих  $V^{daf} \geq 15$  %, а также пласты угля (кроме антрацитов) с меньшим вы-

ходом летучих, взрывчатость пыли которых установлена при проведении лабораторных исследований;

▪ *зольность*  $A^d$ , % – показатель, учитывающий содержание золы (негорючих минеральных примесей) в угле:

$$A^d = \frac{m_A}{M^d} \cdot 100, \quad (1.3)$$

где:  $m_A$  – масса несгораемого остатка, образуемого при сжигании пробы угля, г;  $M^d$  – масса пробы угля, пересчитанная на сухое состояние, г; повышение зольности угольной пыли приводит к снижению ее взрывчатых свойств, поскольку присутствие золы в пылевоздушной среде увеличивает теплоемкость системы, приводит к поглощению золой части тепловой энергии и уменьшению концентрации горючих компонентов в пылевоздушной смеси; в зависимости от прочих свойств угольная пыль становится невзрывчатой начиная от  $15 < A^d < 60$  % и выше;

▪ *влажность*  $W$ , % – показатель, учитывающий содержание влаги в угле; влияние влаги на взрывчатость угольной пыли в целом аналогично действию золы, однако более высокое значение теплоемкости воды обуславливает более выраженное влияние влажности на взрывчатые свойства пыли; вместе с тем, при высокой влажности угольной пыли происходит агрегация ее частиц, которая приводит к интенсификации процессов осаждения; угольная пыль становится невзрывчатой при влажности более 25 %; влажность отложившейся в выработках угольной пыли должна быть не менее 12 %;

▪ *размер частиц пыли*  $d$ , мкм: наиболее выраженными взрывчатыми свойствами обладает пыль с размерами частиц  $10 < d < 75$  мкм; максимальный размер угольных частиц, при котором они могут принимать участие во взрыве  $d = 170$  мкм.

## 2. Расчет прогнозной запыленности рудничного воздуха

Прогнозная запыленность рудничного воздуха определяется по данным, полученным в результате лабораторных испытаний пластовых проб угля или по данным, полученным при ведении горных работ в аналогичных горно-геологических и горнотехнических условиях [5]. В основе определения прогнозной запыленности в очи-

стных и подготовительных забоях используется показатель *удельно-го пылевыведения пласта*  $q_{пл}$ , г/т:

$$q_{пл} = \frac{m_{п}}{M_{у}}, \quad (2.1)$$

где:  $m_{п}$  – масса пылевых частиц, выделяющихся в рудничный воздух при отработке угольного пласта, г;  $M_{у}$  – общая масса угля, разрушенного при отработке угольного пласта, т.

Удельное пылевыведение рассчитывается по результатам определения гранулометрического состава пластовых проб угля после их дробления с учетом суммарного содержания в разрушенном угле частиц размером менее 100 мкм и общей влаги:

$$q_{пл} = 150a_{100} \left[ (0,65m_{в} + 0,07) \cdot 5,5 \cdot e^{-0,3W} \right] \quad (2.2)$$

где:  $a_{100}$  – содержание в разрушенном угле частиц размером менее 100 мкм (выход частиц при ситовом анализе), %;  $W$  – общая влага угля, %;  $m_{в}$  – вынимаемая мощность пласта, м.

На основе показателя удельного пылевыведения в соответствии с [6] может быть установлена группа пыльности угольного пласта и определены рекомендуемые мероприятия по борьбе с пылью, представленные в табл.2.1.

Таблица 2.1

**Мероприятия по борьбе с пылью, рекомендуемые на основе показателя удельного пылевыведения [6]**

Удельное пылевыведение $q_{пл}$ , г/т	Группа пыльности пласта	Рекомендуемые мероприятия по борьбе с пылью
$q_{пл} < 50$	I	Орошение; ПГО*, применение ВВЭ**
$50 \leq q_{пл} < 100$	II	Предварительное увлажнение угля в массиве: - в сочетании с орошением или пылеподавлением пеной; - в сочетании с ПГО или применением ВВЭ



Окончание таблицы 2.1

$100 \leq q_{пл} < 150$	III	Предварительное увлажнение угля в массиве: - и орошение с подачей воды в зону резания; - в сочетании с пылеподавлением пеной или высоконапорным орошением; - в сочетании с ПГО или применением ВВЭ
$150 \leq q_{пл} < 250$	IV	
$250 \leq q_{пл} < 400$	V	- Предварительное увлажнение угля в массиве: - в сочетании с орошением и пылеулавливанием; - в сочетании с ПГО и пылеулавливанием
$400 \leq q_{пл} < 600$	VI	
$600 \leq q_{пл} < 1000$	VII	В дополнение к обеспыливающим мероприятиям, рекомендованным для пластов V и VI групп, должно быть исключено присутствие людей в местах с высоким уровнем запыленности
$q_{пл} > 1000$	VIII	
* ПГО – пневмогидроорошение ** ВВЭ – водовоздушный эжектор		

Прогнозная запыленность рудничного воздуха для очистного забоя  $C_{оч.заб}$ , мг/м<sup>3</sup> и подготовительного забоя  $C_{п.заб}$ , мг/м<sup>3</sup> определяется по формулам:

$$C_{оч.заб} = 1000 \cdot \frac{2q_{пл}P_{оч}(0,07v_{оч}^3 + 1,1v_{оч}^2 - 3,1v_{оч} + 3,5)}{Q_{оч}}(1 - \mathcal{E}_{оч}), \quad (2.3)$$

$$C_{п.заб} = 1000 \cdot \frac{q_{пл}P_{пр}(0,7v_{пр}^3 + 8,5v_{пр}^2 - 7,6v_{пр} + 2,7)}{Q_{пр}}(1 - \mathcal{E}_{п}), \quad (2.4)$$

где:  $P_{оч}$  и  $P_{пр}$  – производительность очистного комбайна и проходческого комбайна соотв., т/мин;  $v_{оч}$  и  $v_{пр}$  – скорость воздуха в забое очистной выработки и подготовительной выработки соотв., м/с;  $Q_{оч}$  и  $Q_{пр}$  – расход воздуха в очистном забое и забое подготовительной выработки соотв., м<sup>3</sup>/мин;  $\mathcal{E}_{оч}$  и  $\mathcal{E}_{п}$  – эффективность мер по борьбе с пылью в очистном забое и подготовительном забое соотв., доля ед (при оценке комплекса мер по борьбе с пылью принимаются меньшие значения эффективности по данным табл.2.2 и табл.2.3).

Таблица 2.2

**Эффективность мер по борьбе с пылью в очистном забое [5]**

Меры по борьбе с пылью	Эффективность $\mathcal{E}_{\text{оч}}$ , доли ед.
<i>Предварительное увлажнение угольного массива:</i>	
водой	0,50-0,60
водой с применением добавок	0,60-0,80
<i>Мокрое пылеподавление:</i>	
орошение типовое без укрытий	0,70-0,90
орошение типовое с укрытиями	0,85-0,96
высоконапорное орошение	0,85-0,96
применение водовоздушных эжекторов	0,80-0,93
орошение с подачей воды в зону резания	0,83-0,92
пневмогидроорошение	0,90-0,98
<i>Пенное пылеподавление:</i>	
пылеподавление пеной	0,80-0,98
<i>Аспирационное пылеудаление:</i>	
пылеотсос без укрытий	0,40-0,90
пылеотсос с укрытиями	0,70-0,98

Если прогнозная запыленность рудничного воздуха превышает допустимый уровень запыленности, то необходимо обеспечить принятие дополнительных мер по снижению запыленности.

Таблица 2.3

**Эффективность мер по борьбе с пылью в подготовительном забое [5]**

Меры по борьбе с пылью	Эффективность $\mathcal{E}_n$ , доли ед.	
	Комбайны с открытым исполнительным органом	Комбайны с ограждающими щитами
<i>Предварительное увлажнение угольного массива:</i>		
водой	0,40-0,60	-
водой с применением добавок	0,60-0,80	-
<i>Мокрое пылеподавление:</i>		
орошение внешнее	0,70-0,92	0,80-0,90
орошение внутреннее и внешнее	0,90-0,93	-
применение водовоздушных эжекторов	0,90-0,95	-
пневмогидроорошение	0,90-0,98	-

<i>Пенное пылеподавление:</i>		
пылеподавление пеной	-	0,90-0,95
<i>Аспирационное пылеудаление:</i>		
пылеотсос	0,70-0,93	-
<i>Комбинированное пылеудаление:</i>		
внешнее орошение и пылеотсос	0,95	-
водовоздушные эжекторы и пылеотсос	0,97	-
пена и пылеотсос	-	0,94-0,97
внутреннее и внешнее орошение и пылеотсос	0,98	-

Принятая прогнозная запыленность рудничного воздуха для очистного забоя  $C_{\text{оч.заб.пр}}$ , мг/м<sup>3</sup> и подготовительного забоя  $C_{\text{п.заб.пр}}$ , мг/м<sup>3</sup> с учетом дополнительных мер по борьбе с запыленностью, определяется по формулам:

$$C_{\text{оч.заб.пр}} = C_{\text{оч.заб}} \prod_{k=1}^n (1 - \mathcal{E}_k), \quad (2.5)$$

$$C_{\text{п.заб.пр}} = C_{\text{п.заб}} \prod_{k=1}^n (1 - \mathcal{E}_k). \quad (2.6)$$

где:  $\mathcal{E}_k$  – эффективность дополнительных мер по снижению запыленности рудничного воздуха, доли ед. (см. табл.2.2 и табл.2.3);  $n$  – количество выбранных дополнительных мер по снижению запыленности рудничного воздуха, шт.

### **3. Расчет параметров мероприятий по борьбе с пылью на угольных шахтах**

В соответствии с Инструкцией по борьбе с пылью в угольных шахтах [3,7] меры, способы и средства борьбы с пылью должны быть предусмотрены при всех производственных процессах, при которых происходит пылеобразование.

При проведении горных выработок и ведении очистных работ применяют один или несколько способов борьбы с пылью:

- предварительное увлажнение угольного пласта;
- взрывозащитное орошение;

- орошение в зоне разрушения и погрузки угля (или подача пены);
- пневмогидроорошение;
- установка обеспыливающих завес в горных выработках;
- пылеотсос с помощью встроенных и (или) автономных пылеулавливающих установок.

Для предотвращения интенсивного пылевыделения на пунктах погрузки и перегрузки горной массы и на конвейерах применяют один или несколько способов:

- аспирационные укрытия технологического оборудования;
- орошение мест погрузки и перегруза горной массы;
- применение пены;
- исключение свободного падения горной массы с большой высоты;
- укрытия (с пылеотсосом) на стационарных и полустационарных пунктах;
- очистка холостой ветви конвейера от штыба (угольной пыли и мелких угольных частиц).

### **3.1. Предварительное увлажнение угольного пласта**

Одним из основных способов снижения пылеобразования при выемке угля и проведении подготовительных выработок является предварительное увлажнение угольного пласта, которое производится с целью увеличения общей влажности угля, ослабления пласта в результате гидродинамического воздействия и смачивания пыли, находящейся в трещинах горного массива до его разрушения. Увеличение влажности угля на 1-3 % приводит к снижению пылеобразования на 75-80 %. При влажности угля более 12 % пылеобразование практически отсутствует.

Увлажнение угольных пластов проводится путем нагнетания жидкости в пласт через скважины диаметром 45-100 мм, пробуренные в средней по мощности части пласта. В условиях высокой водопроницаемости угля производится низконапорное увлажнение пласта из шахтной магистрали противопожарно-оросительного трубопровода. При низкой водопроницаемости пласта применяется высоконапорное увлажнение из противопожарно-оросительного трубо-

провода с дополнительным использованием насосных установок, нагнетающих давление в десятки МПа.

Водопроницаемость угольного пласта и прирост влаги зависит от выхода летучих веществ угля, фильтрационно-коллекторских свойств массива, давления, темпа и времени нагнетания воды. Для улучшения смачиваемости угля при предварительном увлажнении применяются добавки – поверхностно-активные вещества (ПАВ), снижающие поверхностное натяжение на границе раздела фаз «жидкое-твердое».

Предварительное увлажнение не применяется, если:

- естественная влажность угольного пласта составляет более 8 %;
- пористость угля составляет менее 5 %;
- влагоемкость угля составляет менее 2 %;
- увлажнение горной породы приводит к снижению более чем на 20 % коэффициента крепости по шкале Протодяконова и показателя прочности на разрыв;
  - в угольном пласте более 10 % линзовидных включений или породных прослоев крепостью более 5 по шкале Протодяконова;
  - запыленность воздуха в исходящем вентиляционном потоке после обеспыливающей завесы составляет менее 150 мг/м<sup>3</sup>.

**Предварительное увлажнение пласта при очистных работах.** Скважины для нагнетания жидкости могут быть пробурены по следующим схемам:

а) из подготовительной выработки – при технической возможности бурения скважин на всю длину очистного забоя;

б) из обоих подготовительных выработок – при отсутствии технической возможности бурения скважин на всю длину очистного забоя или наличии в угольном пласте породных включений (рис.3.1);

в) из очистного забоя – при наличии тектонических нарушений и рассредоточенных породных включений в пласте, а также на пластах со сложной гипсометрией (значительным перепадом высотных отметок).

Длина скважин нагнетания жидкости в угольный пласт  $l_{\text{скв}}$ , м, пробуренных из вентиляционных и откаточных штреков определяется по формуле:

$$l_{\text{скв}} = \frac{l_{\text{л}}}{2} - l_{\text{г}}, \quad (3.1)$$

где:  $l_{\text{л}}$  – длина лавы, м;  $l_{\text{г}}$  – глубина герметизации скважины, м (принимают от 10 м до 15 м).

Расстояние между скважинами  $L_{\text{с}}$ , м рассчитывается по формуле:

$$L_{\text{с}} = 2l_{\text{г}}. \quad (3.2)$$

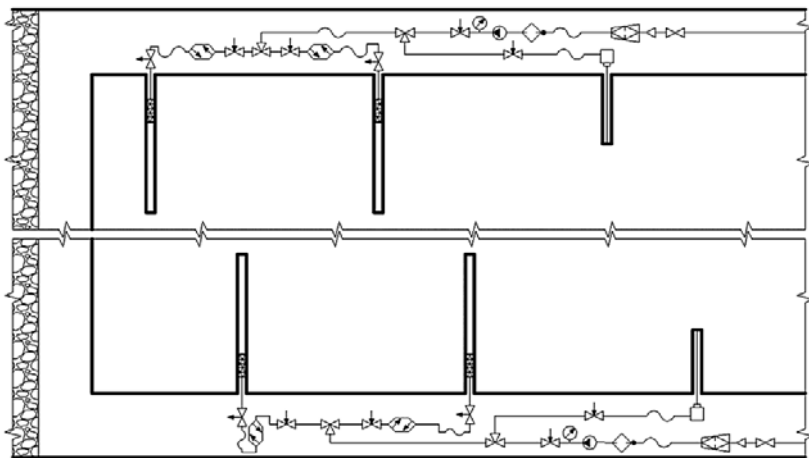


Рис.3.1. Технологическая схема нагнетания жидкости в угольный пласт насосной установкой через скважины, пробуренные из подготовительных горных выработок [3,7] (условные обозначения см. в прил. Б)

Количество жидкости, необходимое для подачи в скважину,  $Q_{\text{скв}}$ , м<sup>3</sup>, определяют по формуле:

$$Q_{\text{скв}} = \frac{1,1(l_{\text{скв}} - l_{\text{г}})m_{\text{в}}L_{\text{с}}\gamma q}{1000}, \quad (3.3)$$

где:  $m_b$  – мощность угольного пласта, м;  $q$  – ориентировочный удельный расход жидкости, л/т (принимается в зависимости от марки угля в соотв. с [3,7]);  $\gamma$  – плотность угля, т/м<sup>3</sup>.

Продолжительность нагнетания жидкости в скважину,  $T_n$ , ч:

$$T_n = \frac{Q_{\text{СКВ}}}{q_n}, \quad (3.4)$$

где:  $q_n$  – темп нагнетания, принимаемый равным производительности насосной установки, м<sup>3</sup>/ч.

Продолжительность бурения скважины  $T_b$ , ч:

$$T_b = \frac{l_{\text{СКВ}}}{V_b}, \quad (3.5)$$

где:  $V_b$  – скорость бурения скважины, м/ч.

Расстояние между первой скважиной и плоскостью очистного забоя  $L_s$ , м:

$$L_s = T_o v_{\text{заб}} + 15, \quad (3.6)$$

где:  $T_o$  – продолжительность бурения скважины и нагнетания в нее жидкости, сут;  $v_{\text{заб}}$  – средняя скорость подвигания очистного забоя, м/сут:

$$T_o = \frac{T_b + T_n}{24}, \quad (3.7)$$

При использовании схем, предусматривающих бурение скважин из подготовительных выработок, нагнетание жидкости в угольный пласт через скважину прекращается при подходе к ней линии очистного забоя на расстояние 5 м.

**Предварительное увлажнение пласта для снижения пылевыведения в подготовительный забой.** При проведении подготовительных горных выработок комбайнами по угольным пластам увлажнение угольного пласта проводят через передовую скважину по схеме, приведенной на рис.3.2.

Увлажнение угольных пластов в подготовительном забое проводится путем нагнетания жидкости через скважины диаметром

45-100 мм. Скважины бурят длиной  $l_{\text{скв.п}}$ , м, кратной суточному или недельному подвиганию забоя.

Количество жидкости  $Q_{\text{скв.п.}}$ ,  $\text{м}^3$ , необходимое для подачи в скважину, определяют по формуле:

$$Q_{\text{скв.п}} = \frac{1,1(l_{\text{скв.п}} - l_{\text{г.п}})S_{\text{вуп}}\gamma q}{1000}, \quad (3.8)$$

где:  $l_{\text{г.п}}$  – глубина герметизации скважины (принимают от 3 м до 5 м);  $S_{\text{вуп}}$  – площадь сечения вынимаемой угольной пачки,  $\text{м}^2$ :

$$S_{\text{вуп}} = h \cdot b, \quad (3.9)$$

где:  $h$  – мощность вынимаемого угольного слоя, м (в расчетах принимается равным  $m_{\text{в}}$ , м);  $b$  – средняя ширина горной выработки, м.

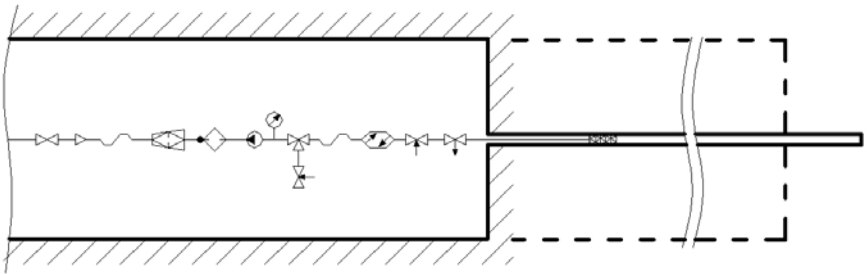


Рис.3.2. Технологическая схема нагнетания жидкости в подготовительном забое [3,7] (условные обозначения см. в прил. Б)

Продолжительность нагнетания жидкости в скважину,  $T_{\text{н.п}}$ , ч:

$$T_{\text{н.п}} = \frac{Q_{\text{скв.п.}}}{q_{\text{н.п}}}, \quad (3.10)$$

где:  $q_{\text{н.п}}$  – темп нагнетания, принимаемый равным производительности насосной установки,  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

Продолжительность бурения скважины  $T_{\text{б.п}}$ , ч:

$$T_{\text{б.п}} = \frac{l_{\text{скв.п.}}}{V_{\text{б}}}. \quad (3.11)$$



### 3.2. Мокрое пылеподавление

Очистку воздуха от пылевых частиц путем его орошения жидкостью называют *мокрым пылеподавлением*. Орошение направлено на улавливание частиц пыли каплями жидкости, обладающими более высокой скоростью осаждения. Для этого осуществляют распыление воды или водных растворов смачивателей с помощью форсунок под давлением, что приводит к диспергированию жидкости и созданию водяной завесы.

В процессе мокрого пылеподавления можно выделить стадии, представленные на рис.3.3, причем стадии 2-4 процесса зависят от способности взвешенных частиц пыли смачиваться жидкостью (чем меньше поверхностное натяжение жидкости, тем интенсивней проходит смачивание). Для повышения эффективности пылеподавления используют водные растворы различных *смачивателей* – поверхностно-активных веществ, применяемых для снижения поверхностного натяжения воды. Если кинетической энергии капли или частицы пыли недостаточно для преодоления силы поверхностного натяжения жидкости, то частица пыли лишь прилипает к поверхности капли жидкости и впоследствии может быть сорвана воздушным потоком.

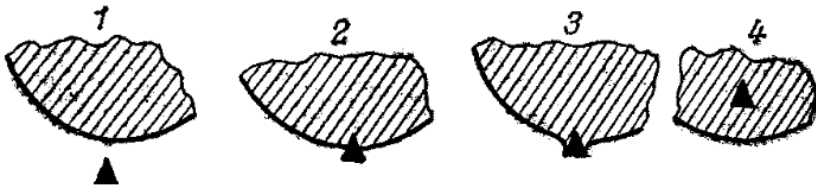


Рис.3.3. Стадии процесса улавливания частицы пыли каплей жидкости: 1 – сближение капли жидкости с частицей пыли; 2 – адгезия (сцепление) частицы пыли к капле жидкости и образование краевого угла смачивания; 3 – растекание жидкости по поверхности частицы пыли; 4 – втягивание частицы пыли и проникновение ее внутрь капли жидкости

В зависимости от используемого для мокрого пылеподавления оборудования выделяют следующие виды орошения:

а) *обычное орошение* – осуществляется гидравлическими форсунками мелкодисперсного распыления частиц воды с эквивалентным диаметром от 30 мкм до 100 мкм и более, образуемым в результате диспергирования жидкости при давлении не менее 0,5 МПа (не менее 1 МПа для лабиринтной завесы);

б) *высоконапорное орошение* – осуществляется гидравлическими форсунками мелкодисперсного распыления частиц воды под давлением 10-12 МПа, при котором происходит увеличение скорости полета капель и уменьшение их размера вплоть до диаметра 5 мкм; при этом повышается эффективность улавливания тонкодисперсных частиц пыли размером менее 5 мкм;

в) *пневмогидроорошение* – осуществляется пневматическими форсунками с целью повышения эффективности орошения или уменьшения расхода воды; в пневматических форсунках жидкость диспергируется до размера капель 40-60 мкм за счет дробления потока жидкости поперечным высокоскоростным потоком воздуха (при давлении жидкости 0,5-0,6 МПа и давлении воздуха 0,5-0,6 МПа);

г) *туманообразование* – осуществляется насадками-туманообразователями путем диспергирования воды сжатым воздухом при давлении не менее 1 МПа; образуемая воздушно-водяная смесь содержит капли размером не более 10-50 мкм, благодаря чему способна длительное время удерживаться в воздухе.

**Система орошения на комбайнах.** Конструкция системы мокрого пылеподавления современных комбайнов обеспечивает орошение резцов шнеков, зоны резания и погрузки горной массы, для чего используются системы внутреннего и внешнего орошения (рис.3.4, рис.3.5).

Под *внутренним орошением* комбайнов понимают орошение на исполнительном органе комбайна, осуществляемое шнековыми форсунками с подачей воды «под резец» или специальными оросителями. Помимо пылеподавления в зоне резания, средства орошения на исполнительном органе комбайна выполняют функцию *взрывозащитного орошения* – предотвращения воспламенения газовоздушной смеси фрикционными искрами в зоне резания путем охлаждения точек контакта резцов шнека с горной породой. Давление во-

ды, подаваемой на форсунки системы взрывозащитного орошения, должно быть не менее 1,5 МПа. В соответствии с Правилами безопасности [4] запрещается эксплуатация выемочных и проходческих технических устройств без систем взрывозащитного орошения на пластах, содержащих фрикционноопасные горные породы.

Система *внешнего орошения* на очистных комбайнах включает форсунки на завальной стороне комбайна и форсунки поворотных редукторов, на проходческих комбайнах – форсунки, установленные на стреле комбайна. Основной задачей системы внешнего орошения на комбайнах является пылеподавление в зоне разрушения и погрузки горной массы.



Рис.3.4. Расположение элементов системы орошения очистного комбайна на примере JOY 7LS (вид сверху)

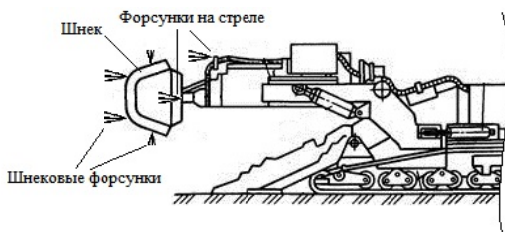


Рис.3.5. Расположение элементов системы орошения проходческого комбайна на примере 1 ГПКС (вид сбоку)

Расходы воды, используемой для орошения на очистном комбайне  $Q_{оч.1}$ , л/мин или проходческом комбайне  $Q_{пр.1}$ , л/мин, определяются в соответствии с выражениями:

$$Q_{оч.1} = P_{оч} \cdot g_1, \quad (3.12)$$

$$Q_{пр.1} = P_{пр} \cdot g_1, \quad (3.13)$$

где:  $P_{\text{оч}}$  и  $P_{\text{пр}}$  – производительность очистного комбайна и проходческого комбайна соотв., т/мин;  $g_1$  – удельный расход воды, л/т.

**Обеспыливающие завесы.** Обеспыливающие завесы устанавливаются в горных выработках на пути движения запыленного рудничного воздуха. Выделяют водяные (водовоздушные), а также туманообразующие и лабиринтные завесы [3,7].

*Обеспыливающая водяная (водовоздушная) завеса* – это водовоздушная среда длительного действия, создаваемая на участке выработки с помощью форсунок для обеспыливания вентиляционной струи и снижения пылеотложения (рис.3.6). Завеса называется *водяной* в случае использования гидравлических форсунок и *водовоздушной* в случае использования пневматических форсунок.

Обеспыливающие завесы устанавливаются в горных выработках с исходящей из очистного забоя струей воздуха на расстоянии не более 50 м от лавы и в обязательном порядке включаются во время ведения добычных работ. Количество форсунок в каждой завесе должно обеспечивать орошение по всему сечению горной выработки, а давление подаваемой на форсунки жидкости должно быть не менее 0,5 МПа.

Количество завес, устанавливаемых подряд в горной выработке с исходящей вентиляционной струей, определяется из условия, что содержание пыли в рудничном воздухе после их прохождения должно быть менее  $150 \text{ мг/м}^3$ . В случае установки нескольких водяных завес расстояние между ними должно составлять от 3 до 5 м.

Водяные завесы также используются для очистки воздуха, исходящего из подготовительных забоев во время ведения работ по проведению выработок и при производстве взрывных работ. В последнем случае они устанавливаются на расстоянии 20-30 м от забоя.

При использовании водяных завес необходимо регулярно производить уборку осевшей пыли с почвы выработок. Расход воды водяной завесой  $Q_2$ , л/мин рассчитывается по формуле:

$$Q_2 = Q_{\text{оч(пр)}} \cdot g_2, \quad (3.14)$$

где:  $Q_{\text{оч(пр)}}$  – количество воздуха, проходящего через водяную завесу на исходящей струе из очистного или подготовительного забоя, м<sup>3</sup>/мин;  $g_2$  – удельный расход воды, л/м<sup>3</sup>.

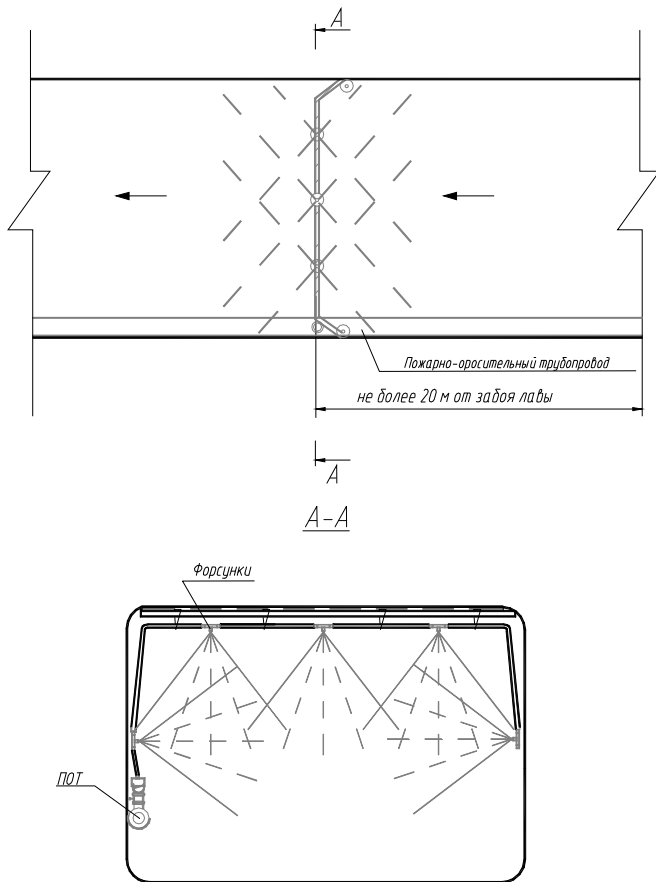


Рис.3.6. Схема установки водяной завесы (где ПОТ – пожарно-оросительный трубопровод)

Мокрое пылеподавление в ряде случаев имеет недостаточную эффективность, приводит к повышению влажности горной массы, обводнению призабойного пространства, резкому увеличению

влажности воздуха и ухудшению санитарно-гигиенических условий труда. Эти недостатки проявляются в большей степени в условиях тонких пластов из-за малого размера призабойного пространства, а также при переходе на более глубокие горизонты (в связи с уменьшением естественной влажности горного массива, повышением температуры и ростом интенсивности проветривания забоев). В подобных условиях с большей эффективностью могут применяться способы пылеподавления пеной и аспирационного пылеулавливания (см. Разделы 3.3 и 3.4).

**Водовоздушный эжектор.** Эффективное пылеподавление, включающее одновременную очистку запыленного воздуха и орошение очага пылеобразования, достигается при применении водовоздушных эжекторов (рис.3.7).

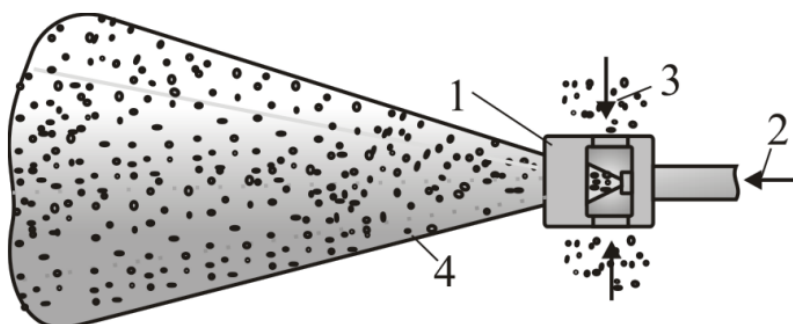


Рис.3.7. Устройство водовоздушного эжектора: 1 – форсунка; 2 – вода; 3 – запыленный воздух; 4 – факел водовоздушного эжектора

Принцип работы водовоздушного эжектора заключается в отсасывании запыленного воздуха за счет разрежения, создаваемого водяным факелом форсунки. Отсасываемый воздух попадает внутрь водовоздушного эжектора и перемешивается с диспергированной водой, в результате чего образуется шламovidная смесь, направляемая на подавление пыли. В центре факела водовоздушного эжектора образуется зона тонкодиспергированной жидкости, окруженная факелом грубодиспергированной жидкости, препятствующим испарению жидкости в факеле орошения и его размыванию вентиляционным потоком.

Применение водовоздушных эжекторов на очистных и проходческих комбайнах также препятствует образованию местных скоплений метана в застойных зонах за счет перемешивания воздуха при его всасывании водовоздушным эжектором и выбросе факела диспергированной жидкости.

### 3.3. Пенное пылеподавление

Пена представляет собой коллоидную систему, содержащую в качестве дисперсной фазы газ (воздух), а в качестве дисперсионной среды – жидкость (раствор пенообразователя), характеризующуюся следующими свойствами:

- *кратностью пены*, представляющей отношение объема пены к объему используемого для ее образования раствора пенообразователя; во избежание уноса пены потоком воздуха используется пена с кратностью 100-250 единиц.

- *стабильностью (стойкостью) пены*, определяемой временем существования элемента пены (отдельного пузырька, пленки) или единицы ее объема;

- *дисперсностью пены*, которая характеризуется средним размером пузырька и распределением пузырьков по размерам в единице объема пены.

Пена имеет значительно больший объем по сравнению с жидкостью, из которой она образована. Это позволяет при относительно небольшом расходе пенообразующей жидкости увеличить поверхность ее взаимодействия с пылью: при применении пены эффективность обеспыливания увеличивается в 2-2,5 раза, а расход воды снижается в 2-3 раза по сравнению с орошением.

Процесс улавливания частиц пыли пеной аналогичен улавливанию частицы пыли каплей жидкости (рис.3.3). Однако стадия проникновения частицы пыли внутрь пузырька пены приводит к разрушению пенного аэрозоля, в связи с чем, максимальная эффективность обеспыливания пеной проявляется при налипании пылевых частиц на поверхность пузырьков пены без их разрушения.

Пылеподавление пеной осуществляется при помощи пеногенерирующих устройств (пеногенераторов), конструкция которых обеспечивает создание пены из раствора пенообразователя и воздуха, а также подачу пены в места разрушения и погрузки угля. При

этом давление раствора пенообразователя у пеногенератора должно быть не менее 0,5 МПа.

Расход пенообразователя  $Q_{3-по}$ , л/мин и воды  $Q_{3-в}$ , л/мин для подачи в пеногенератор определяются по формулам:

$$Q_{3-по} = g_3 \cdot \frac{k_{пен}}{100} \cdot P_{оч(пр)}, \quad (3.15)$$

$$Q_{3-в} = g_3 \cdot \frac{(100 - k_{пен})}{100} \cdot P_{оч(пр)}, \quad (3.16)$$

где:  $g_3$  – удельный расход раствора пенообразователя, л/т;  $k_{пен}$  – концентрация пенообразователя в водном растворе пенообразователя, %;  $P_{оч(пр)}$  – производительность очистного или проходческого комбайна, т/мин.

### 3.4. Аспирационное пылеулавливание

*Аспирационное пылеулавливание* – улавливание пыли в местах её выделения и накопления путем отсоса запыленного воздуха специальными устройствами. При подземных работах применяются следующие способы аспирационного пылеулавливания:

- аспирация воздуха от источников пылеобразования высокопроизводительными вентиляторами и отвод его без очистки от рабочих мест; данный способ наиболее простой, однако при его применении количество пыли, поступающее в рудничный воздух, не уменьшается, а за рабочими местами запыленность воздуха увеличивается;

- аспирация незначительного объема воздуха из-под пылезащитных укрытий источников пылевыведения с последующей его очисткой в специальных устройствах; *пылезащитные укрытия источников пылевыведения* – механические укрытия (кожухи, короба, защитные панели и пр.) на перегружателях, опрокидывателях, бункерах и конвейерах, предназначенные для предотвращения выдувания пыли при погрузке, перегрузке, выгрузке горной массы; помимо аспирационных устройств пылезащитные укрытия могут снабжаться оросителями для дополнительной изоляции источников пылевыведения диспергированной водой;

- аспирация воздуха специальными агрегатами с высокопроизводительным вентилятором и устройством очистки воздуха.



Последние два способа пылеулавливания нашли наиболее широкое применение в шахтах и рудниках и осуществляются в два этапа:

1) отсос запылённого воздуха от мест пылеобразования (из забоев или устьев скважин и шпуров, мест погрузки или перегрузки горной массы, мест расположения режущих органов добычных и проходческих комбайнов, от машин дробления, транспортёров, из под укрытий защитных кожухов и др.);

2) очистка запыленного воздуха сухими или мокрыми пылеулавителями; к сухим пылеулавителям относятся рукавные фильтры, электрофильтры и др.; к мокрым пылеулавителям – мокрые инерционные пылеотделители, вентиляторы-пылеотделители и др.

*Вентиляторы-пылеотделители* – устройства, в которых происходит предварительное смачивание частиц пыли, их коагуляция (слипание) и отделение от потока воздуха на рабочем колесе вентилятора. Вентиляторы-пылеотделители широко применяются на очистных комбайнах, а их принцип работы может быть продемонстрирован на примере вентилятора-пылеотделителя ПШ-150 (рис.3.8).

За счет вращения рабочего колеса во входном коллекторе создается разрежение, приводящее к всасыванию запыленного воздуха внутрь устройства, после чего пылевоздушная смесь орошается диспергированной водой из форсунки, установленной во входном коллекторе вентилятора. Далее увлажненная пыль с водой под действием центробежных сил осаждается на лопатках рабочего колеса и поступает в кожух вентилятора. В кожухе увлажненная пыль с водой в виде пылевого шлама под воздействием потока воздуха скользит по наружной поверхности до шламоотделителя, в котором очищенный воздух через выходные отверстия выдается в выработку, а пылевой шлам поступает к отверстию для выпуска шлама.

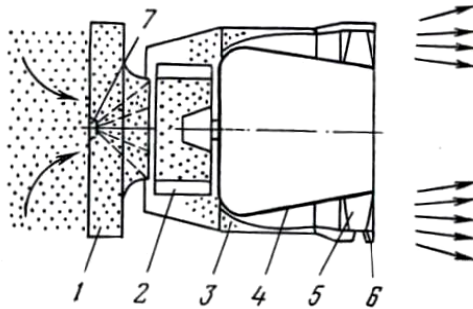


Рис.3.8. Вентилятор-пылеотделитель ПШ-150: 1 – входной коллектор; 2 – рабочее колесо; 3 – прямоточный кожух; 4 – внутренняя втулка; 5 – спрямляющий аппарат; 6 – шламособорник с отверстием для выпуска шлама; 7 – форсунка

Расход воды  $Q_4$ , л/мин и электроэнергии  $W_4$ , кВт·ч для пылеулавливания с использованием пылеотделителя ПШ-150 определяется по формулам:

$$Q_4 = Q_{\text{ПШ-150}} \cdot g_4, \quad (3.17)$$

$$W_4 = P \cdot 1 \text{ час}, \quad (3.18)$$

где:  $g_4$  – удельный расход воды, л/м<sup>3</sup> (принимается равным 0,1 л/м<sup>3</sup>);  $Q_{\text{ПШ-150}}$  – объем воздуха, отсасываемого пылеотделителем у исполнительного органа комбайна, м<sup>3</sup>/мин;  $P$  – мощность пылеотделителя, кВт (принимается равным 15 кВт).

#### 4. Задание на выполнение расчетно-графической работы

Задания выполняются в соответствии с исходными данными, представленными в Приложении А.

1. Выполнить расчет прогнозной запыленности в очистном и подготовительном забоях угольной шахты без применения мер по борьбе с пылью ( $\mathcal{E}_{\text{оч(п)}} = 0$ ); сравнить полученные значения с допустимыми и сделать вывод.

2. Выполнить расчет принятой прогнозной запыленности рудничного воздуха с учетом мер по снижению запыленности:

- в очистном забое – с учетом предварительного увлажнения угольного пласта водой (через скважины, пробуренные из двух под-

готовительных горных выработок), орошения на комбайне с подачей воды в зону резания, пылеподавления пеной в местах разрушения угля и его погрузки на лавный конвейер;

▪ в подготовительном забое – с учетом предварительного увлажнения угольного пласта водой, внутреннего и внешнего орошения на комбайне, пылеотсоса с использованием вентилятора-пылеотделителя ПШ-150.

Сравнить полученные значения с допустимыми и сделать вывод о необходимости принятия дополнительных защитных мер. В выводе также обосновать необходимость использования водяной завесы для обеспыливания исходящих из забоев струй воздуха.

3. Выполнить расчет параметров принятых мероприятий по борьбе с пылью (в соответствии с формулами 3.1-3.18). По результатам расчета сделать вывод с указанием эффективности рассмотренных средств защиты от пыли.

4. Составить графическую схему добычного и проходческого забоя с обозначением принятых мер по борьбе с пылью. На схеме указать значения параметров, рассчитанных в ходе выполнения п.3 задания.

## **5. Содержание отчета**

1. Титульный лист (с указанием № варианта).
2. Цель и задачи работы (в соответствии с заданием).
3. Исходные данные.
4. Процесс и результаты выполнения п.1-3 задания.
5. Графические схемы, составленные в ходе выполнения п.4 задания.

## **6. Контрольные вопросы**

1. Укажите основные процессы, при которых происходит выделение пыли в рудничный воздух.
2. Приведите классификацию пыли по дисперсности частиц.
3. Как определяется технически достижимый уровень запыленности?
4. Какие свойства угольной пыли влияют на ее взрывчатость и предельно-допустимую концентрацию?

5. На основе каких параметров определяется удельное пылевыделение угольного пласта?

6. В каких случаях производится предварительное увлажнение угольного пласта?

7. Для чего при пылеподавлении используются смачиватели?

8. Опишите системы орошения очистных и проходческих комбайнов.

9. Какие существуют типы аспирационного пылеулавливания?

10. В каких случаях следует использовать водяные завесы для обеспыливания исходящих из забоев струй воздуха?

## РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Булгаков Ю.Ф.* Пылевая опасность угольного производства / Ю.Ф. Булгаков, В.Л.Овчаренко; под общ. ред. Ю. Ф. Булгакова. Донецк: ООО «Цифровая типография». 2017. 234 с.

2. Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания": Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 23 января 2021 г. № 2. // Техэксперт. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 03.03.2021).

3. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Инструкция по борьбе с пылью в угольных шахтах": Приказ Ростехнадзора от 14 октября 2014 г. № 550 (с изм. на 25 сентября 2018 г.) [Электронный ресурс] / Техэксперт. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/420229046> (дата обращения 25.12.2020).

4. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности в угольных шахтах": Приказ Ростехнадзора от 08 декабря 2020 г. № 507 // Техэксперт. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/573140209> (дата обращения: 29.01.2021).

5. Руководство по безопасности "Рекомендации по прогнозу и выбору мер, направленных на снижение запыленности рудничного воздуха в угольных шахтах": Приказ Ростехнадзора от 4 марта 2016 г. № 83 (с изм. на 3 августа 2016 г.) [Электронный ресурс] / Техэксперт. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200132977> (дата обращения 25.12.2020).

6. Руководство по борьбе с пылью в угольных шахтах. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Недра. 1979. 319 с.

7. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Инструкция по аэрологической безопасности угольных шахт": Приказ Ростехнадзора от 08 декабря 2020 г. № 506 // Техэксперт. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/573264143> (дата обращения: 29.01.2021).

# ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1

Исходные данные (вариант № 1-13)

Параметр	Номер варианта												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$a_{100\%}$ , %	0,5	0,9	0,8	0,5	0,9	0,9	1	0,5	0,7	0,5	0,8	0,9	0,8
$m$ , м	1,7	2	1,6	2,2	1,8	1,5	1,7	2,3	1,5	2,4	1,8	2	1,9
$W$ , %	7	9	10	12	9	12	12	8	10	10	8	7	12
$R_{очч}$ , т/мин	27	20	21	22	30	10	23	27	11	13	30	26	17
$V_{очч}$ , м/с	1	2,3	1,1	1,8	1,1	1,3	1,8	1,9	1,1	2,1	1,6	2,2	1,9
$Q_{очч}$ , м <sup>3</sup> /мин	510	1380	528	1188	594	585	918	1311	495	1512	864	1320	1083
$R_{пр}$ , т/мин	1,1	2,1	1,6	1,4	2	1,5	2,1	1,9	1,9	1,7	1,9	1,7	2
$V_{пр}$ , м/с	3,2	2,4	2,8	1,8	1,9	2,9	2,7	1,2	2,2	2,1	1,7	2,3	3,2
$Q_{пр}$ , м <sup>3</sup> /мин	979,2	864	806,4	712,8	615,6	783	826,2	496,8	594	907,2	550,8	828	1094,4
$I_{ль}$ , м	320	338	300	291	416	365	272	365	260	444	400	296	289
$q$ , л/т	25	22	16	20	17	16	22	16	23	25	20	16	19
$\gamma$ , т/м <sup>3</sup>	1,6	1,3	1,6	1,4	1,5	1,3	1,6	1,5	1,5	1,3	1,4	1,6	1,4
$q_{пр}$ , м <sup>3</sup> /ч	115	132	120	195	165	163	241	232	219	224	200	179	179
$V_6$ , м/ч	17	16	9	9	17	8	8	9	16	9	18	9	9
$V_{завб}$ , м/с	14	15	11	10	8	7	13	13	12	12	8	6	15
$b$ , м	4,8	4,4	4,1	4,1	3,6	3,9	4	3,7	3,9	4,2	5	3,6	4,4
$l_{скв.пр}$ , м	15	20	25	30	15	20	25	30	15	20	25	30	15
$q_{пл.пр}$ , м <sup>3</sup> /ч	1	1,2	1,5	1,2	0,7	1,2	1	0,4	1	1,7	0,9	1,8	1,8
$g_1$ , л/т	22	21	21	22	23	22	24	25	25	24	23	20	23
$g_2$ , л/ м <sup>3</sup>	0,15	0,15	0,16	0,1	0,17	0,11	0,2	0,14	0,13	0,11	0,19	0,15	0,2
$g_3$ , л/т	16	17	18	18	17	20	18	20	16	20	17	15	16
$k_{перв}$ , %	0,8	1,1	1	0,9	0,8	0,5	0,7	0,9	1,2	0,5	1,1	0,7	1,3
$Q_{ППИ-150}$ , м <sup>3</sup> /мин	108	90	96	84	96	96	108	84	102	108	96	108	102

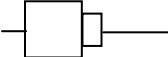

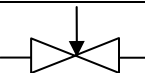
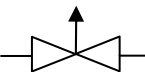
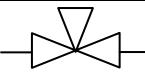


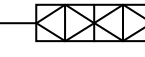
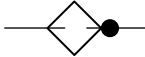
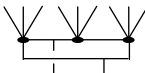

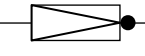
Исходные данные (вариант № 14-26)

Параметр	Номер варианта												
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$a_{100}, \%$	0,5	1	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	1	0,6	0,9	0,5	0,6	0,8
$m_{\text{в}}, \text{м}$	1,8	1,8	2	1,7	1,6	1,8	1,8	2	2,3	2,2	2,5	1,8	2,2
$W, \%$	8	9	11	11	9	9	8	10	8	9	9	9	11
$R_{\text{отс}}, \text{т/мин}$	30	18	23	23	28	17	10	15	24	19	15	13	28
$V_{\text{отс}}, \text{м/с}$	1,1	1,3	2,3	1,2	2,5	1,7	2,4	1,2	1,2	1	2,1	2	1,7
$Q_{\text{отс}}, \text{м}^3/\text{мин}$	594	702	1380	612	1200	918	1296	720	828	660	1575	1080	1122
$R_{\text{пр}}, \text{т/мин}$	1,6	1,7	2	1,9	2,2	2,1	1,5	1,7	1,2	1,3	1,5	1,3	1,5
$V_{\text{пр}}, \text{м/с}$	3,1	2,2	1,7	2,1	3,3	1	2	2,6	3,4	3,1	2,2	3,2	2,8
$Q_{\text{пр}}, \text{м}^3/\text{мин}$	1004,4	712,8	612	642,6	950,4	324	648	936	1407,6	1227,6	990	1036,8	1108,8
$I_{\text{в}}, \text{м}$	299	261	361	286	404	437	336	270	371	354	433	314	406
$q, \text{л/т}$	19	22	21	20	24	22	23	18	16	15	19	16	24
$\gamma, \text{т/м}^3$	1,4	1,4	1,6	1,4	1,4	1,5	1,6	1,5	1,3	1,3	1,4	1,6	1,3
$q_{\text{в}}, \text{м}^3/\text{ч}$	180	67	240	57	151	109	238	195	67	223	101	161	69
$V_6, \text{м/ч}$	15	13	17	14	17	14	13	14	9	10	11	11	11
$V_{\text{зоб}}, \text{м/с}$	5	5	5	12	9	6	13	15	15	6	10	8	12
$b, \text{м}$	4,7	3,8	4,1	3,5	4,4	5	4	3,6	3,9	5	4,2	3,7	4,9
$l_{\text{скв.л}}, \text{м}$	20	25	30	15	20	25	30	15	20	25	30	15	20
$q_{\text{л.л}}, \text{м}^3/\text{ч}$	0,4	0,3	1,4	0,4	1,1	1,4	1,7	1,8	1,5	1,3	1,3	1,2	0,6
$g_1, \text{л/т}$	23	21	25	25	21	23	22	23	25	22	20	20	24
$g_2, \text{л/м}^3$	0,1	0,11	0,18	0,12	0,13	0,14	0,17	0,12	0,11	0,1	0,13	0,1	0,17
$g_3, \text{л/т}$	18	19	20	18	18	19	20	19	17	19	17	17	18
$k_{\text{пер}}, \%$	1,4	1,2	0,9	1	1,3	1,5	1,2	1,3	0,5	1,2	1,4	1	1,3
$Q_{\text{пл.150}}, \text{м}^3/\text{мин}$	96	90	102	84	90	108	102	108	96	96	90	96	90

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б


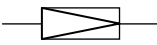
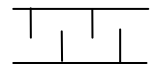
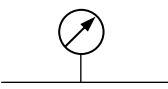
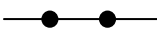
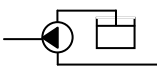

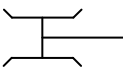
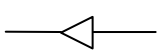
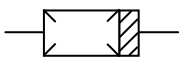
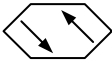

*Таблица П2.1*

### Условные обозначения, используемые при составлении графических схем




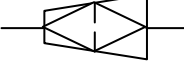



Обозначение	Расшифровка
	Буровой станок
	Вентиль (клапан) запорный проходной
	Вентиль (клапан) регулирующий проходной
	Вентиль (клапан) разгрузочный
	Вентиль (клапан) трехходовой
	Вентиль электромагнитный
	Воздухораспределитель
	Гидрозатвор
	Дозатор смачивателя
	Завеса пневмогидроорошения
	Клапан обратный (клапан невозвратный) проходной
	Клапан редукционный комбайновый



Продолжение табл. П2.1

Обозначение	Расшифровка
	Кран проходной
	Клапан редукционный штрековый
	Лабиринтная завеса
	Манометр
	Металлический трубопровод для сжатого воздуха
	Насос-дозатор с емкостью
	Насосная установка
	Пеногенератор
	Переходник
	Пылеулавливающая установка
	Расходомер
	Рукав напорный для жидкости

Продолжение табл.П2.1

Обозначение	Расшифровка
	Рукав напорный для сжатого воздуха
	Средства автоматизации и блокировки
	Фильтр комбайновый
	Фильтр штрековый
	Форсунка
	Форсунка с укрытием
	Эжектор

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Источники выделения рудничной пыли.....	3
1.1 Нормирование запыленности воздуха на угольных шахтах ....	5
1.2 Взрывчатость угольной пыли.....	6
2. Расчет прогнозной запыленности рудничного воздуха.....	7
3. Расчет параметров мероприятий по борьбе с пылью на угольных шахтах.....	11
3.1. Предварительное увлажнение угольного пласта.....	12
3.2. Мокрое пылеподавление .....	17
3.3. Пенное пылеподавление .....	23
3.4. Аспирационное пылеулавливание .....	24
4. Задание на выполнение расчетно-графической работы .....	26
5. Содержание отчета .....	27
6. Контрольные вопросы.....	27
Рекомендательный библиографический список.....	29
Приложение А.....	30
Приложение Б.....	32

# **БЕЗОПАСНОСТЬ ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ И ГОРНОСПАСАТЕЛЬНОЕ ДЕЛО**

*Методические указания к самостоятельной работе  
для студентов специальности 21.05.04*

Сост.: *Е.И. Кабанов, А.В. Корнев, Г.И. Коршунов*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой  
безопасности производств

Ответственный за выпуск *Е.И. Кабанов*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 03.12.2021. Формат 60×84/16.  
Усл. печ. л. 2,0. Усл.кр.-отт. 2,0. Уч.-изд.л. 1,7. Тираж 50 экз. Заказ 1098.

Санкт-Петербургский горный университет  
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета  
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2