ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ПЫЛЕОБРАЗОВАНИЯ И ПОДАВЛЕНИЕ ПЫЛИ НА ГОРНЫХ РАБОТАХ

gost.e-ecolog.ru



INTERNATIONAL LABOUR OFFICE

GUAIDE TO THE PREVENTION AND SUPPRESSION OF DUST IN MINING, TUNNELING AND QUARRYING

GENEVA
1965

МЕЖДУНАРОДНОЕ БЮРО ТРУДА

РУКОВОДСТВО ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ПЫЛЕОБРАЗОВАНИЯ И ПОДАВЛЕНИЮ ПЫЛИ НА ПОДЗЕМНЫХ РАЗРАБОТКАХ, ПРОХОДКЕ ТУННЕЛЕЙ И НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ

Перевод с английского выполнен в Центральном научно-исследовательском проектно-конструкторском институте профилактики пневмокониозов и техники безопасности (ЦНИИПП) М. А. Демиховым

Научный редактор канд. техн. наук Л. А. Уткин

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА»
МОСКВА 1969

УДК 622.807

Руководство по предотвращению пылеобразования и подавлению пыли при подземных разработках, проходке туннелей и на открытых горных работах. Международное бюро труда. Перевод с английского выполнен в Центральном научно-исследовательском проектно-конструкторском институте профилактики пневмокониозов и техники безопасности (ЦНИИПП) М. А. Деминовым. Изд-во «Недра», 1969, 310 стр.

Книга является официальным изданием Международного бюро труда, составлена на основе материалов двух проведенных в Женеве международных совещаний экспертов по борьбе с пылью в горной промышленности и при строительстве туннелей.

В книге изложен в систематизированном виде положительный опыт ряда стран по борьбе с пылью на горных работах, освещены наиболее эффективные методы и средства борьбы с пылеобразованием и пылеподавлением.

Книга рассчитана на работников, занятых изысканием и внедрением мер борьбы с пылью на горных работах.

Таблиц — 3, иллюстраций — 135.

ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ

Для специалистов, работающих в области борьбы с рудничной пылью, несомненный интерес представляет ознакомление с зарубежным опытом в этой области, с состоянием техники и методами оценки различных способов и средств пылеподавления и пылеулавливания в целях использования положительных данных.

Авторы книги поставили перед собой цель — изложить в систематизированном виде положительный опыт ряда стран по борьбе с пылью на горных разработках и проходке туннелей, отобрать и осветить наиболее эффективные методы и средства борьбы с пылеобразованием и пылеподавлением, а также методы и средства пылевого контроля, чтобы содействовать тем самым более широкому внедрению их в практику горного производства разных стран мира. В соответствии с этим в 17 главах книги последовательно освещены такие важные вопросы, как пыль и пылевые заболевания; водоснабжение и применение воды для предупреждения возникновения и подавления пыли; применение проветривания как средства борьбы с пылью; отсос запыленного воздуха и очистка его в фильтрах в подземных условиях; борьба с пылью при управлении кровлей и поддержании выработок, бурении, взрывных работах, выемке угля, транспортировании полезных ископаемых и пород, передвижении в подземных откаточных выработках; борьба с пылью на обогатительных фабриках, в мастерских и других сооружениях на поверхности; борьба с пылью при проходке туннелей; индивидуальные средства защиты от пыли; отбор проб взвешенной пыли, ее измерения и анализы; обучение и подготовка кадров в области борьбы с пылью.

Наиболее стройным изложением и глубоким содержанием материала во всей книге может быть отмечена глава 16, посвященная рассмотрению методов и средств пылевого контроля. Помимо систематизации данных о приборах пылевого контроля, четкого описания, приведения схем и технических характеристик приборов, в главе указаны пределы и условия измерений, приведены основные сведения о методиках измерений и способах оценки степени силикозоопасности пыли, принятых в разных странах.

Однако наряду с этим книга не лишена и недостатков. Поверхностно изложен в книге вопрос о пылесмачивающих добавках и даны недостаточно четкие выводы по ним. То же относится к вопросу об осевой и боковой промывке при бурении шпуров. В книге совершенно не приведены сведения о богатейшем опыте борьбы с пылью в Советском Союзе, о развитии в нашей стране науки и техники в этой области.

Книга является кратким пособием, в котором приведены лишь основные сведения, которых недостаточно, чтобы она могла служить практическим руководством для работников горной промышленности.

Несмотря на отмеченные и другие недостатки, можно надеяться, что изложенные в книге сведения в ряде случаев окажутся полезными для работников, занимающихся изысканием и внедрением мер борьбы с пылью на горных работах.

Научный редактор русского перевода книги считает своим долгом выразить признательность рецензенту проф. докт. техн. наук Л. И. Барону за ценные замечания, сделанные при рецензировании книги.

Л. А. Уткин

ВВЕДЕНИЕ

Во всех странах мира с развитой горной промышленностью борьба с силикозом и другими видами пневмокониозов все еще продолжает оставаться одной из наиболее трудных проблем профессионального здравоохранения, стоящих перед промышленностью.

В плане медицинских мероприятий удовлетворительного решения этого вопроса до сих пор не найдено ни в области профилактики, ни в области лечения. Хотя исследовательские работы в этом направлении продолжаются со все возрастающей активностью, кажется маловероятным, что в этой области получены новые данные, которые могли бы в ближайшем будущем привести к победе над указанными профессиональными заболеваниями. В свете современных знаний можно считать, что наиболее эффективными и надежными методами борьбы с пылевыми заболеваниями являются профилактические мероприятия по предупреждению пылеобразования при разнообразных горных работах, подавлению пыли у источников ее образования или же в самих источниках пылеобразования.

В тех странах, где впервые была установлена вредность взвешенной пыли для здоровья, где, опираясь на соответствующее законодательство, наряду с регулярными медицинскими обследованиями были внедрены профилактические мероприятия по борьбе с пылью и где обязательная выплата компенсаций заболевшим силикозом горнорабочим стимулировала применение указанных мероприятий, как показывает статистика, несомненно, был достигнут весьма значительный прогресс в области медицинского обслуживания подземных рабочих и улучшения условий их труда в горных выработках.

Однако, несмотря на это, применение инженерных противопылевых мероприятий в ряде стран находится еще в начальной стадии. Следует также иметь в виду, что благоприятные результаты применения таких мероприятий будут ощущаться только через длительный период времени и только при условии создания и постоянного поддержания условий для непрерывного и систематического проведения их в жизнь. В качестве примера можно привести металлические рудники в одной европейской стране, где в середине 30-х годов тяжелые случаи заболевания силикозом были обычным явлением и где в то время

было положено начало проведению всесторонних мер борьбы с пылью. Изучение условий в тех же рудниках по истечении 20 лет показало, что тяжелые случаи заболевания силикозом здесь ныне практически не встречаются и что вероятность продолжительности жизни горнорабочих за этот период возросла приблизительно на 30%.

В настоящее время средства и возможности эффективной борьбы с пылью имеются в распоряжении каждого работающего в горной промышленности.

Настоящее руководство имеет целью ознакомить с теми процессами при подземных разработках, проходке туннелей и на открытых горных работах, которые являются источниками образования взвешенной пыли, и способами ее устранения или снижения. В руководстве приводится также описание инженерных мероприятий по предупреждению пылеобразования и подавлению пыли, применяемых во многих странах при производстве горных работ разнообразных видов.

Принятые меры борьбы с пылью должны соответствовать конкретным условиям рудников и шахт, равно как и видам горных работ, причем требуемая степень подавления пыли будет зависеть от состава и характеристики горной породы, в которой проводятся работы. Инженерные противопылевые мероприятия должны постоянно совершенствоваться, чтобы соответствовать новым методам горных работ и новому оборудованию.

Указанные обстоятельства не дают возможности выработать жесткие правила и четкие инструкции по борьбе с пылью, которые могли бы быть применены в любом случае. Тем не менее состоявшиеся при Международном бюро труда в Женеве в 1952 и 1955 гг. два совещания экспертов по вопросу борьбы с пылью при подземных разработках, проходке туннелей и на открытых горных работах в результате своих работ представили многочисленные рекомендации и собрали значительное количество фактического материала.

В результате работы этих совещаний было также признано целесообразным накопленный материал выпустить в свет в виде сборника, в случае необходимости соответственно расширив и изложив таким образом, чтобы он мог быть полезным руководством для крупных предприятий горной промышленности в различных странах и в то же время, в силу содержащихся в нем многочисленных подробных указаний относительно способов борьбы с пылью в подземных работах, обеспечивающих эффективное использование опыта подавления пыли, — ценным пособием для небольших горных предприятий во всех частях света.

Несмотря на то, что многие материалы, включенные в настоящий сборник, хорошо известны и фактически уже используются в практике крупных горных предприятий во многих странах, можно надеяться, что выпуск сборника в его настоящем виде и его широкое распространение будут способствовать достижению указанных выше целей и помогут в деле реализации фактических возможностей устранения запыленности и снижения профессиональных заболеваний с помощью описанных в руководстве способов борьбы с пылью.

Желающие познакомиться глубже со специфическими сторонами рассматриваемых вопросов найдут соответствующие справки в сводных международных отчетах по данному предмету, периодически издаваемых Международным бюро труда *.

Международное бюро труда выражает благодарность странам, содействовавшим подготовке данного руководства. При этом была свободно использована техническая и прочая информация, предоставленная в распоряжение Международного бюро труда всеми странами-участницами, которые внесли свой вклад в виде печатных материалов на первом совещании экспертов по предупреждению пылеобразования и подавлению пыли при подземных разработках, проходке туннелей и на открытых горных работах, равно как и более новая информация, поступившая для подготовки периодически издаваемых сводных международных отчетов по рассматриваемым вопросам. С благодарностью отмечаются и те стороны, которые, наряду с их собственными национальными отчетами, предоставили обширную ведомственную техническую информацию. Ценное дополнительное содействие было оказано также Министерством энерготехнических ресурсов и Национальным угольным советом Англии в связи с некоторыми специфическими особенностями борьбы с пылью в угольных шахтах.

---

* Международное бюро труда: «Предупреждение пылеобразования и подавление пыли при подземных разработках, проходке туннелей и на открытых горных работах». Первый международный отчет 1952—1954 гг. (Женева, М. Б. Т., 1957), стр. 316—374 и Второй международный отчет 1955—1957 гг. (Женева, М. Б. Т., 1961), стр. 460—494.

ГЛАВА I

ПЫЛЬ И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ПЫЛЕВЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ

Пыль, где бы она ни встречалась, является вредной. Она снижает видимость, причиняет неудобства, вызывает раздражение дыхательных путей, а также причиняет большой ущерб машинам и оборудованию. Некоторые разновидности пыли являются не только вредными. Так, угольная пыль с воздухом образует в шахтах взрывчатую смесь и в силу этого является причиной катастроф, которые уносят много тысяч человеческих жизней. Другие пыли могут быть токсичными и даже радиоактивными. Большую группу составляют пыли, вдыхание которых в определенном количестве в течение достаточно продолжительного времени вызывает заболевание легких.

В настоящем сборнике в первую очередь рассматривается именно эта последняя группа пылей, хотя мероприятия по борьбе с ними одновременно являются мероприятиями и против других пылей, опасных в силу указанных выше причин.

Легочные заболевания, связанные с пылью, — одна из самых древних профессиональных болезней. Хотя и кажется маловероятным, что люди, вытесывавшие кремневые орудия в палеолитическом периоде, могли болеть от вдыхания кварцевой пыли, тем не менее признаки этих болезней были найдены в египетских мумиях давностью от 2000 до 3000 лет до нашей эры.

В XVI веке легочные заболевания отмечает Агрикола; дальнейшие упоминания о легочных заболеваниях можно найти на протяжении XVIII и XIX веков и до наших дней.

Однако значение пневмокониоза как серьезной профессиональной болезни до настоящего столетия не было отражено в законодательствах стран.

Первой страной, установившей эту опасность, был, вероятно, Южно-Африканский Союз, где в связи с началом золотых разработок в Витватерсранде в конце прошлого века были широко поставлены научно-исследовательские работы по изучению возникающей опасности для здоровья. В результате этого в 1912 г. были приняты законы, касающиеся условий труда рабочих и выплаты компенсаций.

Этому примеру последовали затем и другие страны. В последние годы отмечается большой прогресс в понимании опасности легочных заболеваний и значения способов борьбы с пылью при подземных разработках, проходке туннелей и на открытых горных работах.

Вместе с тем все еще остаются нерешенными многие вопросы, с медицинской точки зрения относящиеся не только к выяснению того, каким путем возникает болезнь, но и к мерам ее профилактики и лечения. Таким образом, наиболее перспективным в настоящее время средством избежания опасности пневмокониоза является предупреждение образования взвешенной пыли и ее подавление.

ВЗВЕШЕННАЯ ПЫЛЬ

В широком смысле слова пыль представляет собой мельчайшие твердые частицы вещества, которые в результате различных процессов или при взметывании уже осевшей пыли могут образовывать облака в воздухе. Некоторое количество пыли, хотя вообще и невидимой, всегда присутствует в атмосфере. Облака взвешенной пыли хорошо знакомы жителям засушливых и полупустынных районов, где пыльные бури относятся к обычным явлениям. В этих случаях частиц пыли в облаках настолько много и так они велики, что становятся видимыми и могут даже вызвать затемнение или понижение видимости.

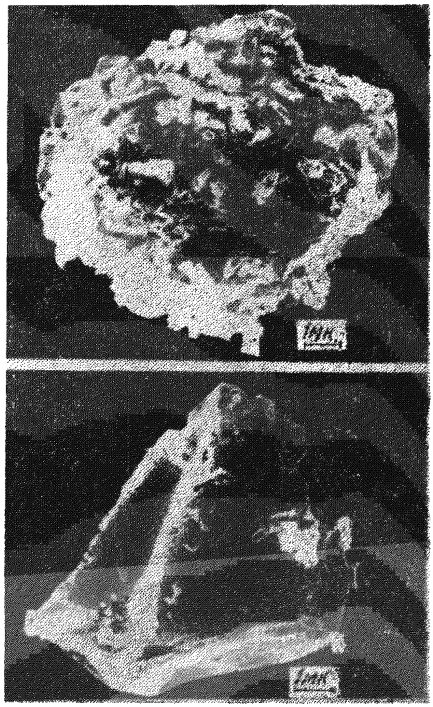


Рис. 1. Частицы пыли под электронным микроскопом

Образование взвешенной пыли происходит в результате многих производственных процессов, включая операции при подземных и опытных разработках, а также проходке туннелей. Многие частицы взвешенной пыли настолько малы, что недоступны невооруженному глазу; они измеряются в микронах (рис. 1).

Таким образом, облако пыли состоит из твердых частиц, рассеянных в газообразной среде чаще всего в результате механического измельчения вещества. Обычно оно возникает при истирании горных пород или минералов в таких процессах, как измельчение, дробление, бурение или взрывание, а также в результате обработки или перемещения отбитой горной породы.

Таким образом, образование и измельчение пыли практически сопровождают каждую операцию, связанную с горными работами. Образовавшиеся частицы пыли имеют большей частью неправильную форму и считаются элементарными единицами или агрегатами. Такие очень мелкие частицы, в силу увеличения общей площади поверхности, обладают свойством приобретать гораздо бóльшую химическую и физическую активность, чем материнская порода. Это имеет большое значение в способности некоторых пылей вызывать легочные заболевания. В то же время поведение их под действием силы тяжести и ускорения в электрическом поле и при температурных перепадах изменяется, что используется для разделения и улавливания пылей, а также для отбора проб.

Пневмокониоз

Слово «пневмокониоз» ныне применяется ко всем проявлениям легочных заболеваний, связанных с вдыханием пыли.

Чтобы получить некоторое представление о том, каким образом запыленный воздух действует на легкие человека, и о природе частиц пыли, которых следует остерегаться, будет полезно кратко рассмотреть пути, по которым пыль достигает легких.

Вдыхаемый воздух проходит через носоглотку в гортань или трахею, разделяющуюся на две ветви, каждая из которых идет к одному из легких. Левое легкое разделено на две, а правое — на три доли. Эти доли образуются из огромного количества мелких воздушных мешочков, или альвеол, в которые, заканчиваясь, входят разветвления гортани, известные как бронхи и бронхиолы, снабженные артериальными и венозными капиллярами и лимфатическими сосудами.

Каждый орган дыхательных путей имеет защитные механизмы, предназначенные для улавливания пыли, которая может проникнуть в них при вдыхании. Более крупные частицы (размером свыше 10 *мк*) могут быть, вероятно, задержаны при прохождении через полость носоглотки. Некоторое количество частиц, которые, минуя полость носоглотки, проникнут дальше, улавливаются в слизистой оболочке трахеи и бронхов. Образующаяся здесь мокрота вместе с задержанными частицами пыли непрерывно проталкивается вверх с помощью многочисленных мелких волосков, которые производят как бы подхлестывающее действие, создавая продвижение мокроты приблизительно на сантиметр в минуту до ее выхода из трахеи. Остающиеся мелкие частицы, большей частью менее 5 *мк*, могут проникнуть в воздушные мешочки — альвеолы. Здесь защитный механизм состоит из подвижных клеток — фагоцитов, которые могут поглощать частицы пыли и с ними продвигаться в бронхи для удаления с помощью волосков. Другие же частицы могут пройти через стенку альвеол и задержаться в ткани легких; их могут поглотить также фагоциты, которые поступают в лимфатическую систему и достигают лимфатических желез, действующих наподобие фильтров, задержи-

вающих значительное количество пыли. В зависимости от состава и количества пыли наступает фиброзное изменение ткани, где отложилась пыль. Наконец, многие частицы остаются во взвешенном состоянии во вдыхаемом воздухе и выходят вместе с ним при выдохе.

Хотя теперь очевидно, что свободная двуокись кремния является наиболее опасной составной частью вредных пылей и играет существенную роль в возникновении легочных заболеваний, вопрос о том, каким именно путем осуществляется воздействие кварцевой пыли на легкие, полностью еще не выяснен и оставляет место для догадок. Выдвинуто много теорий, одна из которых — «теория растворимости» — повреждение легких приписывает воздействию кремниевой кислоты, образующейся при растворении двуокиси кремния в тканевой жидкости. По другой, недавно выдвинутой теории силикоз является результатом «реакции иммунитета», при которой протеин осаждается в ткани легких, содействуя образованию силикотических узелков.

Опасные пыли

Считается общепризнанным, что причиной возникновения пневмокониозов являются пыли с частицами размером менее 5 *мк*. Это подтверждается результатами исследований легких большого числа

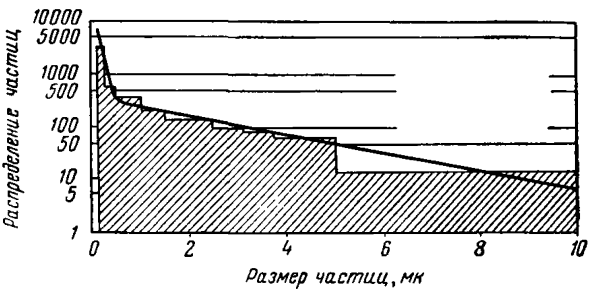


Рис. 2. Гранулометрический состав взвешенной пыли (забой, разрабатываемый вручную пневматическими отбойными молотками, нагнетанием воды в пласт; смена погрузки; место отбора проб: в 9 *м* по направлению исходящей струи)

Логарифм числа частиц на единицу интервала, нанесенного против размера частицы, дает прямую линию в диапазоне от 0,5 до 10 *мк*. Крутое отклонение для фракции менее 0,5 *мк* может быть объяснено обычным загрязнением атмосферы.

умерших рабочих; при этом установлено, что наибольшую опасность представляют частицы пыли размерами в пределах 1—2 *мк* (рис. 2).

Одной из наиболее тяжелых форм пневмокониоза является силикоз, вызываемый пылью минералов, содержащих свободную двуокись кремния. Эта болезнь характеризуется уменьшением показателей дыхания, прогрессирующим снижением работоспособности и, в конечном счете, полной ее потерей. Она вызывает также повышенную восприимчивость к туберкулезу.

Опасность для здоровья от пыли в угольных шахтах была установлена достаточно ясно; для описания возникшей болезни использова-

лись выражения «пневмокониоз шахтера» и «антракоз». Хотя причины возникновения ее точно еще не установлены, однако природа этого характерного заболевания легких от угольной пыли хорошо известна. Частота заболеваний пневмокониозом в шахтах, добывающих антрацит, обычно выше, чем в шахтах, разрабатывающих мягкие угли. Кроме того, некоторые рабочие в угольных шахтах подвержены воздействию и угольной, и породной пыли, когда последняя образуется при проходке полевых выработок и выемке породных прослойков в угольном пласте или во вмещающих его породах. Таким образом, большое количество вдыхаемой пыли будет содержать в известной мере двуокись кремния, которая ухудшает условия труда и приводит к серьезным случаям нетрудоспособности среди пострадавших.

Асбест — один из самых опасных минералов, пыль которого может вызвать пневмокониоз под названием «асбестоз», являющийся хронической болезнью и в некоторых отношениях сходный с силикозом.

Опасными, хотя и в меньшей степени, чем указанные выше, являются пыли полевого шпата, слюды, сланцев, каолина, талька, силлиманита и цемента. Литературные данные относительно действия этих пылей довольно неясны, возможно вследствие содержания в них разных количеств свободной двуокиси кремния; поэтому вопрос о том, являются ли симптомы пневмокониоза, которые иногда встречаются у рабочих, имеющих дело с указанными минералами, следствием действия силикатов, из которых состоят эти минералы, или же эти симптомы обусловлены часто встречающимися небольшими концентрациями свободной двуокиси кремния, — остается нередко спорным.

Состояние легких, сходное с заболеванием пневмокониозом, наблюдается также под действием некоторых пылей, не содержащих свободной двуокиси кремния. К ним относятся пыли, содержащие окись железа (заболевание сидерозом), марганец, окись титана (титаниоз), алюминий и окись алюминия.

Вопрос о причинах, вызывающих различные виды пневмокониозов, является одним из наиболее спорных в области промышленной гигиены. Несомненно, что любая пыль, вдыхаемая в течение продолжительного периода, представляет опасность для здоровья. Степень опасности зависит от состава пыли, равно как и от ее концентрации и физических свойств.

Выводы о распространении тех или иных видов пневмокониозов как следствия действия отдельных пылей или их комбинаций легко сделать, ознакомившись со статистическими данными, имеющимися в большинстве стран с развитой горнодобывающей промышленностью. Настоящее руководство составлено с целью обратить особое внимание на опасность каждого вида пыли, встречающейся при подземных разработках, проходке туннелей и на открытых горных работах, и указать способы предупреждения пылеобразования или уменьшения количества взвешенной пыли, действию которой подвержены рабочие, занятые на указанных работах.

ЧАСТОТА ЗАБОЛЕВАНИЙ ПНЕВМОКОНИОЗОМ

Вопрос о заболеваниях пневмокониозом стал предметом особого внимания в некоторых странах только сравнительно недавно, статистические же данные о его частоте в ранние периоды развития горной промышленности крайне редки и, можно сказать, почти не существуют. Приведенные ниже цифры взяты из статистических данных, представленных для включения в отчеты Международного бюро труда о предупреждении пылеобразования и подавлении пыли при подземных разработках, проходке туннелей и на открытых горных работах; эти цифры дают представление о частоте заболеваний, в частности силикозом, в некоторых странах с развитой горной промышленностью за последние годы.

Очень трудно получить точные сравнимые статистические данные о случаях заболеваний со смертельным исходом; некоторые приводимые здесь цифровые данные взяты из материалов ряда европейских и неевропейских стран, характерных по развитию в них угольной и горнорудной промышленности.

Среднее число шахтеров и других подземных рабочих в одной группе из четырех стран за 12-месячный период составляло 884 798 и соответственно 87 921; за этот период теми же четырьмя странами было зарегистрировано 119 799 больных пневмокониозом и выплачены компенсации. Другими словами, из каждых семи подземных рабочих один терял в известной мере трудоспособность как следствие вдыхания рудничной пыли.

Даже в тех странах, где в той или иной форме ведется борьба с пылью, можно найти примеры, когда среднегодовое количество случаев пневмокониозов в угольных шахтах или металлических рудниках достигало от 4 до 5 на тысячу занятых подземных рабочих. Как показывают цифровые данные, за последние 10 лет в горной промышленности были выплачены компенсации за 8578 несчастных случаев со смертельным исходом и 1000 случаев производственного травматизма, в то время как случаи заболевания силикозом со смертельным исходом, по которым были выплачены компенсации, составили за тот же период 16 325 — цифра, близкая к соотношению 2 : 1.

Более детальное ознакомление с опубликованными материалами показывает, что сообщения о случаях пневмокониозов поступают также и из других отраслей промышленности, таких как производство керамики, добыча строительных материалов, строительство, однако на предприятия горной промышленности падает 66—80% всех зарегистрированных случаев. Некоторые страны представили статистические данные, касающиеся работ по проходке туннелей и открытых горных работ; из имеющихся данных видно, что и при этих работах отмечается значительное количество случаев пневмокониозов.

Борьба с пневмокониозами прошла несколько этапов, прежде чем были разработаны действующие ныне эффективные мероприятия по борьбе с пылью. Типичной при этом была следующая схема: начальный

период, когда горные работы проводились, но наличие или степень опасности пневмокониозов для здоровья еще не были ясно осознаны; на следующем этапе в известной мере уже учитывается та опасность, которую представляет пыль, и делаются попытки внедрения простейших мероприятий по борьбе с пылью; вслед за этим, обычно уже в законодательном порядке, разрабатываются методы предупреждения пневмокониозов и начинают выплачиваться компенсации по болезни, что приводит к внедрению систематических мероприятий по предупреждению пылеобразования и подавлению пыли на горных предприятиях, установлению допустимого уровня концентрации взвешенной пыли, регулярному отбору проб и контролю за всеми пылеобразующими процессами.

Имеющиеся в настоящее время знания об опасности взвешенной пыли и опыт применения мер борьбы с ней позволяют устранить эту опасность в любой шахте и на любом вновь вводимом горном предприятии еще до начала эксплуатации и тем самым устранить необходимость длительного подготовительного периода для достижения эффективности мероприятий.

УСТАНОВЛЕНИЕ ОПАСНОСТИ ПЫЛИ

Практически все пыли, встречающиеся при подземных разработках, проходке туннелей и на открытых горных работах, должны рассматриваться как потенциально опасные для здоровья.

Для установления степени опасности пыли и ее предотвращения предварительно необходимо организовать обследование горных работ с целью определения количества образующейся пыли и ее состава. Это, в свою очередь, требует изучения физических и химических свойств пыли, ее возможных концентраций и длительности воздействия на работающих в таких условиях. Подобные исследования относятся к области гигиены труда горнорабочих. Если в результате таких обследований будет установлено наличие опасности в условиях труда, проводятся «пылевые съемки», в которых находят отражение все сведения о пыли, образующейся при разнообразных процессах; применительно к горным работам «пылевые съемки» должны включать в себя каждую стадию технологического процесса, начиная от первичной отбойки породы и кончая заключительным этапом обработки и выдачи полезного ископаемого. Когда таким путем будут выявлены производственные операции, опасные по пылеобразованию, устанавливается повседневный надзор за обеспыливанием, эффективностью избранных методов контроля и их применением.

Чтобы получить необходимые данные от всех видов обследования, надзора и контроля, должна быть создана система отбора проб пыли с целью определения количества и состава образующейся и вдыхаемой пыли в течение известного периода и установления опасности воздействия ее на работающих на протяжении всего рабочего цикла или отдельной операции. Полученные материалы должны содержать данные о количестве частиц на единицу объема, их концентрации

по массе, размерах, формах и некоторых других параметрах, таких, как например суммарная площадь частиц. Используемая при этом аппаратура должна по возможности обладать такой же избирательной способностью, как и человеческие легкие, и обеспечивать получение статистически важных результатов для правильной оценки предстоящей опасности. О трудностях, стоящих на пути к достижению этих целей, будет изложено в главе, посвященной отбору проб пыли.

ДОПУСТИМЫЕ НОРМЫ ЗАПЫЛЕННОСТИ

Ввиду трудности определения точного состава и вредного действия взвешенной пыли установление предельного ее количества, не представляющего опасности для здоровья, и концентраций в воздухе является исключительно сложным. Некоторые страны, основываясь на своем опыте в течение продолжительного времени, разработали рекомендации допустимых норм. Однако эти нормы не могут быть приняты для всех случаев в качестве эталонов без существенных оговорок, касающихся метода отбора проб, состава пыли и ее дисперсности. Тем не менее, несмотря на эмпирический характер и ограниченность норм, которые приняты в различных странах, они вполне могут служить в качестве практического руководства на пути к достижению конечной цели: обеспечить полностью устранение опасности пыли для здоровья.

Ниже приведены некоторые нормы запыленности, принятые в различных странах.

Австралия

В Новом Южном Уэльсе концентрация пыли в угольных шахтах не считается безопасной, если среднее содержание в ней частиц размером менее 5 *мк* на 1 *см*^{3} превышает следующие величины:

Содержание свободной двуокиси кремния в материнской породе (включая уголь и нефтеносные сланцы), %	Средняя концентрация пыли (в частицах менее 5 *мк* на 1 *см*^{3}) не более
До 10	700
10—20	600
20—30	500
30—40	400
40—50	300
Более 50	200

Канада

В Квебеке, где в качестве пробоотборника применяется портативный импинжир *, действуют следующие допустимые нормы запыленности:

---

* Прибор для определения запыленности воздуха, применяемый в горной промышленности США.

Состав пыли	Миллионы частиц на 1 куб. фут *
Свыше 40% двуокиси кремния	5
5—40% двуокиси кремния . .	10
Ниже 5% двуокиси кремния	50
Асбест	10

Польша

Допустимые нормы запыленности в угольных шахтах Польши следующие:

Содержание породы, %	Содержание угля, %	Максимальное количество частиц размерами 0,5—5 *мк* на 1 *см*³ воздуха
100—70	0—30	500
70—50	30—50	850
50—10	50—90	1200
10—0	90—100	1500

Рабочие места классифицируются как угольные или породные забои. В сомнительных случаях пробы пыли подвергаются анализу. Классификация пыли производится в соответствии с вышеприведенной таблицей на основании содержания в ней негорючего остатка. Если опробованием будет установлено наличие во взвешенной пыли двуокиси кремния, то применяются следующие допустимые нормы запыленности:

Содержание двуокиси кремния в пыли, %	Максимальное количество размерами 0,5—5 *мк* на 1*см*³ воздуха
25	500
15—20	850
5—15	1200
5	1500

Приборы для пылеопробования проходят испытания в экспериментальной угольной шахте «Барбара».

Англия

Ниже приведены допустимые нормы запыленности воздуха на шахтах Англии:

Место образования пыли	Количество частиц на 1 *см*³
В антрацитовых шахтах . . .	Не более 650 (размерами 1,0—5,0 *мк*)
В прочих угольных шахтах	Не более 850 (размерами 1,0—5,0 *мк*)
В полевых выработках и забоях по крепкой породе во всех угольных шахтах	Не более 450 (размерами 0,5—5,0 *мк*)

* 1 куб. фут = 0,028 *м*³.

В настоящее время в порядке опыта применяется схема, согласно которой разрешенными к эксплуатации считаются те рабочие участки, где предельно допустимая норма не превышается более чем в одной смене из десяти. При норме в 850 частиц на 1 $см^3$ это выразится следующим образом:

Забой считается разрешенным к эксплуатации, если:

средняя концентрация пыли в течение одной смены меньше 450 частиц размерами 1—5 *мк* на 1 $см^3$ (350 для антрацитовых шахт), или

средняя концентрация при каждом из двух последовательных замеров в забое будет меньше 700 частиц размерами 1—5 *мк* на 1 $см^3$ (525 для антрацитовых шахт).

Рабочий забой не будет разрешен к эксплуатации, если:

средняя концентрация пыли в течение одной смены больше 850 частиц на 1 $см^3$ (650 для антрацита), или

средняя концентрация при каждом из двух последовательных замеров превысит 700 частиц на 1 $см^3$ (525 для антрацитовых шахт).

Соединенные Штаты Америки

Американская конференция правительственных работников промышленной гигиены утвердила следующие нормы запыленности воздуха:

Состав пыли	Миллионов частиц на 1 куб. фут
Свыше 50% двуокиси кремния	5
5—50% двуокиси кремния . . .	20
Ниже 5% двуокиси кремния . .	50
Асбест	10

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ОПАСНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ПЫЛИ

На протяжении многих лет ученые, инженеры и другие работники задумывались над проблемами предупреждения образования опасных концентраций пыли, ее подавления и удаления. Основным для предупреждения образования взвешенной пыли является такой способ ведения горных работ, при котором выделяется минимальное количество пыли. Несмотря на то, что в этом направлении уже достигнуты большие успехи, в ряде случаев концентрации взвешенной пыли являются чрезмерно высокими, что обязывает проводить определенные мероприятия по предупреждению пылеобразования и подавлению пыли.

Первым средством предупреждения и подавления пыли является широкое использование воды. Воду следует применять таким образом, чтобы пыль, образующаяся при любой операции, была связана в воде и задерживалась в ней, не переходя во взвешенное состояние. Применение воды может быть самое разнообразное: нагнетание

в угольные пласты, смачивание рыхлых горных пород, орошение поверхности взорванной горной массы, увлажнение при перепусках, уборке и перемещении породы, а также связывание пыли в фильтрах и т. п. Однако применение только одной воды не всегда дает должный эффект и поэтому следует принимать меры по обеспечению соответствующего проветривания. Встречаются также случаи, например в рудниках или шахтах с очень высокой температурой пород или неблагоприятными условиями залегания месторождений, где использование воды следует ограничивать; в таких случаях к вентиляции предъявляются более высокие требования. В связи с этим каждый рабочий забой должен обеспечиваться достаточным количеством свежего воздуха для разжижения и удаления всей образующейся взвешенной пыли. Местное проветривание применяется для отсоса пыли от пылеобразующих установок, таких как опрокидыватели или дробилки, а также для вентиляции забоев, недостаточно обслуживаемых главной струей. Наконец, свежий воздух и вода используются совместно в виде тумана или диспергированной воды для улавливания или осаждения взвешенной пыли и газов. Таким образом, подавления пыли можно достигнуть с помощью двух основных средств: воды и хорошего проветривания.

Однако кроме воды и вентиляции для борьбы с пылью применяются и некоторые другие средства. Так, для связывания осевшей в выработках пыли используются гигроскопичные соли; иногда к воде, употребляемой для подавления пыли, добавляются смачивающие реагенты. Для предупреждения взрывов угольной пыли применяются инертные пыли, но рассмотрение этого вопроса не входит в задачи данного руководства.

Для осуществления мероприятий по борьбе с пылью необходимы разнообразная аппаратура и оборудование: вентиляторы, трубопроводы и контрольная аппаратура; оросители и туманообразователи различных конструкций; нагнетательные трубы; отсасывающие устройства; пробоотборники; микроскопы и другие приборы для счетных методов; фильтры и другие пылеулавливающие установки; лабораторное оборудование для анализов и т. п.

Для управления производством недостаточно иметь необходимые материалы, оборудование и приборы; нужны еще квалифицированные кадры, которые должны получить подготовку, соответствующую роду их занятий и профилю работы. Кроме того, оборудование всегда должно находиться в хорошем рабочем состоянии; для этого необходимо разработать и внедрить соответствующую систему проверки подготовленности кадров, а также службу надзора и ухода за оборудованием.

Однако и этого мало. Как показывает опыт, все занятые на подземных разработках, проходке туннелей и открытых горных работах, должны отдавать себе ясный отчет в опасности пыли и доле участия каждого работающего в деле борьбы с нею; необходимо сделать все возможное, чтобы обеспечить при этом тесное сотрудничество. Наилучшие результаты в борьбе с пылью будут достигнуты только в ре-

зультате постоянных и целенаправленных усилий с правильным использованием соответствующих материальных и людских ресурсов.

Указанные разнообразные средства, принятые на вооружение в деле борьбы с пылью — материальные ресурсы, оборудование, методы работы и кадры, рассматриваются последовательно в приводимых ниже главах.

Иногда высказывается мнение, что рассматриваемые инженерные противопылевые мероприятия не соответствуют своему назначению или являются неэффективными.

Необходимо напомнить, что во многих странах, где существует горная промышленность, начало интенсивной борьбы с пылью было положено только в последние годы; результаты же ее не всегда сказываются немедленно. В качестве примера можно привести опыт одного горнорудного района, где разработки в породах с высоким содержанием кварцевой пыли сопровождались тяжелыми заболеваниями пневмокониозом большого количества горнорабочих. Всесторонняя борьба с пылью здесь началась в 1934—1935 гг. Результаты ее сказались не сразу, но по истечении примерно 20 лет средняя продолжительность жизни горнорабочих значительно возросла, а частота заболеваний пневмокониозом была сведена почти к нулю. Надлежащее использование достигнутых ныне знаний и методов борьбы с пылью могло бы обеспечить в будущем создание вполне удовлетворительных условий труда при горных работах любого профиля.

ГЛАВА II

ВОДОСНАБЖЕНИЕ

Одно из наиболее ранних упоминаний об использовании воды для предупреждения пылевых заболеваний относится к 1713 г., когда в Англии был выдан патент на мокрый способ точения на кремневых камнях. Разнообразные наблюдения и исследования проводились за истекшие с тех пор годы вплоть до начала настоящего столетия, когда разработка трансваальских золоторудных месторождений в Южной Африке с полной очевидностью выявила опасность работы в кварцевых породах; здесь впервые было закреплено законом обязательное применение воды на всех горных работах.

Вода может быть использована при большинстве работ, встречающихся в горном деле. Она находит применение под буровых и взрывных работах, погрузке и транспортировке породы и руды, а также в большинстве процессов дробления и измельчения на обогатительных фабриках и установках. Для достижения наибольшей эффективности необходимо, чтобы вода постоянно находилась под достаточным давлением на всех участках горных работ, где требуется ее применение. В этих целях для проведения эффективной борьбы с пылью, как это требуется правилами профилактики пневмокониоза, каждому горному предприятию необходимо разработать тщательно продуманный план распределительной сети шахтного водоснабжения и затем внедрить его в жизнь и обеспечить нормальное функционирование всей сети.

ИСТОЧНИКИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Вода для использования в горных работах может быть получена из любого источника. К таким источникам относятся: водоснабжение из сети общего пользования (если таковая имеется), применение воды, запруженной специальными плотинами, использование дебита водоносных трещин в горных породах или любое сочетание этих источников. В некоторых случаях, когда для удовлетворения нормальной потребности в воде естественный приток ее оказывается недостаточным, можно организовать внутришахтную рециркуляцию воды с ис-

пользованием осадительных устройств или фильтров, краткое описание которых приводится ниже. Выбор того или иного, либо нескольких источников водоснабжения решают в основном экономические соображения с учетом системы шахтного водоотлива и насосного хозяйства.

КАЧЕСТВО ВОДЫ

Чистота воды, применяемой для борьбы с пылью, имеет первостепенное значение. Здесь уместны некоторые замечания по существу использования рудничной воды для подавления пыли, поскольку такая вода может содержать в виде примесей большое количество именно той пыли, для борьбы с которой предназначены проводимые мероприятия; если такая вода проходит через оросители, туманообразователи, бурильные молотки и тому подобные устройства, то в результате высвобождения при этом мельчайших частиц пыли в дисперсном виде они становятся опасными для здоровья. Кроме того, наличие в воде посторонних примесей может привести к засорению форсунок или распылителей, снижая их эффективность. При использовании чистой поверхностной воды эти опасные явления могут быть устранены и отпадает необходимость фильтрации. Более того, коррозия трубопроводов в этом случае значительно уменьшится, а возможность засорения форсунок будет мало вероятной.

Шахтная вода при соприкосновении с пиритом или другими минералами может стать кислотной и при отсутствии должной очистки вызвать сильную коррозию в трубопроводах, бурильных молотках и в другом оборудовании, в которых она будет применена.

В заключение следует отметить, что хотя вода, применяемая для улавливания пыли, и не употребляется как питьевая, тем не менее она не должна быть чрезмерно бактериально загрязненной.

ОЧИСТКА ШАХТНОЙ ВОДЫ

В случае необходимости использования шахтной воды для подавления пыли она накачивается в соответственно расположенные шахтные водосборники. После этого она подвергается очистке посредством осадительных устройств или фильтров. На рис. 3 изображен отстойник с пропускной способностью 45 000 *л* воды в час. Очистка производится путем пропускания воды через слой песка и смыва отстоявшегося ила через шламовую трубу.

Вне зависимости от того, как производится очистка — отстаиванием или фильтрацией, необходим строгий контроль за качеством очищенной воды для поддержания в ней требуемой степени очистки. Для этого систематически должны проводиться отборы проб. Содержание механических примесей в используемой шахтной воде не должно превышать 8 млн. частиц на 1 $см^3$, как это определяется подсчетом при методе «Глубокой камеры» (см. приложение 1); в случае использования в качестве питьевой воды содержание в ней частиц примесей не должно превышать 1,5 млн. на 1 $см^3$. При этом,

естественно, проводятся также дополнительное опробование и проверка ее в отношении пригодности для питья.

Кислотность воды также должна быть предметом постоянного контроля; в случае необходимости добавляются нейтрализующие реагенты, чтобы кислотность не превышала допустимых величин. В большинстве случаев значение pH порядка 5—6 считается удовлетворительным. Наиболее распространенным нейтрализующим реагентом для этой цели служит известь, обычно дешевая, легко доступная и простая в обращении. Однако применение извести может иногда

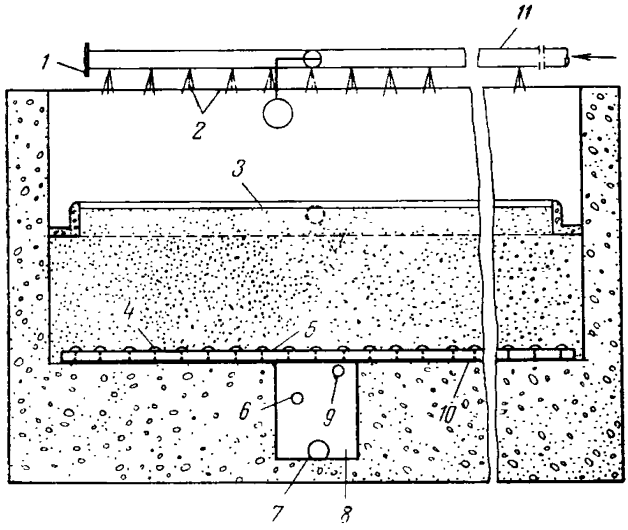


Рис. 3. Продольный разрез фильтрующего слоя (шлам вымывается через трубу на уровне слоя песка):

1 — глухой фланец; *2* — поступающая вода, разбрызгиваемая из щелей трубы $d = 15$ *см*; *3* — уровень слоя песка; *4* — воздушно-водяные форсунки для очистки песка; *5* — тонкий поверхностный слой бетона выше труб, через который проходят форсунки; *6* — воздушная труба $d = 7{,}5$ *см*; *7* — отверстие для выпуска отфильтрованной воды на нижнем конце собирающего канала $d = 15$ *см*; *8* — собирающий канал шириной 60 *см* и высотой 90 *см*; *9* — водяная труба для очистки фильтра $d = 7.5$ *см*; *10* — труба с прорезями снизу для подачи отфильтрованной воды в канал $d = 7.5$ *см*; *11* — питающая труба $d = 20$ *см*

привести к образованию в трубопроводах трудноудаляемых осадков; в этих случаях приходится прибегать к другим реагентам или использовать свежую воду из поверхностных источников.

Отбор проб

Текущий отбор проб шахтной воды для анализа на кислотность и содержание в ней механических примесей вполне может быть доверен лицам, ответственным за вентиляцию и контроль состояния запыленности рудника или шахты. Работа эта несложная и не представляет никаких особых трудностей для указанных лиц.

Отбор проб должен производиться в пунктах, характерных для данных рудников или шахт. Обычно считается достаточным взятие

разовых, одновременных проб, хотя следует предусмотреть и отбор капельных проб в продолжение длительного времени, если это окажется необходимым. Для этой цели следует использовать бутылки из прозрачного стекла с резиновыми пробками.

Отбор проб питьевой воды осуществляется работниками соответствующих лабораторий в стерилизованную посуду.

Подсчет частиц в пробах

Для определения количества частиц опасных примесей в пробе воды был разработан простой способ, названный методом глубокой ячейки. В глубокой ячейке представительная часть пробы, к которой добавляется кислота, исследуется под микроскопом в затемненном поле. Число частиц на кубический сантиметр в начальной пробе определяется затем путем применения соответствующего коэффициента умножения.

Другие методы включают использование разнообразных типов нефелометров, рассчитанных на визуальные сравнения, или фотоэлектрических приборов, которые могут быть градуированы для получения прямых отсчетов содержания частиц в шахтной воде.

КОЛИЧЕСТВО ВОДЫ

Количество воды, необходимой для подавления пыли, зависит от условий горных работ: физических свойств пород или минералов, падения жил или пластов, количества имеющейся воды, уровня механизации, количества бурильных молотков и других подобных установок в эксплуатации, атмосферных условий и типов применяемых пылеулавливающих устройств. Так, например, применение фильтров в пунктах перегрузки руды снижает потребность в воде благодаря устранению необходимости использования здесь туманообразователей или оросителей.

Среднее количество воды при работах по крепкой породе составляет 180—270 *л* на 1 *т* добычи, хотя некоторые горные предприятия приводят в отчетах цифры, в три раза превышающие указанный выше расход. Это вызывает предположение о наличии в подобных случаях большого количества утечек и малоэффективного контроля. В угольных шахтах использование воды для подавления или улавливания пыли зависит прежде всего от принятого метода разработки, причем и здесь расчет потребного количества воды в каждом отдельном случае должен производиться с учетом конкретных условий работы. Например, при зарубке угля с орошением потребное количество воды составляет от 11 до 38 *л* на 1 *м* длины забоя. Нагнетание воды в пласт требует от 5 до 14 *л* на 1 *т* добытого угля. Следует также учитывать расход воды на мокрое бурение и орошение при грохочении.

ДАВЛЕНИЕ ВОДЫ

Потребное давление воды зависит от типа применяемого в шахте оборудования. Как правило, при применении воды для орошения и смыва статическое давление ее на выходном конце трубы должно быть не менее 2 *кГ/см*^{2}. Давление воды для бурильных молотков будет меняться в зависимости от размеров и конструкции инструмента, но в большинстве случаев оно составляет величину порядка 2—3,5 *кГ/см*^{2}.

Для поддержания на рабочих местах необходимого давления на поверхности должна быть оборудована соответствующая емкость.

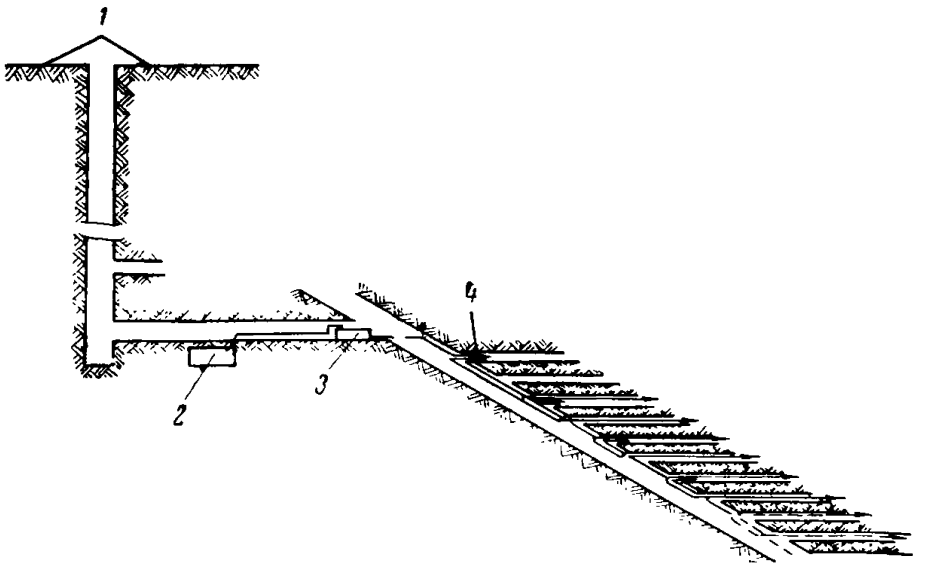


Рис. 4. Поперечный разрез наклонного шахтного ствола с обозначением на нем водоснабжения и водосборников:

1 — дневная поверхность; *2* — насосы и отстойник; *3* — главный водосборник (емкостью на одни сутки); *4* — водосборники, служащие для уменьшения напора (давления) воды, откачиваемой с нижних горизонтов. При подаче воды от каждого изменяющего давление водосборника один горизонт пропускается и вода попадает к следующим двум, равно как и к следующему водосборнику, через поплавковый клапан. Расстояние по вертикали между горизонтами приблизительно 40 *м*

При большой глубине шахты, могущей вызвать избыточное давление в сети, емкости для воды должны сооружаться в самой шахте на соответствующих горизонтах. При разработке крутопадающего рудного тела должны быть установлены перемычки или водосборники, расположенные через определенные интервалы с тем, чтобы во всей водопроводной сети поддерживалось более или менее постоянное давление.

На рис. 4 изображено устройство, применяемое при разработке наклонного рудного тела (30—50°), но оно остается в основном таким же и при разработке месторождений с более пологим или крутым падением, а также при проходке вертикальных и наклонных шахтных стволов. Главная емкость должна содержать достаточное коли-

чество чистой воды для подачи ее в шахту или на обслуживаемый участок не менее чем на один рабочий день.

Водосборники располагаются таким образом, чтобы рабочий напор составлял около 8 *м*; они должны быть оборудованы соответствующими поплавковыми клапанами, обеспечивающими бóльшую подачу воды, чем ее максимальный расход. Этим будет снижена вероятность попадания воздуха в сеть трубопровода и образования воздушных мешков, которые, попадая в бурильные молотки и прочее оборудование, могут привести к возникновению опасных концентраций взвешенной пыли.

ТРУБОПРОВОДЫ

Диаметр труб водопроводной сети следует выбирать, исходя из расчета соразмерной подачи воды по всем выработкам, вплоть до самых удаленных участков, чтобы везде иметь достаточное количество воды. Диаметр труб должен определяться с учетом расстояний в выработках и максимально возможного объема выполнения работ на различных участках; как правило, диаметр магистральных труб должен быть не менее 15 *см*, а диаметр отводных труб, ведущих к отдельным рабочим забоям, не менее 5 *см*.

Водопроводная сеть должна быть оборудована достаточным количеством кранов и патрубков. Краны необходимы при борьбе с пожарами — в этой связи иметь воду в достаточном количестве приобретает важное значение, тогда как патрубки будут необходимы во всех вентиляционных штреках и других пунктах, удаленных от главной выработки, в которых может возникнуть потребность в проведении ремонтных или иных работ. На это последнее обстоятельство часто не обращают должного внимания, так как указанные работы зачастую носят временный характер и мероприятия по борьбе с образующейся пылью не проводятся. Патрубки должны устанавливаться примерно через 30 *м*; при этом отпадает необходимость применения чрезмерно длинных шлангов.

Одним из новейших усовершенствований явилась разработка конструкции гибких трубопроводов, изготовленных из резины и металла, для подачи воды от магистральных труб к рабочим забоям. Эти трубы удобны при установке и более гибки в применении, чем обычные жесткие трубы.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ НАСОСЫ

Бывают случаи, когда при проведении восходящих работ в отдаленных участках выработки имеющееся статическое давление оказывается недостаточным, чтобы обеспечить подачу соответствующего количества воды для бурения в забое. В таких случаях применяются пневматические диафрагмовые насосы, соединенные со стационарным резервуаром, для обеспечения подачи необходимого количества воды.

ПЕРЕДВИЖНЫЕ ЦИСТЕРНЫ

Если почему-либо подключение отдаленного участка к магистральному водопроводу невозможно, то подача воды под соответствующим давлением на данный участок осуществляется с помощью передвижной цистерны. Такая цистерна может обеспечить подачу достаточного

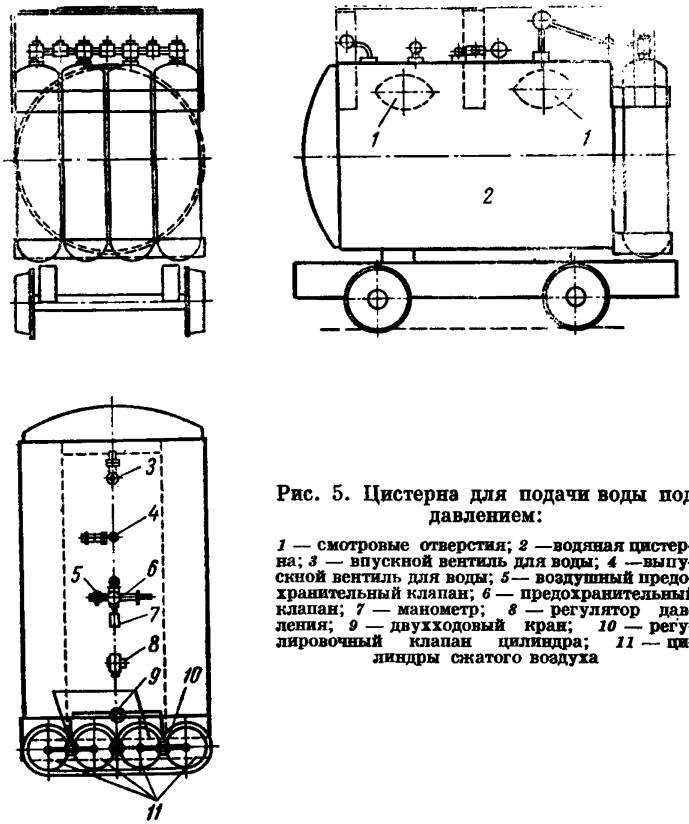


Рис. 5. Цистерна для подачи воды под давлением:

1 — смотровые отверстия; *2* —водяная цистерна; *3* — впускной вентиль для воды; *4* —выпускной вентиль для воды; *5*— воздушный предохранительный клапан; *6* — предохранительный клапан; *7* — манометр; *8* — регулятор давления; *9* — двухходовый кран; *10* — регулировочный клапан цилиндра; *11* — цилиндры сжатого воздуха

количества воды во время бурения; необходимое при этом давление воды создается путем подключения к сети сжатого воздуха.

Изображенные на рис. 5 цистерны могут быть приобретены или построены в мастерских предприятия; они могут быть сконструированы на объем воды, достаточный для бурения полного комплекта шпуров. В тех случаях, когда подача сжатого воздуха из сети невозможна, цистерны могут быть снабжены баллонами сжатого воздуха.

СМАЧИВАЮЩИЕ РЕАГЕНТЫ (ДОБАВКИ)

В силу своего относительно высокого поверхностного натяжения вода не является особенно хорошим смачивающим средством. Поэтому все больше внимания уделяется использованию в этих целях жидкостей, обладающих значительно более низким поверхностным натяжением; к ним относятся растворы так называемых поверхностно активных веществ — смачивающих реагентов (добавок).

В специальной литературе в разных странах вопрос о применении смачивающих добавок для борьбы с пылью в горных работах все еще остается предметом многочисленных дискуссий. Различные научно-исследовательские и опытно-исследовательские организации, занимающиеся разработкой или проверкой эффективности мероприятий по борьбе с пылью, высказывались за и против использования смачивающих добавок для указанной цели.

Смачивающие добавки, используемые в горных работах, должны обладать следующими свойствами:

не должны быть вредными для органов дыхания или кожных покровов;

смачивающая способность их должна быть значительно выше, чем у чистой воды;

стоимость их не должна быть чрезмерно высокой;

не должны способствовать самовозгоранию угля;

должны быть устойчивыми как в концентрированном, так и в разбавленном виде;

должны облегчать подавление пыли;

не должны быть вредными для любого металлургического или мокрого обогатительного процесса.

Смачивающие добавки должны вводиться с помощью дозатора, который обеспечит требуемую крепость раствора при всех условиях работы.

Одной из причин отказа от использования смачивающих добавок является их отрицательное влияние на здоровье рабочих. Например, при применении их в оросителях отмечались такие болезненные явления, как головные боли и кашель. Поэтому перед внедрением в практику подземных работ они должны пройти испытания в соответствующих учреждениях, например в институтах здравоохранения. Очень важно, чтобы такие средства не действовали на кожу, хотя большинство имеющихся из них уже удовлетворяет этому требованию.

Многочисленные испытания смачивающих добавок проводились в лабораторных и производственных условиях шахт. В некоторых случаях были получены отзывы о благоприятных результатах, тогда как в других сообщалось, что большее снижение пылеобразования было достигнуто при применении чистой воды. Противоречивые мнения высказывались также и при оценке эффективности этих добавок при нагнетании воды в угольные пласты.

В свете накопленного ныне опыта использование смачивающих добавок не может быть рекомендовано для подавления взвешенной

пыли оросителями или туманообразователями при нагнетании воды в пласт, смачивания пыли при буровых работах, пневматической закладке и тому подобных операциях, связанных с образованием пыли. Использование их в дальнейшем будет зависеть от результатов изысканий, которые ныне проводятся в исследовательских учреждениях во всем мире.

Однако использование подходящих смачивающих добавок для связывания осевшей пыли уже теперь признано полезным, и в настоящее время они применяются для этой цели на многих рудниках. В этом процессе характерное свойство смачивающих добавок — их способность снижать поверхностное натяжение — оказывается особенно ценным. Описание данного процесса дается в главе XI.

ГЛАВА III

ПРИМЕНЕНИЕ ВОДЫ ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И ПОДАВЛЕНИЯ ПЫЛИ

Важное значение воды как средства борьбы с пылью было уже отмечено выше; в главе II были приведены сведения об источниках водоснабжения и подаче воды к различным участкам горных работ, где имеется в ней потребность. Важно также подчеркнуть, что использование воды требует строгого контроля: применять ее следует там, где это дает наилучшие результаты, не допуская бессистемного использования ее по всем выработкам и устраняя источники потерь. В некоторых случаях чрезмерное использование воды может неблагоприятно отразиться на условиях залегания месторождения, а в шахтах и рудниках с высокой температурой пород оно может создать очень большую влажность и в результате — неблагоприятные условия в окружающей среде. Кроме того, и в металлургическом переделе некоторых руд могут встретиться серьезные затруднения, вызванные наличием излишнего содержания влаги в исходном продукте. Во всех случаях методически тщательно проработанный план применения воды должен быть доведен до сознания рабочих. Важно также, чтобы механическая служба осуществляла непосредственный и действенный контроль за эффективным снабжением водой.

В этих целях были разработаны конструкции разнообразных машин и аппаратов для наиболее эффективного использования воды в процессе отдельных операций, таких как бурение, подрубка и т. д., с учетом специфики каждой из них. Однако на различных стадиях подземных работ вода может применяться различным образом, и для этого требуются многочисленные контрольные приборы, сопла для оросителей, смесители и т. д. Поэтому данная глава посвящена общему описанию способов применения воды для предупреждения образования пыли и необходимых при этом устройств.

Не следует забывать, что вода значительно более эффективна для предупреждения образования пыли, чем осаждение ее, уже перешедшей во взвешенное состояние. Оросители, туманообразователи

и водяные завесы можно использовать для осаждения крупных частиц взвешенной пыли, образующихся при производстве многих горных работ, однако они не пригодны для эффективной очистки воздуха от более мелких частиц (размером менее 10 *мк*), в особенности тех, которые вдыхаются в легкие и являются опасными в отношении возникновения пневмокониозов. Эффективность этих средств может быть повышена путем применения точно выполненных форсунок, которые выбрасывают капельки воды с заданной скоростью; конструкция и технические характеристики их должны быть тщательно продуманы, равно как и их установка и эксплуатация.

К числу основных принципов при подавлении пыли относится смачивание разрабатываемых пород или руд водой перед началом любого процесса истирания или измельчения; там же, где неизбежно образование взвешенной пыли, струя воды из форсунки в течение любой операции должна подаваться к источнику образования пыли с возможно более близкого расстояния.

Здесь уместно отметить, что если орошение одно время считалось единственным способом борьбы с пылью в рабочих забоях, то ныне оно часто применяется в виде дополнительного средства к другим методам. Данные некоторых стран показывают, что область применения оросителей за последние годы сократилась; однако это нельзя рассматривать как следствие непригодности данного способа, а скорее как результат внедрения в практику других, более эффективных мероприятий.

ОРОСИТЕЛИ

Общие конструктивные требования

Применение оросителей в подземных условиях для предупреждения пылеобразования и подавления пыли за последние несколько лет значительно возросло. Как правило, следует применять только те оросители, которые прошли испытания в соответствующих учреждениях, существующих во многих странах с развитой горной промышленностью, так как только таким путем можно получить гарантию в их эффективности.

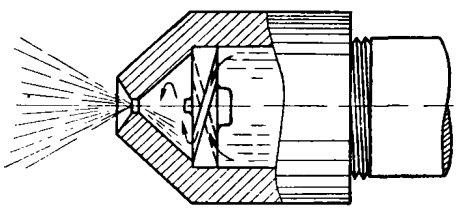


Рис. 6. Разрез оросителя (простой распыляющей форсунки)

Критерием для определения пригодности того или иного типа оросителей могут служить следующие характеристики:

конструкция и степень сложности изготовления;

расход воды при разных давлениях (в случае комбинированных агрегатов также и расход воздуха);

форма и дальность факела орошения;

тип орошения;

подверженность засорению;
физическая характеристика (форма, компактность, прочность);
устойчивость в отношении коррозии.

Конструкция оросителей (рис. 6) должна полностью соответствовать техническим условиям и быть на уровне требований, предъявляемых к ним в условиях горных работ; в особенности это касается агрегатов, применяемых при эксплуатации врубовых и погрузочных машин в угольных шахтах, а также в пунктах погрузки и перегрузки материалов.

Большое значение придается также удобству очистки оросителей (рис. 7).

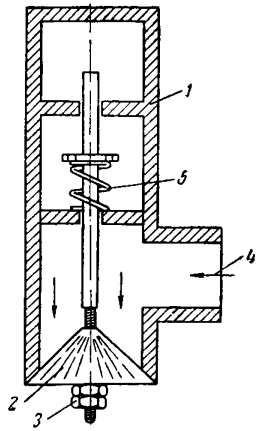


Рис. 7. Самоочищающийся ороситель:

1 — цилиндрический пустотелый тройник; *2* — конический клапан; *3* — регулировка натяжения пружины; *4* — впуск воды; *5* — пружина

Расход воды

Расход воды должен быть отрегулирован в соответствии с условиями эксплуатации; другими словами, ороситель не должен расходовать воды больше, чем необходимо для выполнения заданной работы. Опыт показывает, что оросители, расходующие 1,5 *л/мин*, не дают удовлетворительных результатов; с другой стороны, оросители, установленные в пунктах погрузки и перегрузки с передаточных конвейеров, не должны расходовать слишком много воды, так как это может привести к таким нежелательным явлениям, как вспучивание подошвы выработок в местах их применения или к затруднениям на обогатительных фабриках. Вообще говоря, оросители в пунктах погрузки и перегрузки не должны выпускать такого количества воды, которое могло бы привести к ее скоплениям на ленточных конвейерах или в вагонетках. В большинстве случаев рационально применение воды в количестве от 2,5 до 4 *л/мин* при давлении приблизительно 7 *кГ/см*^{2}.

На рыхлых породах или угле следует применять оросители с достаточно большим расходом воды, чтобы за короткий период в надлежащей мере увлажнить всю массу материала. Ширина и дальность факела, образуемого такими оросителями, должны достигать максимальных значений, осуществимых в данных условиях, но капельки воды должны быть при этом небольшого размера, а ударное действие воды при столкновении с пылью должно быть небольшим, чтобы избежать взметывания пыли перед оросительным факелом. Наиболее плотный факел требуется при применении оросителей для создания завес с целью подавления пыли, образующейся при взрывных работах.

Важное значение точного и правильного расчета количества расходуемого оросителями воды было уже отмечено, но еще более

необходимо подчеркнуть значение этого обстоятельства в случае применения воздушно-водяных форсунок — туманообразователей. Назначением туманообразователей является создание исключительно мелкого распыления воды с помощью сжатого воздуха. При недостаточной подаче воды большие количества сжатого воздуха создают туман, который в течение длительного времени будет оставаться во взвешенном виде. С другой стороны, при слишком обильной подаче воды количество тумана и его способность удерживаться в воздухе будут чрезмерно снижены. Время оседания тумана, создаваемого туманообразователями, не должно превышать 2—3 *мин* в зависимости от скорости движения воздуха в местах их использования.

Характеристика факела

Важное значение имеет форма факела, образуемого форсункой-оросителем; создаваемая при этом водяная завеса должна быть достаточно плотной, без каких-либо просветов, так как в противном случае через нее могут пройти несмоченные частицы пыли. Факел от одного или нескольких оросителей, установленных в откаточных выработках для подавления пыли, должен полностью перекрывать поперечное сечение выработки.

Лучшие результаты в подавлении пыли достигаются в том случае, когда образуемая оросителем завеса имеет значительную ширину и длину. При выполнении этих условий для получения одинаковых результатов потребуется меньше оросителей.

Важную роль играет также и самый характер распыления. Вода должна распыляться возможно более равномерно. Оросители считаются непригодными, если они обеспечивают достаточную плотность факела только в центре водяной завесы, оставляя боковые зоны неравномерно орошенными.

С характером распыления воды тесно связан и размер отдельных ее капелек. Крупные капли не связывают в достаточной мере частицы пыли, тогда как мелкие капельки обеспечивают бóльшую вероятность подавления пыли при меньшем расходе воды. С другой стороны, распыление воды не должно быть слишком тонким, иначе осаждение пыли будет недостаточным.

КАЧЕСТВО ВОДЫ

Существенное значение имеет качество используемой для орошения воды: она должна быть чистой и, насколько возможно, свободной от кислот. Применение загрязненной воды может привести не только к закупориванию форсунок оросителей, но и к высвобождению и проникновению в воздух добавочных частиц пыли. Многие жалобы относительно неэффективности оросителей возникают в результате использования загрязненной воды. При наличии сомнений в чистоте воды существенную помощь может оказать водоочистительное устройство, вмонтированное в водопроводную сеть; оно удаляет

все частицы примесей размером более 0,5 *мм* и обладает пропускной способностью около 7000—7500 *л/ч*, не вызывая сколько-нибудь заметного падения давления. Форсунки оросителей должны регулярно проверяться для поддержания их в хорошем рабочем состоянии.

РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОРОСИТЕЛЬНЫМИ УСТАНОВКАМИ

Оросительные установки, обслуживаемые вручную или работающие без надзора, не всегда функционируют удовлетворительно. Отключенные оросители не всегда могут быть быстро включены, когда это потребуется, или же, наоборот, работающие оросители не могут отключаться во время перерывов, что может вызвать серьезные осложнения. В этом случае транспортное оборудование будет мокрым и скользким; мокрые куски угля, прилипшие к ленте конвейера, в случае попадания их в ведущий барабан могут привести к разрыву конвейерной ленты; наличие избыточной воды может вызвать вспучивание подошвы выработок и привести ко всякого рода неполадкам в работе. Более того, продолжающееся во время перерывов транспортных и погрузочных работ смачивание подлежащего откатке угля или руды может оказать на них отрицательное влияние. Чрезмерно мокрый уголь, поступающий на обогатительные фабрики на грохочение и сортировку, затрудняет эти процессы и удорожает их. Установлено, что чрезмерная влажность угля в значительной степени обусловливается неправильным использованием оросителей.

Для поддержания в угле низкого содержания влаги необходимо иметь возможность регулировать подачу воды к форсунке в соответствии с количеством транспортируемого материала. В течение смены откатка часто происходит неравномерно и с перерывами; в этих условиях включение и отключение оросительных установок обслуживающим персоналом должны производиться быстро, без задержки. Это значит, что эффективная регулировка в значительной мере будет зависеть от сознательности персонала.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОРОСИТЕЛЬНЫМИ УСТАНОВКАМИ

Для преодоления трудностей, возникающих при ручном управлении, для оросительных установок были разработаны конструкции регуляторов, пропускающих только минимальный объем воды, необходимый для проходящего в данный момент количества материала. Таким путем в должной мере обеспечивается подавление пыли и устранение чрезмерно большого расхода воды.

Принцип автоматических регуляторов, нашедший применение первоначально в работе ленточных конвейеров, заключается в воздействии груза, находящегося на конвейере в пунктах погрузки и перегрузки, на систему рычагов, управляющих клапаном, который автоматически регулирует подачу воды. Этот тип регуляторов получил удовлетворительную оценку во многих шахтах (рис. 8).

Один из многих вариантов автоматических регуляторов основан на действии водяного клапана с приводом от небольшого центробежного масляного насоса. Вращение, сообщаемое желобчатому ведущему колесу прогибом нагруженной ленты конвейера, приводит в действие насос, который подает из резервуара под низким давлением рабочую жидкость к тыльной части поршня, продвижением которого вперед

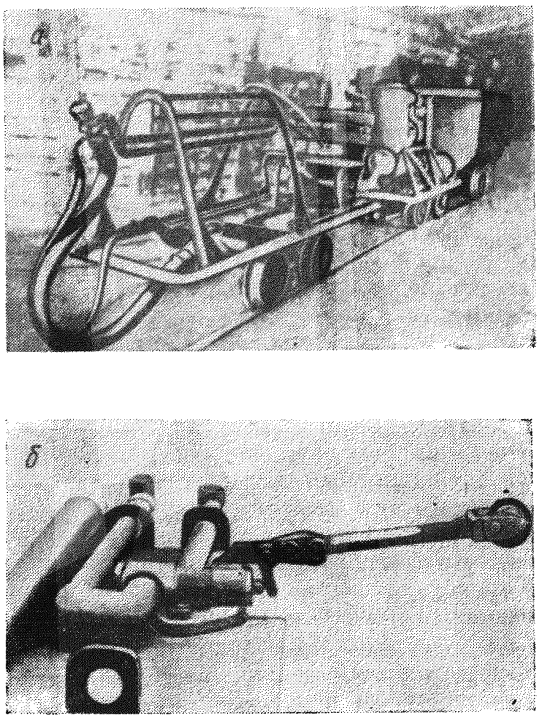


Рис. 8. Вагонетка с насосом для орошения штрека *а* и автоматический регулятор оросителя для ленточного конвейера *б*

присоединенный к нему шток поднимает регулировочный клапан, открывая путь воде. Это устройство может быть приведено в действие также движением рудничных вагонеток, круговых опрокидывателей и т. д.; стандартная установка рассчитана на регулировку давления в пределах от 0,7 до 105 *кГ/см*^{2}.

Одно из приспособлений регулирует струю воды в соответствии с количеством материала, погруженного на транспортное оборудование конвейерного типа; оно приводится в действие отклонениями качающегося рычага, каждое положение которого зависит от высоты

материала, находящегося в движении; рычаг, в свою очередь, приводит в действие клапан-задвижку, который и регулирует подачу воды. Ороситель и регулятор образуют один агрегат, который может быть использован во всех пунктах погрузки и перегрузки в любой системе транспорта конвейерного типа. При небольшом отклонении задвижки к оросителю подается немного воды, а по мере возрастания величины отклонения увеличивается и количество подаваемой воды. При отсутствии транспортируемого материала подача воды автоматически отключается. Таким образом, орошение действует совершенно независимо от обслуживающего персонала.

Испытания оросителей этого типа на перегрузочных пунктах в забоях показали, что при открытии клапана на ширину отверстия в 3 *мм* и при расходе воды, равном 3—4 *л/мин*, количество пыли, образующейся при перегрузке угля с забойного пластинчатого на главный конвейер, может быть снижено приблизительно на 90% к общему объему пыли и на 70% к объему мелких фракций размером менее 10 *мк*.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАРА ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ ПЫЛИ

В порядке изучения вопроса о возможности использования пара для подавления пыли, образующейся на подземных погрузочных станциях, проводились опыты с разработанными для этой цели электрическими установками для парообразования. Проводились также опыты по использованию пара для нагнетания его в угольный пласт, но полученные при этом результаты можно назвать лишь средними.

В течение многих лет пар использовался на опрокидывателях в надшахтных зданиях, когда применение его было доступно. Пар вводили внутрь кожуха, покрывающего опрокидыватель, с автоматической подачей во время опрокидывания. Таким же образом пар иногда применялся для автоматических скиповых погрузочных устройств.

Практика показала невыгодность применения пара в подземных условиях, где для этой цели потребовались бы сложные и громоздкие установки. Применение соответствующих нагревательных приборов создает ряд других трудностей, поскольку образование дополнительного тепла в вентиляционной сети шахт, имеющих нагретые участки, является нежелательным.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ КОНДЕНСАЦИИ ВОДЫ ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ ПЫЛИ

Естественное охлаждение и расширение влажного воздуха также можно использовать для подавления пыли в воздухе. В этом случае частицы пыли служат как бы ядрами, вокруг которых происходит

конденсация, в результате которой пыль задерживается в образующихся капельках. Это явление можно наблюдать, когда теплый и влажный воздух из нижних выработанных пространств проходит со струей восходящей вентиляции через вышележащие выработки. К тому времени, когда воздух дойдет до выработок самых верхних горизонтов, произойдет значительная конденсация в силу его охлаждения и снижения давления, в результате чего содержание пыли в воздухе намного сократится. То же самое явление можно наблюдать, когда теплый и влажный воздух охлаждается в подземных холодильных установках. Этим способом можно удалить некоторое количество даже самых мелких частиц пыли.

ГЛАВА IV

ПРОВЕТРИВАНИЕ

Вентиляция, или проветривание, в горном деле — это естественная или искусственная тяга воздуха через все подземные выработки в количестве, достаточном для поддержания безопасных и здоровых условий на каждом участке рудника или шахты, где люди работают или передвигаются.

В частности, наличие соответствующей вентиляции является важнейшим фактором для предотвращения образования взрывоопасной смеси воздуха и метана, удаления из выработок вредных продуктов взрыва, охлаждения выработок с высокой температурой окружающих пород и создания таким образом нормальных условий работы и, наконец, что не менее важно, разжижения и удаления взвешенной пыли, образующейся при всех горных работах.

ГЛАВНОЕ ПРОВЕТРИВАНИЕ

Вопрос оборудования рудников и шахт соответствующими вентиляционными установками приобретает за последнее время все возрастающее значение в области горной техники. Этот факт можно объяснить не только требованиями создания лучших условий работы и возникновением проблем, связанных с разработкой более глубоких и нагретых пластов в рудниках и шахтах, но и расширением знаний о той опасности, которую представляет собой пыль и которая может быть снижена применением эффективного проветривания.

В большинстве стран горное законодательство требует поддержания известных норм проветривания в подземных выработках. В основу этих норм обычно кладется минимально необходимое количество воздуха на подземного рабочего или требуемый уровень чистоты воздуха, имея в виду вредные, взрывоопасные газы или пыль; в некоторых случаях учитывается также норма по охлаждающей способности воздуха. В некоторых странах закон требует назначения квалифицированного должностного лица для надзора

за пылевым режимом и профилактическими мероприятиями в руднике или шахте; в известных случаях можно считать целесообразным включение в круг обязанностей этого работника и наблюдение за вентиляционным хозяйством. Законоположения охватывают также область распределения воздуха по выработкам и меры предупреждения утечки воздуха или рециркуляции отработанного воздуха (рис. 9); кроме того, они предусматривают регулярный надзор и обследование условий работы с представлением относящихся к этому отчетов и статистических данных.

При разработке схем проветривания шахт не следует упускать из вида некоторые особенности вентиляции в связи с предупреждением

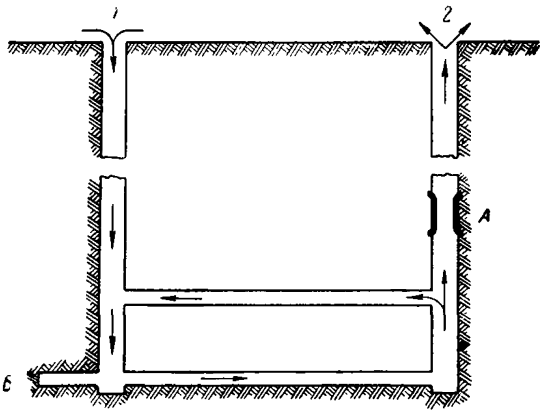


Рис. 9. Диаграмма, показывающая стремление воздушного потока к рециркуляции вследствие сопротивлений, встречающихся в вентиляционной сети (сопротивление исходящей струе в пункте *А* и тупик *Б* служат причиной образования рециркуляции воздуха в шахте):

1 —шахтный ствол для входящей струи; *2* — шахтный ствол для исходящей струи

пылеобразования и подавлением пыли. Сюда относится проходка вентиляционных штреков для пропуска соответствующего количества свежего воздуха к рабочим местам без взметывания пыли, образующейся при различных операциях, например при транспорте и подъеме руды. Эти вентиляционные выработки должны быть пройдены так, чтобы скорость струи воздуха в них не была слишком большой, т. е. не производила бы при прохождении взметывания пыли в воздух. Необходимо предусмотреть обособленное проветривание с подачей свежего воздуха к основным участкам работ таким образом, чтобы пыль по возможности не проникала из одних участков работ в другие.

Назначение проветривания

Хорошее проветривание обусловливает прохождение свежего воздуха ко всем местам работ — удаляя при этом из воздуха загрязнения — газы или пыль и обеспечивая постоянную подачу свежего воздуха для работающих в них людей.

Важное значение вентиляционной струи состоит также в разжижении и рассеивании концентраций взвешенной пыли. Поднимающиеся в воздух частицы пыли обычно образуют облако, форма которого зависит от характера источника пылеобразования, самих частиц и потока воздуха в окружающем пространстве. В условиях турбулентного движения воздуха, которое при нормальном проветривании встречается при любой скорости, пылевое облако рассеивается быстро, в результате чего создается значительное снижение концентрации пыли с равномерным ее распределением по всему воздушному потоку. Подобное явление происходит и в том случае, когда поток воздуха с высокой концентрацией пыли соединяется с другим, имеющим более низкую концентрацию, тогда в условиях турбулентного движения концентрации пыли выравниваются и значение их становится средним во всей массе воздуха.

Схемы проветривания

В настоящей главе не предполагается рассматривать в деталях технические стороны проветривания шахт, так как эти вопросы в достаточной мере освещены в справочниках и руководствах. Однако краткое описание общих схем шахтного проветривания поможет лучше уяснить ее важное значение и тесную связь, существующую между хорошим проветриванием и борьбой со взвешенной пылью.

Движение воздуха по горным выработкам возникает вследствие разности давлений на входе и выходе для входящей и исходящей струй воздуха. Воздух, проходя по шахтным стволам или штольням и вентиляционным выработкам, поступает к рабочим участкам и затем удаляется по выработкам для исходящей струи. Разность давления, требующаяся для создания необходимого движения воздуха, может быть осуществлена за счет естественных условий или с помощью одного или нескольких вентиляторов (рис. 10). Естественное проветривание, без вспомогательных средств, применяется лишь в небольших шахтах, где потребное количество воздуха сравнительно невелико и где затруднения в отношении контроля и регулирования не являются слишком большими. В настоящее же время на многих рудниках количество подаваемого в них воздуха доходит до 1000 $м^3/сек$ при давлениях, достигающих 25,4 $кГ/см^2$; в связи с этим изготовление и установка рудничных вентиляторов приобрели значение важной технической проблемы.

Установка главного вентилятора осуществляется обычно на верхней приемной площадке выдающего вентиляционного ствола так, что сеть горных выработок находится под всасыванием. В большинстве случаев предпочтение отдают этой схеме проветривания, хотя в некоторых, неугольных шахтах вентиляционная установка может помещаться и под землей или в отделениях для входящей или исходящей струй. В некоторых случаях, в частности в тех, где имеет место движение большого количества воздуха или необычайно большое сопротивление, в дополнение к главному вентилятору

необходимо использовать установки для частичного проветривания выработок.

Распределение воздуха по выработкам зависит от рода и расположения рудника или шахты, включая такие характеристики, как количество шахтных стволов и других путей сообщения с поверхностью, количество разрабатываемых пластов или рудных тел, их мощности, падение, неразрывность и т. п. Воздух должен распределяться по выработкам или «пропускаться» через них, причем обычно он разделяется, или «ответвляется», создавая некоторое количество вторичных потоков, питающих различные «вентиляционные участки». В угольных шахтах необходимо предусматривать отдельные вентиляционные выработки для входящей и исходящей

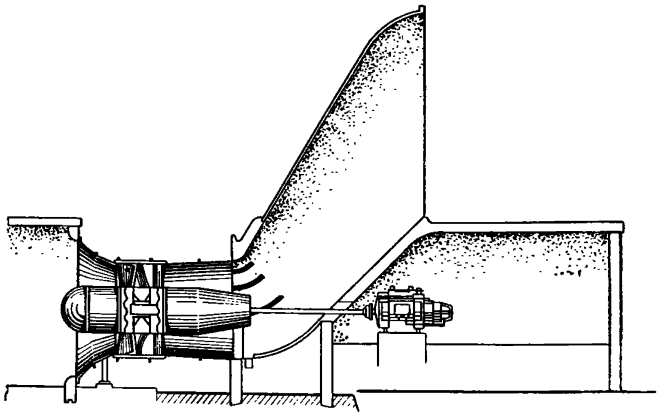


Рис. 10. Осевой вентилятор для шахтного проветривания

струй к каждому участку; во многих странах требования к вентиляционным выработкам определены в законодательном порядке в соответствии с размерами рудника или шахты. В металлических рудниках отработанный воздух часто можно пропускать через выработанные пространства, если они сообщаются с поверхностью, но и в этом случае необходимо поддержание соответствующих выработок и соединений, чтобы исходящая струя достигла поверхности. На рудниках, где встречаются такие препятствия, как дайки сброса, или там, где происходит быстрое и полное соединение выработанных пространств, часто возникает необходимость проведения специальных работ с целью поддержания путей для исходящей струи воздуха открытыми.

Сопротивление движению воздуха в руднике или шахте зависит главным образом от площади поперечного сечения вентиляционных выработок. Влияние на него оказывает также трение воздуха об обнаженные поверхности выработок — подошву, стенки, кровлю. Затем оно зависит от длины и выработок и, наконец, от наличия

каких-либо препятствий и количества изгибов. Соотношение между площадью поперечного сечения вентиляционной выработки и количеством проходящего воздуха при одном и том же давлении представлено на рис. 11. Таким образом, для поддержания соответствующей скорости движения воздуха необходимо учитывать все эти факторы и избегать чрезмерного увеличения сопротивления рудника или шахты.

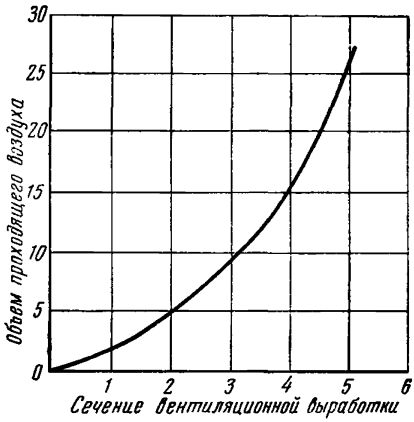


Рис. 11. Соотношение между объемом протекающего воздуха и площадью поперечного сечения вентиляционной выработки

В то же время необходимо избегать утечки или замыкания воздушной струи «накоротко». Для этого особое внимание нужно уделять изолирующим и вентиляционным перемычкам между выработками для входящей и исходящей струй. Важное значение имеет также устройство шлюзов с хорошо закрывающимися дверями.

К числу других вопросов, требующих внимания, относятся изоляция выработанных пространств, разделение воздушной струи, установка вспомогательных вентиляторов и вентиляторов местного проветривания, концентрация воздуха, позволяющая ему протекать по рабочим забоям с достаточно высокой скоростью, а в отношении газовых шахт и выработок с высокими температурами — еще целый ряд проблем, связанных с качеством воздуха, рассмотрение которых, однако, не входит в рамки настоящей главы и относится к кругу обязанностей инженеров по вентиляции.

Скорость и количество воздуха

Для того чтобы воздух мог эффективно выполнять задачу по удалению или разжижению пыли, его скорость не должна падать ниже известного уровня. В некоторых странах эта минимальная скорость принята равной 0,25 *м/сек*, хотя на практике на участках интенсивной разработки требуются значительно более высокие скорости. В каждом отдельном случае соответствующие скорости движения воздуха в рабочих забоях следует выбирать на основании практических данных о пылевом режиме, руководствуясь при этом также соображениями относительно температуры и влажности.

Количество воздуха, подаваемого в шахту, будет зависеть от протяженности выработок и объема производимых работ, а также от физических свойств разрабатываемого месторождения, но оно всегда должно быть рассчитано так, чтобы необходимая скорость

была обеспечена на любом участке, на который ответвляется воздушная струя. В различных странах правилами технической эксплуатации минимальные количества воздуха установлены в пределах от 0,85 до 6 *м*³/*мин* на человека, но практически эти нормы обычно намного выше.

Скорость движения воздуха и концентрация пыли

Эффективность разжижения пыли при различных скоростях воздуха может быть продемонстрирована практически. При скорости воздуха до 0,5 *м/сек* увеличение ее в два раза приводит к снижению концентрации пыли наполовину. При более высоких скоростях эффективность разжижения меньше, так как воздух при быстром

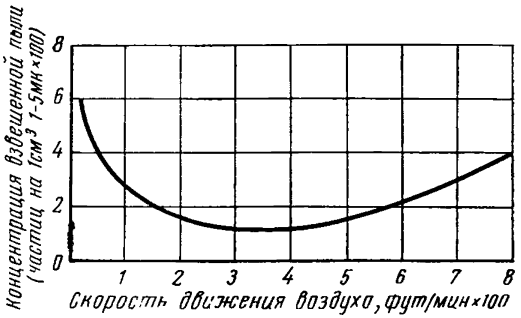


Рис. 12. Соотношение между скоростью движения воздуха и концентрациями взвешенной пыли

прохождении взметывает некоторое количество пыли, а при скоростях свыше 2 *м/сек* общее количество взвешенной пыли может возрасти. Форма кривой (рис. 12) соотношения скорости воздушного потока и концентрации взвешенной пыли была определена экспериментальным путем; оптимальная скорость — с точки зрения борьбы с пылью — будет зависеть и от таких факторов, как состав и физические свойства пыли, направление воздушной струи относительно перемещения угля или руды, характер ведущихся работ. Для угольных шахт не рекомендуются скорости, превышающие 2,5 *м/сек*, хотя величина скорости будет зависеть от степени достигаемого эффекта в подавлении пыли. В других видах горных работ могут оказаться приемлемыми и более высокие скорости. Максимально и минимально допустимые скорости воздуха следует определять с учетом местных условий.

Естественное осаждение пыли

Естественное осаждение пыли на подошве горной выработки, на ее стенках и других поверхностях способствует снижению концентрации взвешенной пыли. Однако вследствие очень малых размеров

частиц этот процесс происходит весьма медленно и его нельзя рассматривать как действенное средство снижения концентрации пыли на рабочих местах. Вместе с тем в особых условиях, например при низких скоростях движения запыленного воздуха на большие расстояния, путем естественного осаждения достигались значительные снижения концентраций пыли; имели место случаи, обычно в металлических рудниках, когда это явление успешно использовалось для проветривания дополнительного ряда выработок с применением для этого отработанного воздуха из отдаленных участков того же самого рудника.

Коагуляция частиц пыли

В известных условиях осаждение пыли может произойти в результате коагуляции (укрупнения) очень мелких частиц пыли. С целью повышения эффективности этого процесса были проведены опыты с использованием аэрозолей. Однако при концентрациях пыли, обычно встречающихся в хорошо проветриваемых рудниках или шахтах, проведенные опыты не дали одинаковой картины в достигнутых успехах. В силу этого данный метод подавления пыли может иметь лишь небольшое значение.

ОБОСОБЛЕННОЕ ПРОВЕТРИВАНИЕ

В каждом руднике или шахте могут быть участки, на которые не поступает воздушная струя главного проветривания, каким бы большим при этом ни был объем подаваемого воздуха. К таким участкам относятся рабочие забои и другие виды тупиков, включая и ту часть забоев, где недостаточна струя воздуха для удаления пыли или поддержания нормальных условий труда.

Для обеспечения хорошего проветривания в таких участках используются небольшие вентиляторы в сочетании с вентиляционными трубами и перемычками. Это известно под названием обособленного (местного) проветривания. Это же название принято и в отношении специальных методов, применяемых в подземных условиях и на поверхности для улавливания пыли у источников ее образования: дробильных установок, рудоспусков и мастерских. Об этих источниках см. главы V и XII.

Подобные проблемы могут возникнуть также в гражданском строительстве, например при проходке длинных туннелей. Однако в туннелях использованный воздух системой вентиляции выбрасывается прямо в атмосферу, тогда как при подземных разработках после очистки он обычно возвращается в сеть главного проветривания и может подаваться на другие рабочие участки.

Количество воздуха

При определении потребного количества воздуха для подачи в подвигающийся туннель или в другие тупиковые выработки необходимо учитывать ряд факторов. Кроме обеспечения рабочих свежим

воздухом и подачи его для удаления пыли, образующейся при бурении и других горных работах, проветривание необходимо также для удаления дыма, пыли и газов, образующихся в процессе взрывных работ, и, если этого требуют местные условия, удаления излишнего тепла или природных газов, выделяемых окружающими породами.

Потребное количество воздуха следует рассчитывать исходя из величины приблизительно 175 *л/сек* на 1 $м^2$ площади поперечного сечения выработки. Там, где вследствие внедрения механических средств погрузки или в силу других причин можно ожидать образования очень большой запыленности, указанное количество должно быть увеличено; так же следует поступать и там, где существует опасность выделения больших количеств газа или тепла в зонах с высокой температурой горных пород. В условиях очень высоких температур имели место случаи, когда количество подаваемого воздуха достигало 750 *л/сек* на 1 $м^2$ площади забоя.

Приведенные цифры относятся к количеству воздуха, замеренного на выходе вентиляционной трубы в забое, так как оно будет меньше того количества, которое подает вентилятор, в зависимости от степени совершенства конструкции вентиляционных труб и тем самым от их эффективности.

На других рабочих участках, помимо туннелей и штолен, которые не обеспечиваются сквозной вентиляционной струей, количество воздуха, подаваемого вспомогательными установками, будет зависеть от характера проводимых работ и местных условий. При расчете потребного количества воздуха в таких случаях следует руководствоваться необходимостью обеспечения минимальной скорости воздуха в пределах 12—15 *м/мин.* В некоторых случаях может потребоваться установка вентилятора, хотя в ряде случаев задача может быть решена и путем правильного использования перемычек и вентиляционных дверей.

Вентиляторы

Вентиляторы, применяемые для местного проветривания, работают от электрического или пневматического привода. Наряду с бóльшей эффективностью и меньшей вероятностью необходимости отключения во время перерывов в работе на руднике или шахте преимуществом электропривода является его экономичность.

Выбор места установки вентилятора относится к числу весьма важных вопросов, в особенности в горных выработках, где выделяется метан. Все мероприятия по установке и обслуживанию вентиляторов местного проветривания должны находиться под наблюдением специально назначенного для этой цели компетентного лица, в обязанность которого должно входить также принятие необходимых мер по восстановлению вентиляции после имевшей место остановки вентилятора или нарушений в силу каких-либо других причин.

При выборе вентилятора речь может идти о центробежных или осевых установках (рис. 13). Как правило, установки последнего

типа, включающие вентиляторы с направляющими лопатками, контрроторные и турбоосевые модели, являются более подходящими в меняющемся режиме работы местного проветривания, так как их легче монтировать и перемещать с одного места на другое, и занимают они меньше места, чем громоздкие центробежные вентиляторы. Ныне существуют конструкции вентиляторов, рассчитанных для выполнения разнообразных работ при высокой эффективности их эксплуатации.

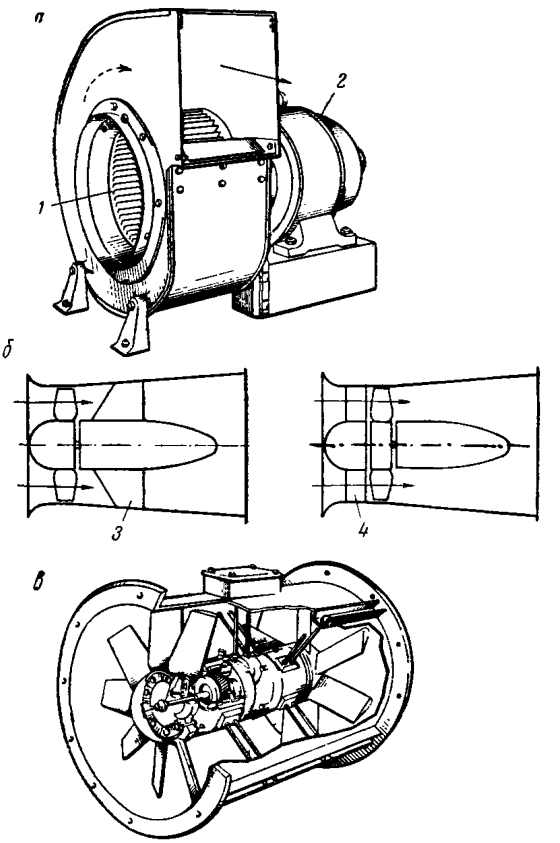


Рис. 13. Вентиляторы для местного проветривания:

а — центробежный; *б* — осевой с направляющими лопатками; *в* — удвоенной мощности с лопатками заостренно-обтекаемой формы и противоположно вращающимися рабочими колесами: *1* — всасывающее отверстие; *2* — привод вентилятора; *3* — направляющие лопатки по направлению потока; *4* — направляющие лопатки навстречу потоку

Вентиляционные трубы

Для проветривания забоев подготовительных выработок применяются вентиляционные трубы, изготовленные из разнообразных материалов, включая бесшовные, сварные и клепаные стальные трубы, спаянные оцинкованные железные трубы, обернутые проволокой деревянные трубы, фанеру, стекловолокно, гибкие холщовые и брезентовые ткани и синтетические материалы. Все такие трубы, за исключением гибких, могут быть использованы для нагнетательного и всасывающего проветривания. Выбор труб зависит от местных условий, возможности получения тех или иных материалов и экономических факторов; на выбор влияют и такие соображения, как учет конечной длины става труб, период эксплуатации, окружающие условия и потребное рабочее давление. При выборе нельзя упускать из вида и то, что дополнительные расходы на самые лучшие трубы компенсируются не только более высокой их эффективностью, но и более продолжительным сроком службы, с учетом добавочной стоимости ремонта. Проведенные обследования и проверки многочисленных установок подземного проветривания

показали, что в общем качество вентиляционных труб, их монтаж и обслуживание находятся на весьма низком уровне. Количество поступающего воздуха часто не достигает и 50% фактической производительности вентилятора. Чтобы свести к минимуму подобную утечку воздуха, следует установить нормы эффективности труб и проводить регулярные замеры с целью обеспечения постоянного поддержания. Величина утечки не должна превышать 1—2% всего объема подаваемого вентилятором воздуха на каждые 30 *м* воздухопровода.

Для металлических труб клепаные швы являются менее пригодными, чем сварные, так как они не обеспечивают герметичности, более чувствительны к повреждениям при транспортировке и требуют частого уплотнения чеканкой для поддержания их эффективности. Соединения труб из оцинкованного железа пайкой

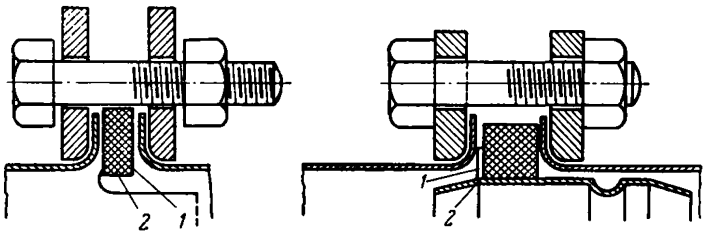


Рис. 14. Фланцевые соединения, применяемые для вентиляционных трубопроводов из оцинкованного железа:

1 — резиновая прокладка; *2* — поддерживающая муфта

дают более удовлетворительные результаты, чем клепаные швы, но после продолжительного срока службы становятся неплотными.

Необходимо уделять пристальное внимание применяемым видам соединений труб, которые, кроме герметичности, должны обеспечивать удобную сборку в подземных условиях. Для всех металлических труб рекомендуются фланцевые соединения с резиновыми или прорезиненными прокладками (рис. 14).

Если вентиляционный трубопровод необходимо изогнуть под небольшим углом, следует применять отводы специальной конструкции. Для малых углов (до 20°) полезно применять устройство, состоящее из обычной вентиляционной трубы, разрезанной на две части в наклонной плоскости под углом 80° к ее оси. К отрезанным концам привариваются или присоединяются тем или иным способом стандартные фланцы с особо высверленными отверстиями и тогда путем вращения одной секции по отношению к другой может быть образован требуемый угол изгиба.

ПРОВЕТРИВАНИЕ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Выбор способа

К забою подготовительной выработки воздух может подаваться одним из двух способов или комбинированием их. Эти два основных способа проветривания заключаются или в нагнетании воздуха

через вентиляционные трубы непосредственно к забою, или в отсасывании воздуха через вентиляционные трубы с образованием, таким образом, движения воздуха вдоль выработки к забою.

Из этих двух способов проветривания более простым и практичным является нагнетательный. Вместе с тем и всасывающий способ, который будет рассмотрен ниже, имеет известные преимущества, так что окончательный выбор способа будет зависеть от специфических условий, встречающихся в каждом отдельном случае.

Всасывающий способ

С точки зрения удаления пыли всасывающий способ более всего подходит к сквозному проветриванию. Если бы всасывающий конец

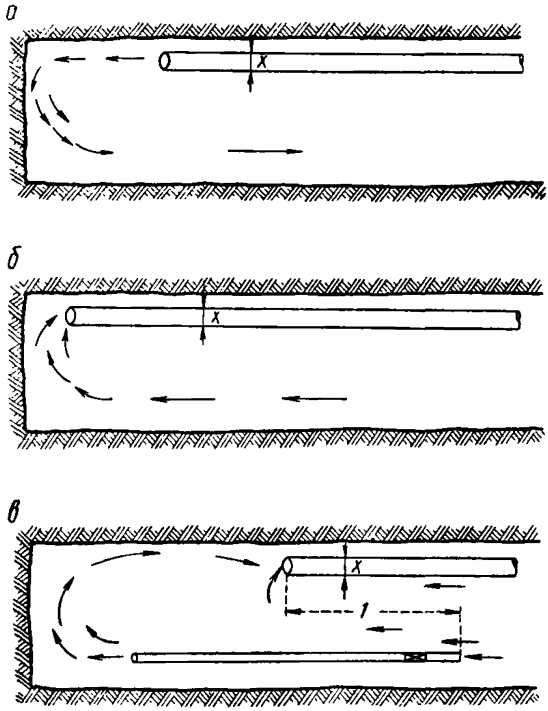


Рис. 15. Схемы проветривания выработок:

а — нагнетательная: свежий воздух подается к подготовительному забою; *б* — всасывающая (обратить внимание на трудность поддержания вентиляционной трубы вблизи забоя); *в* — комбинированная с перекрыванием. перекрывание *l* должно быть на расстоянии не менее 10 *м*

вентиляционной трубы был протянут прямо к забою, то вся образовавшаяся здесь пыль была бы затянута в вентиляционную трубу и вероятность вдыхания ее рабочими была бы очень незначительной.

Однако в практических условиях подводить вентиляционные трубы к забою, где проводятся взрывные работы, ближе чем на 12—15 *м*, исключительно трудно ввиду возможности повреждения трубопровода. Таким образом, при всасывающем способе имеется мертвое пространство между окончанием трубы и забоем, в котором концентрация пыли будет очень высокой. Эта трудность была успешно преодолена путем установки короткого отрезка вентиляционной трубы для захватывания струи входящего свежего воздуха и подачи ее к забою. Указанное устройство позволяет рассеивать пылевое облако и заставляет его перемещаться в зону досягаемости конца

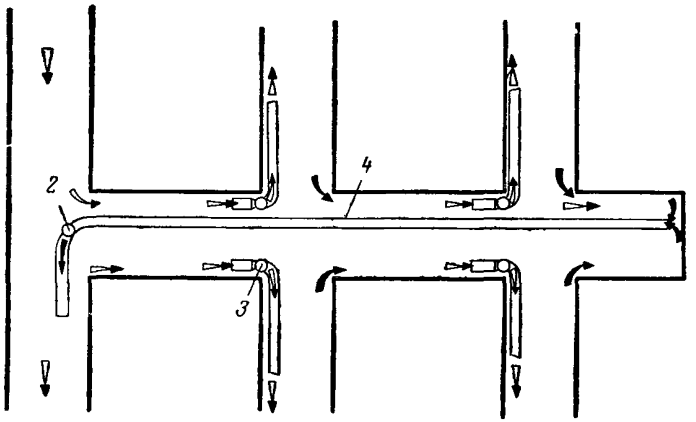


Рис. 16. Схема проветривания для нескольких одновременно работающих подготовительных забоев:

1 — главная вентиляционная выработка; *2* — всасывающий вентилятор; *3* — нагнетательный вентилятор; *4* — главный вентиляционный трубопровод

главной всасывающей трубы. Данное устройство известно как комбинированный способ местного проветривания; он имеет еще и то преимущество, что дым, пыль и газы после взрыва затягиваются непосредственно в вентиляционную трубу, позволяя таким образом рабочим входить в забой через значительно более короткий промежуток времени после взрывания, чем при других способах.

Всасывающий способ на практике имеет и некоторые недостатки. В случае длинной выработки воздух должен будет пройти большое расстояние от ближайшей струи главного проветривания с относительно низкой скоростью и будет, таким образом, увлекать за собой значительное количество тепла. При повышенных температурах окружающих пород нагревание за счет этого воздуха может стать помехой для всех работ в забое. Более того, если выработка пересекает какую-либо трещину, выделяющую газ, или если в самой выработке проводятся какие-либо работы вспомогательного характера, то образующиеся при этом газы или пыль будут подаваться вперед, к забою, а не назад, к струе главного проветривания.

Чтобы избежать рециркуляции воздуха, которая влечет за собой образование опасных скоплений пыли или газов, необходимо установить тщательный контроль за режимом работы нагнетательного вентилятора вспомогательной установки с тем, чтобы количество подаваемого им воздуха не превышало 60% количества воздуха в главном всасывающем трубопроводе; следует также следить за

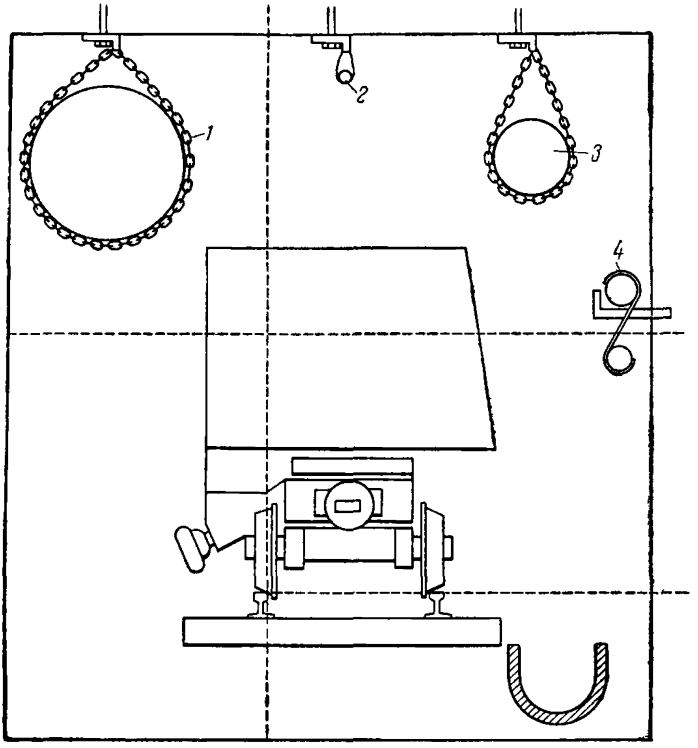


Рис. 17. Типичная схема размещения оборудования в выработке при комбинированной схеме (всасывающей и нагнетательной) вентиляции (с перекрыванием):

1 — вентиляционная труба $d = 75$ *см*; *2* — ороситель $d = 5$ *см*; *3* — вентиляционная труба $d = 40$ *см*; *4* — эксплуатационные трубы

тем, чтобы нагнетательный вентилятор вспомогательной установки не продолжал работать в случае остановки вентилятора главного трубопровода (рис. 15).

При благоприятных условиях, т. е. при отсутствии чрезмерного нагревания воздуха, опасности выделения газа или в относительно коротких выработках, главной проблемой остается только вопрос удаления пыли или продуктов взрыва; поэтому в таких случаях можно рекомендовать использование комбинированного способа проветривания (рис. 16 и 17).

Нагнетательный способ

Ввиду недостатков, свойственных всасывающему способу, часто предпочитают способ нагнетательного проветривания. В этом случае принудительная подача воздуха осуществляется и в местах, где заняты рабочие; сильная струя воздуха, омывающая грудь забоя, обеспечивает эффективное рассеивание и разжижение пыли и газов, если последние выделяются, а соответствующее количество воздуха будет разжижать пыль в струе использованного воздуха до приемлемых концентраций. В то же время требуется обслуживание только одного вентилятора и одного воздухопровода вместо двух. Главным же недостатком нагнетательного проветривания является то, что облако образовавшейся пыли и продуктов взрыва выводится из забоя через всю выработку, а это вызывает необходимость удаления из нее на известный период времени всех работающих. В силу этого нагнетательный способ не всегда приемлем при применении высокоскоростного метода проходки.

Сдвоенные штреки

При высокоскоростных методах проходки и значительной протяженности выработок хорошие условия проветривания можно получить в результате проходки сдвоенных штреков с поперечными

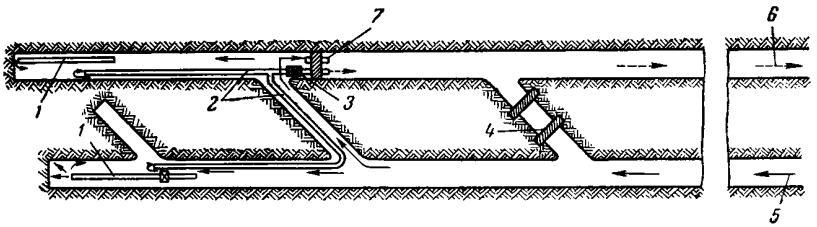


Рис. 18. Проветривание подготовительных забоев сдвоенных выработок:

1 — труба перекрывания с вентилятором; *2* — трубы всасывающей вентиляции; *3* — вентилятор или регулятор для управления центральным проветриванием; *4* — воздухонепроницаемая перемычка в предыдущей выработке; *5* — выработка для входящей вентиляционной струи; *6* — главная вентиляционная выработка для исходящей струи; *7* — всасывающий вентилятор

соединениями через соответствующие интервалы (допустим через 150 *м*). Большие количества воздуха, пропущенные через один штрек, возвращаются затем по другому штреку, причем использованный воздух может быть при необходимости подведен непосредственно к вентиляционной выработке исходящей струи. Короткое расстояние от последнего поперечного соединения до двух забоев может при этом проветриваться посредством короткого всасывающего воздухопровода по принципу комбинированного способа. Способ

сдвоенных штреков облегчает быстрое удаление пыли и ядовитых продуктов после взрывов и при необходимости может быть использован также для охлаждения воздуха в подземных выработках (рис. 18).

Комбинированный способ

При нецелесообразности проходки сдвоенных штреков иногда применяют комбинированный — нагнетательно-всасывающий способ проветривания. При этом могут быть использованы реверсивные вентиляторы или вентиляторы одностороннего действия с системой клапанов для регулирования направления воздушного потока (рис. 19). Применение вентилятора с переменной производительностью позволяет регулировать количество подаваемого воздуха в соответствии с подвиганием выработки; вентилятор может работать с максимальной производительностью для очистки воздуха от ядовитых продуктов пыли после взрыва и может быть отрегулирован на меньшую производительность, если образование пыли снижается. При этом способе необходимо иметь небольшой вспомогательный воздухопровод с вентилятором или пневматическим эжектором для очистки пространства между концом трубы и забоем в течение периода всасывания.

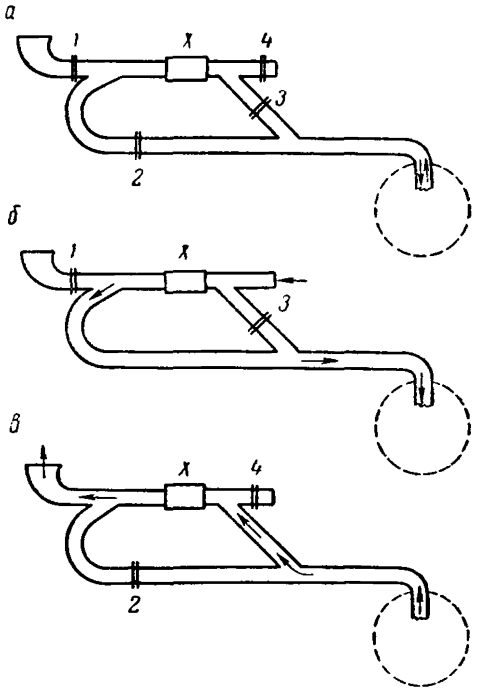


Рис. 19. Система шиберных затворов для изменения направления воздушной струи при проходке шахтных стволов или тунелей:

а — положение шиберных затворов гильотинного типа *1, 2, 3, 4* и вентилятор *X*; *б* — нагнетательное устройство: *1* и *3* закрыты, *2* и *4* открыты; *в* — всасывающее устройство: *2* и *4* закрыты, *1* и *3* открыты

В тех случаях, когда существует опасность образования большого количества пыли, применение данного способа проветривания требует принятия мер предосторожности, чтобы рабочие не подвергались действию пыли, которая может поступать в выработку из вентиляционных труб после реверсирования вентилятора с режима работы всасывания на режим нагнетания.

ПРОВЕТРИВАНИЕ ОЧИСТНЫХ РАБОТ

Добавочные работы на рудниках и шахтах ведутся в очистных забоях, которые требуют устойчивого, надежного проветривания в должной мере и в любое время. Наряду с разжижением и удалением концентраций пыли серьезного внимания требуют высокие температуры и ядовитые продукты при взрывных работах. Способы подачи воздуха меняются в соответствии с принятыми методами работ и в зависимости от вида разрабатываемого ископаемого.

Проветривание забоев металлических рудников

Как правило, разработка наклонных и крутопадающих рудных тел производится с помощью сети соединительных выработок между горизонтами; в такой сети воздух может циркулировать, начиная от выработок свежей струи воздуха до самых нижних горизонтов,

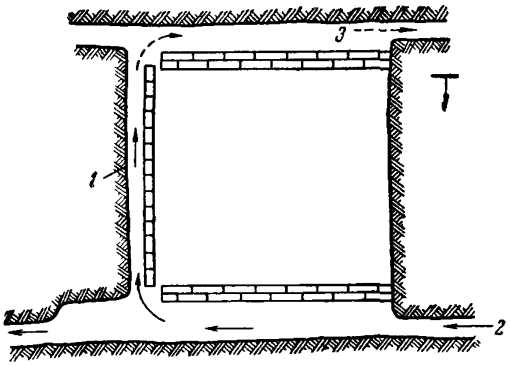


Рис. 20. Перемычки по падению и простиранию для направления вентиляционной струи воздуха вдоль рабочего забоя:

1 — рабочий забой; *2* — входящая струя; *3* — выработка для исходящей струи

откуда он по выработкам поднимается вверх и через верхние горизонты исходящей струей выходит из рудника или шахты. Разработка горизонтальных или пологопадающих месторождений требует более сложной системы вентиляционных штреков для входящего и исходящего воздуха с коммуникациями к забою и от забоя (или к нескольким забоям и от них). Выемка ископаемого в очистных забоях должна вестись таким образом, чтобы воздух имел возможность проходить по всем рабочим местам. Там, где нельзя провести соединительные выработки, необходимо применение обособленного проветривания.

Системы разработки с магазинированием руды сами по себе создают благоприятную возможность регулирования вентиляции,

поскольку выработанные пространства закрыты, однако в большинстве других систем разработки, а также при выемке длинными забоями и где не применяется сплошное обрушение или закладка, должны устраиваться воздухонепроницаемые перемычки по падению и простиранию выработок для преграждения и подачи воздуха к очистным забоям. Для устройства таких перемычек могут быть использованы пустые породы, парусина, вермикулитовые, бетонные блоки или другие материалы (рис. 20 и 21).

В металлических рудниках может применяться последовательное проветривание нескольких забоев на каждом участке. В таких

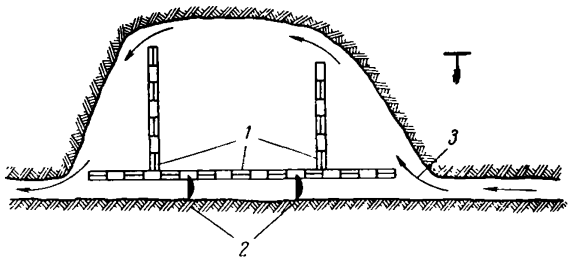


Рис. 21. Применение перемычек для проветривания подготовительного забоя по восстанию без сбойки с вышележащими горизонтами:

1 — кирпичные перемычки или паруса; *2* — вентиляционные двери, образующие воздушный кран; *3* — направление движения струи воздуха

случаях необходимо принимать меры против чрезмерного повышения концентраций пыли путем особых ответвлений воздушной струи от главной вентиляционной выработки в промежуточных пунктах, повышая тем самым общее количество проходящего воздуха, или путем сокращения количества забоев в группе.

Проветривание забоев угольных шахт

В угольных шахтах способы добычи в общих чертах могут быть отнесены к системам сплошной и камерно-столбовой разработки с различными их вариантами.

Проветривание длинного забоя осуществляется с помощью соединений (промежуточных штреков) с главными вентиляционными выработками для входа свежего и выхода использованного воздуха, благодаря чему вдоль забоя возникает движение воздуха. Обычно воздух пропускают с нижележащего горизонта на вышележащий (проветривание в восходящем направлении). На рис. 22 изображена типичная схема проветривания на одном из участков угольной шахты.

Проветривание выработок в камерно-столбовых системах более сложно ввиду большого количества забоев с одновременной в них

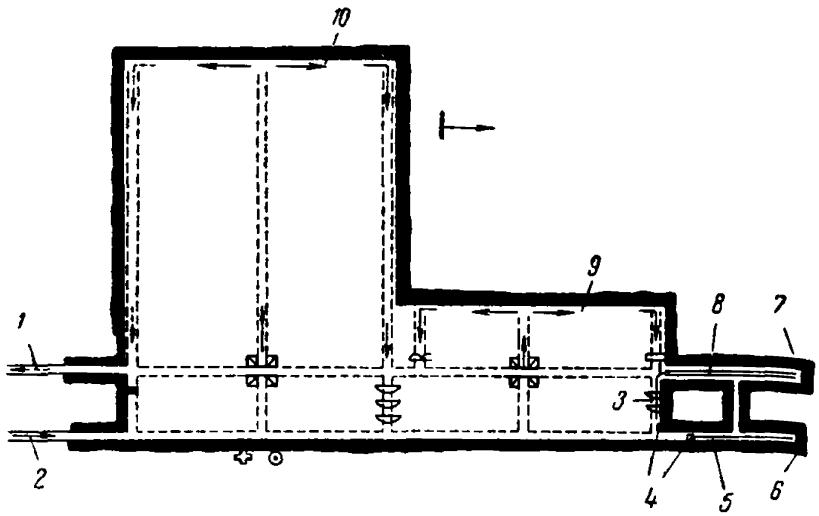


Рис. 22. Схема вентиляции рабочего участка:

1 — к шахтному стволу исходящей струи; *2* — к шахтному стволу, принимающему свежий воздух; *3* — двери; *4* — нагнетательные вентиляторы; *5* — вентиляционные трубы; *6* и *7* — забои подготовительных выработок; *8* — вентиляционные трубы; *9* — подготовительный угольный забой; *10* — рабочий угольный забой

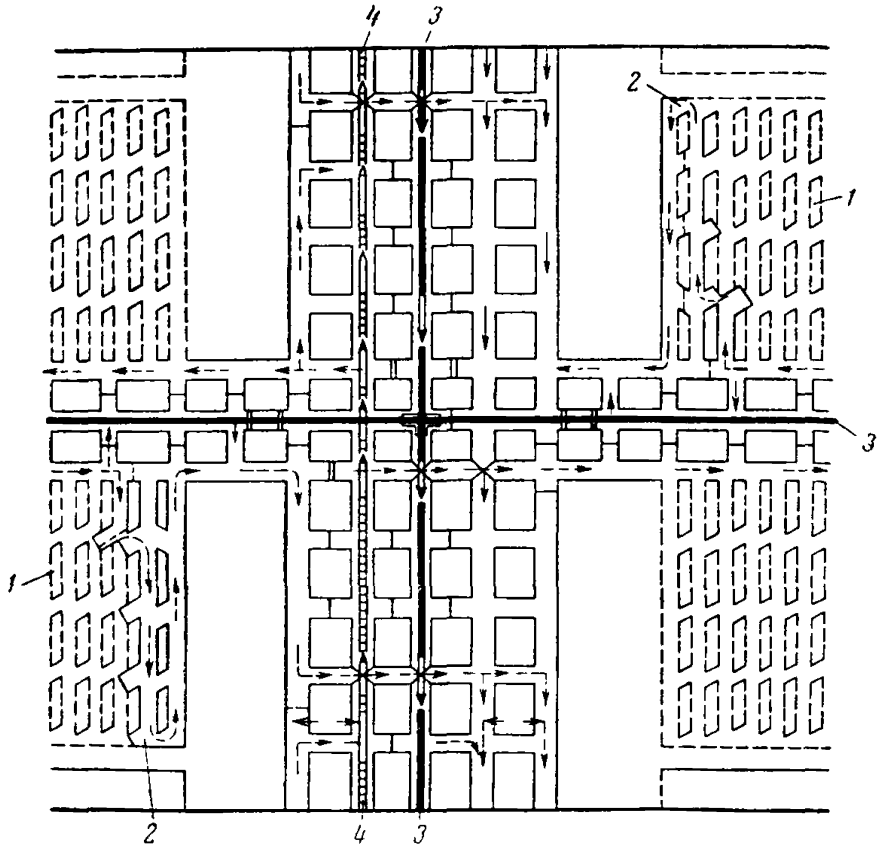


Рис. 23. Схема проветривания, типичная для непрерывной выемки ископаемого:

1 — подвигаемые участки; *2* — управление проветриванием с помощью парусных перемычек; *3* — ленточные конвейеры; *4* — путь для подачи материалов

работой и необходимости проветривания нарезных выработок или забоев впереди струи главного проветривания.

При проходке выработок горными комбайнами задача проветривания осложняется быстрым подвиганием забоя, сопровождающимся образованием большого количества пыли, а иногда выделением метана. В таких случаях для проветривания необходимо

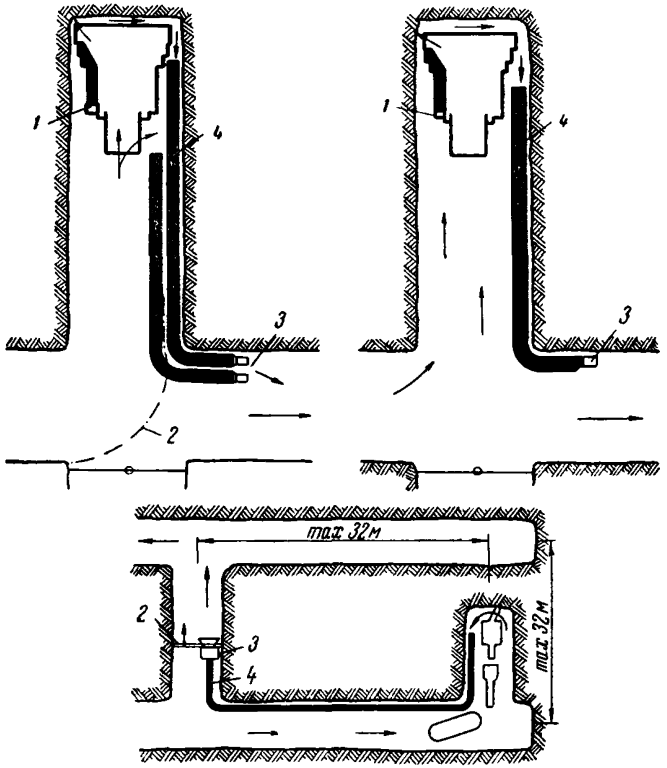


Рис. 24. Схема проветривания при работе горного комбайна:
1 — нагнетательный вентилятор; *2* — парус; *3* — всасывающий вентилятор; *4* — вентиляционная труба

предусматривать устройство продольных перемычек или установку вспомогательных вентиляторов с воздухопроводом (рис. 23 и 24). Наиболее удовлетворительной в обоих отношениях — для проветривания и борьбы с пылью — является установка нагнетательного вентилятора в сочетании со вспомогательной системой отсасывания. Всегда должны приниматься строгие меры предосторожности против рециркуляции воздуха, которая может создать опасные условия. Вспомогательная система отсасывания создает еще дополнительную опасность от угольной пыли, нагнетаемой вместе с использованным

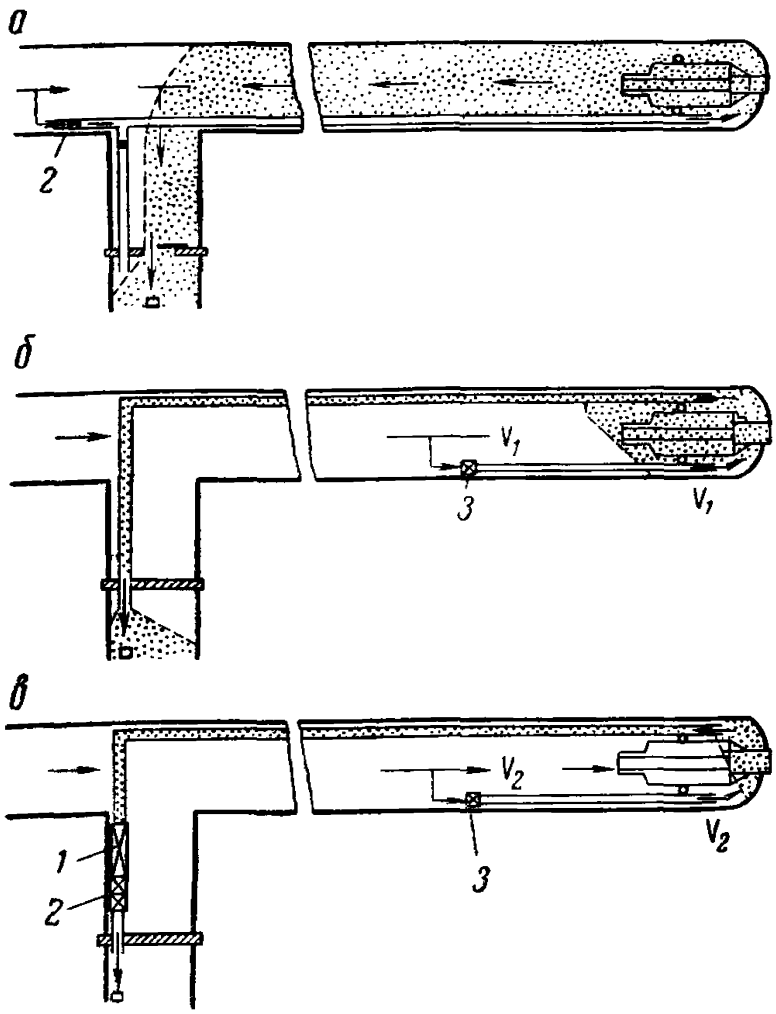


Рис. 25. Удаление пыли при работе горного комбайна с помощью вспомогательного проветривания:

а — нагнетание; плохие условия запыленности; *б* — естественное всасывание; скорость всасывания недостаточна для очистки забоя; *в* — отсос вентилятором местного проветривания с пылеуловителем; возросшая скорость отсасывания очищает забой; скорость отсасывания $v_1 = 0{,}15$—$0{,}20$ *м/сек*; $v_2 = 0{,}30$—$0{,}50$ *м/сек*; *1* — вентиляторы; *2* — вспомогательные вентиляторы; *3* — пылеуловитель (места отбора проб показаны кружками для забоя и прямоугольниками в выработке для исходящей струи)

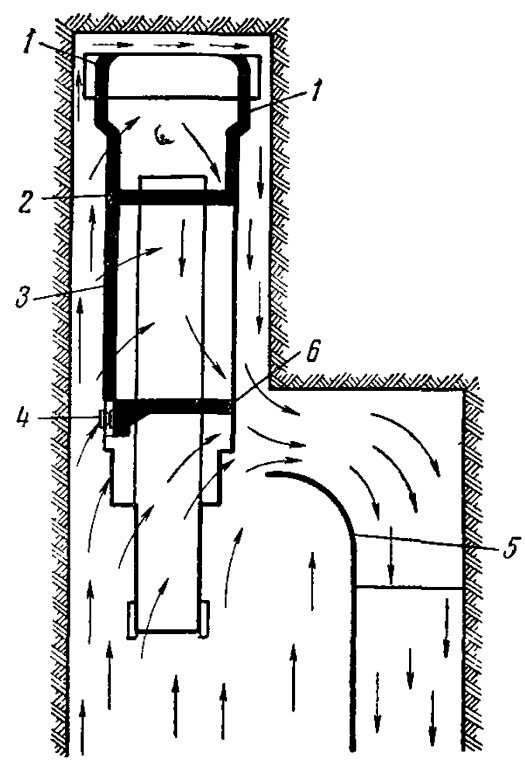


Рис. 26. Вентиляционные трубы, смонтированные на горном комбайне:

1 — пункты выхода воздуха из труб; *2* — регулировочная перегородка; *3* — главная труба; *4* — вентилятор; *5* — парус; *6* — всасывающее отверстие переменного типа

воздухом в выработки для исходящей струи. Для борьбы с пылью на всех этапах проводимых горных работ необходимо применять воду. Успешные опыты были проведены с использованием во всасывающем воздухопроводе пылевого фильтра мокрого типа, специально сконструированного для этой цели (рис. 25).

В другом варианте применяются вентиляторы и воздухопроводы, смонтированные на самом комбайне и используемые в сочетании с продольными перемычками (рис. 26).

ПРОВЕТРИВАНИЕ ПРИ ПРОХОДКЕ ШАХТНЫХ СТВОЛОВ

Проветривание шахтных стволов при их проходке не отличается существенно от способов вентиляции, применяемых при проходке туннелей и других горизонтальных выработок. Площадь забоя шахтного ствола обычно больше и соответственно увеличивается объем проводимых работ и количество отбитой породы, подлежащей уборке. Поскольку скорость проходки ствола часто играет очень важную роль, то вопрос быстрого удаления пыли и ядовитых продуктов после взрывов приобретает первостепенное, важнейшее значение.

Как и при проходке горизонтальных выработок, наиболее удовлетворительные условия в забое достигаются при нагнетательном способе проветривания и проходке шахтных стволов с поверхности. Однако этому способу свойственен тот недостаток, что спускающаяся по стволу после взрыва смена рабочих должна проходить через газы и пыль, поднимающиеся по тому же стволу; правда, газы и пыль поднимаются так быстро, что оказываемое ими вредное действие чувствуется в очень малой степени. В общем же при данном способе проветривания рабочие подвергаются действию пыли и газов в меньшей мере, чем при всасывающем способе.

При проходке насосных камер и других околоствольных выработок, а также в случае проходки слепых стволов должны быть предусмотрены специальные мероприятия по борьбе с пылью и удалению продуктов взрыва; в таких случаях предпочтение можно отдать комбинированному нагнетательно-всасывающему способу обособленного проветривания.

На рис. 27 показаны различные схемы проветривания шахтных стволов при проходке. В шахтных стволах прямоугольного сечения одно или несколько отделений могут быть отделены перегородками, но, как правило, более целесообразным при скоростной проходке является применение трубопроводов, которые к тому же более герметичны. Количество подаваемого воздуха должно быть не менее 175 *л/сек* на 1 $м^2$ площади ствола, а скорость воздуха в случае всасывающего способа проветривания — не ниже 0,2 *м/сек* по поперечному сечению ствола, чтобы преодолеть тенденцию местных конвективных токов выносить пыль и газы вверх по стволу. При применении комбинированного способа проветривания количество всасываемого воздуха должно быть на 25% больше количества нагнетаемого воздуха.

Проветривание нагнетанием воздуха во время рабочих смен и всасыванием в течение всего периода после взрыва, с использованием одного и того же трубопровода, страдает недостатком, который присущ всем способам всасывающего проветривания и вытекает из того, что забой шахтного ствола не может быть быстро очищен от пыли и продуктов взрыва, если при этом не применять некоторые устройства, позволяющие подводить конец вентиляционной трубы как можно ближе к забою.

При большой скорости подачи, достигаемой при нагнетательном способе, короткая насадка (сопло) или гибкое наращивание конца

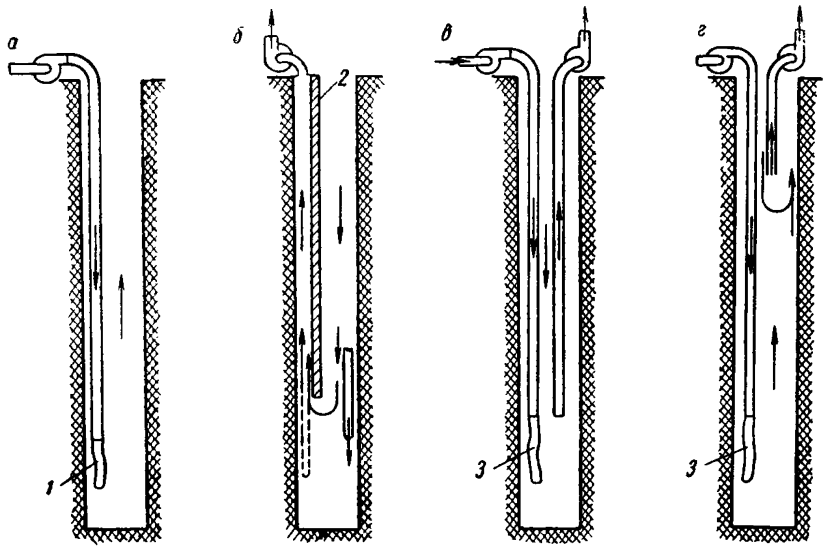


Рис. 27. Способы проветривания во время проходки шахтного ствола:

а — нагнетание с наращиванием трубы; *б* — сквозная вентиляция, *в* — удлиненное перекрывание; *г* — реверсивное перекрывание; *1* — брезентовый шланг или труба; *2* — парусная перемычка в стволе; *3* — со шлангом или трубой или без них

трубопровода позволяет подвести сильную струю воздуха непосредственно к рабочей площади.

Строгие меры предосторожности следует принимать против буровой пыли (глава VII), поскольку в одновременной работе и на ограниченном пространстве могут находиться до 20 и более буровых машин. Правда, забой ствола часто бывает покрыт водой, но это обстоятельство отнюдь нельзя считать защитой от поступления в воздух буровой пыли.

При выборе вентилятора для подачи воздуха в шахтный ствол при его проходке следует исходить главным образом из соображений приспособленности данного вентилятора для работы в ре-

жиме возрастающего давления, необходимого для поддержания заданного количества воздуха по мере увеличения глубины проходки от начала до окончания всех работ.

НАДЗОР

В некоторых странах для известных категорий горных предприятий, таких как угольные шахты, законом предусмотрена должность лица, наблюдающего за мероприятиями по проветриванию и борьбе с пылью.

Этот ответственный работник, при необходимости с помощниками, может во многом способствовать улучшению условий безопасности и здоровья, а также и производительности труда рабочих. Назначение такого работника — одна из лучших гарантий установления действенного контроля за работами в шахте, связанными с пылеобразованием, и защиты рабочих от вредного действия пыли путем обеспечения наилучшего использования вентиляционного и пылеулавливающего оборудования.

ПЛАНЫ И РЕГИСТРАЦИЯ

Существенное значение имеет составление вентиляционных планов, отражающих состояние проветривания к текущему моменту, и ведение записей в журнале, из которых можно будет почерпнуть ценные сведения в отношении борьбы с пылью. Эта информация должна включать в себя данные о всех направлениях движения воздуха в выработках вместе с данными о его количествах в главных вентиляционных выработках, сведения о расположении вентиляторов, вентиляционных перемычек, дверей, окон и воздушных мостов, а также о местоположении всех проводимых работ и существующих там условиях проветривания.

ГЛАВА V

ОТСОС ЗАПЫЛЕННОГО ВОЗДУХА И ОЧИСТКА ЕГО В ФИЛЬТРАХ В ПОДЗЕМНЫХ УСЛОВИЯХ

В главе III рассматривалось применение воды для предупреждения пылеобразования и были сделаны ссылки на использование воды для осаждения пыли, перешедшей во взвешенное состояние. Для достижения последней цели применение воды в полной мере себя не оправдывает, в особенности тогда, когда приходится иметь дело с мельчайшими частицами вдыхаемой вредной пыли, которые представляют для нас наибольший интерес, имея в виду проблемы пневмокониоза. Таким образом, могут иметь место случаи, когда приходится прибегать к способам, при которых запыленный воздух с помощью вспомогательной вентиляции собирается и очищается в фильтрах с тем, чтобы его можно было снова пропускать по выработкам рудника или шахты.

Фильтры для отсоса запыленного воздуха и очистки его от пыли используются как на земной поверхности, так и в подземных условиях. Существенная разница в предъявляемых при этом требованиях заключается в том, что на земной поверхности воздух после прохождения через установку может быть удален в атмосферу, тогда как в подземных условиях очищенный воздух по большей части продолжает циркулировать по выработкам, достигая, таким образом, зоны дыхания находящихся на работе людей. Следовательно, в последнем случае очистка воздуха в фильтрах в отношении улавливания мельчайших частиц пыли должна быть более эффективной, чем на земной поверхности. С другой стороны, пылеулавливающие установки на поверхности, ввиду большого числа разнообразных машин, при эксплуатации которых имеет место образование пыли, и наличия множества путей поступления пыли в воздух, более сложны, чем подземные установки. Для успешной борьбы с пылью здесь нужны сложные схемы воздухопроводов, разнообразные конструкции пылеулавливающих установок и тщательный контроль за движением воздуха.

Описание соответствующих методов и оборудования дано в главе XII; в настоящей главе рассматриваются возможности применения указанного оборудования на рудниках и шахтах, способы отсоса запыленного воздуха и соответствующие типы фильтров.

ИСТОЧНИКИ ПЫЛЕОБРАЗОВАНИЯ

Выше уже указывалось, что практически в результате любого производственного процесса в руднике или шахте образуется пыль и что желательно улавливать по возможности максимальное количество пыли у источников ее образования и этим предотвращать ее переход во взвешенное состояние. Тем не менее при каждом процессе некоторое количество пыли все же переходит во взвешенное состояние, а вентиляционная струя, проходя по выработкам, будет взметывать все больше и больше пыли в воздух. Если бы пыль за время прохождения воздуха по выработкам вообще не улавливалась и не терялась, то ее максимальные концентрации доставлялись бы воздухом до вытяжного ствола шахты или иного выхода. В действительности же большое количество пыли выпадает из воздуха при его прохождении через выработки в силу естественного процесса оседания. Тем не менее ее остается в воздухе еще много. Прежде чем дойти до рабочих забоев, входящий воздух должен пройти через околоствольные выработки, погрузочные пункты, опрокидыватели, перегрузочные пункты, ходовые отделения и другие участки, где образуется пыль; поэтому для снижения содержания пыли и поддержания ее концентраций в воздухе на приемлемом уровне часто возникает необходимость улавливания пыли из воздуха, которая в него поступает на указанных пунктах. В соответствующих главах дано описание источников пылеобразования; особо важное значение отсос запыленного воздуха и улавливание пыли в фильтрах имеют в обеспыливании опрокидывателей вагонеток, грохотов, установок для загрузки скипов и перегрузочных пунктов.

СИСТЕМЫ ОТСОСА

Принцип, который положен в основу действия всех пылеотсасывающих установок, заключается в ограждении (укрытии) пространства, где образуется пыль, и поддержании его под разрежением (всасыванием). Чтобы количество подлежащего очистке воздуха не достигало чрезмерно большого объема, необходимо количество и размеры отверстий, через которые мог бы проходить воздух, свести к минимуму. Однако количество воздуха, подлежащего отсосу, будет зависеть и от ряда других факторов: характера операций, сопровождающихся пылеобразованием, количества образовавшейся пыли и условий проветривания в зоне перемещения пород.

На загрузке скипов, вращающихся опрокидывателях вагонеток, в местах разгрузки ленточных конвейеров и перегрузочных пунктах

обычно устраивается ограждение источников пылеобразования; при разгрузке вагонеток с откидными боками или через дно на грохоты и рудоспуски свободная площадь должна быть достаточной для временного размещения на ней по крайней мере одной вагонетки; в этих случаях воздух должен отсасываться из пункта, лежащего примерно на 3—4,5 *м* ниже уровня, соответствующего

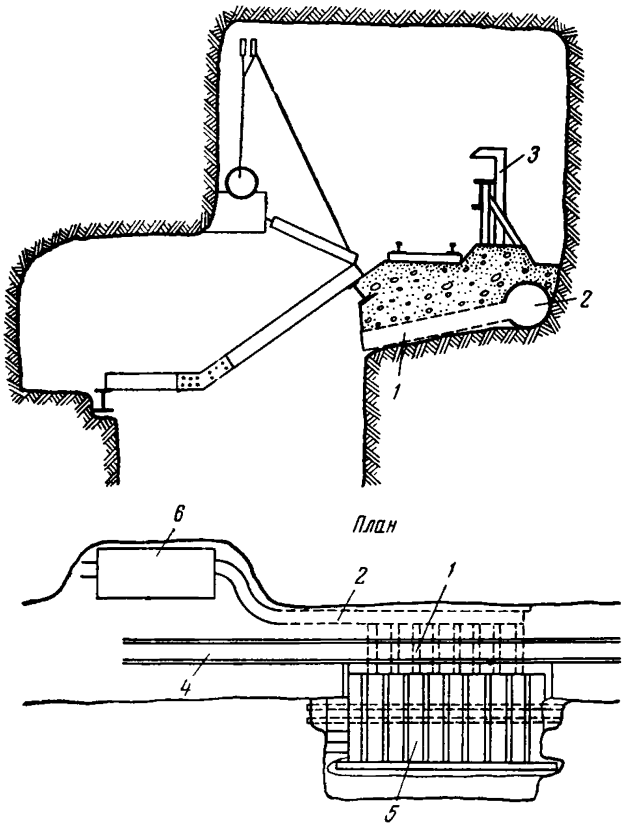


Рис. 28. Проветривание на главном рудном опрокидывателе и грохоте:

1 — вспомогательные трубы; *2* — главная вентиляционная труба; *3* — приемная платформа; *4* — рельсовый путь; *5* — грохот; *6* — камера для фильтра и вентилятора

высоте вагонеток, так, чтобы он проходил вниз через опрокидыватель и грохот и захватывал всю пыль, образовавшуюся во время опрокидывания. Количество отсасываемого при этом воздуха должно быть достаточным для обеспечения в опрокидывателе скорости движения воздуха, равной не менее 0,65 *м/сек*. Если нельзя избежать прохождения главной вентиляционной струи через пункт опрокидыва-

ния, указанная выше скорость должна быть увеличена для обеспечения отвода пыли вентиляционной струей вниз, без ее взметывания.

Если намечается очистка поступающего от нескольких источников запыленного воздуха в фильтре, как например на околоствольном дворе главного шахтного ствола (на подземном горизонте), то обычно рекомендуется сооружение большой центрально расположенной фильтрующей установки, связанной воздухопроводами со всеми пунктами образования пыли. Такого рода сооружения носят постоянный характер и могут служить в течение всего срока существования данного горного предприятия; для фильтров предусматриваются специальные выработки типа кирпичных или бетонированных камер. Небольшие опрокидыватели или рудоспуски вблизи рабочих участков, рассчитанные на короткий срок службы, оборудуются пылеулавливающими и фильтрующими установками более простой конструкции (рис. 28, 29, 30); во многих случаях конструктивное выполнение этих установок таково, что их можно разобрать и затем снова монтировать на другом участке.

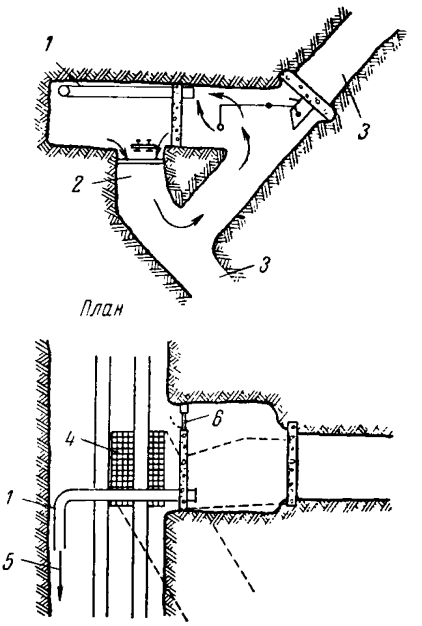


Рис. 29. Пылеподавление на опрокидывателе:

1 — вентиляционная труба; *2* — исходящая струя воздуха, поступающая на грохот; *3* — рудоспуск с вышележащего горизонта на нижележащий; *4* — грохот; *5* — пыль, отсосанная к фильтру; *6* — самозакрывающаяся дверь

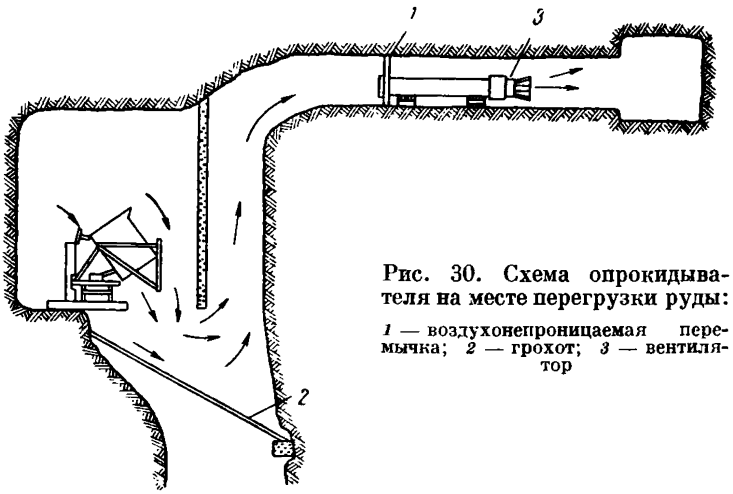


Рис. 30. Схема опрокидывателя на месте перегрузки руды:

1 — воздухонепроницаемая перемычка; *2* — грохот; *3* — вентилятор

ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩИЕ ФИЛЬТРЫ

Одним из главных требований, предъявляемых к фильтру в подземных условиях, является обеспечение возможности возврата очищенного от пыли воздуха в главную вентиляционную струю без создания при этом опасности для работающих. Однако при благоприятных условиях можно обходиться вообще без фильтров, направляя запыленный воздух непосредственно к вытяжному стволу шахты или в вентиляционную выработку исходящей струи, ведущую к такому стволу. Если для работающих в шахте этот запыленный воздух не будет представлять опасности, то данный метод является эффективным способом очистки воздуха от пыли.

От пылеулавливающего фильтра в подземных условиях требуется не только способность улавливать максимальное количество вдыхаемых частиц пыли, но и режим работы, не вызывающий необходимости очень внимательного ухода и обслуживания; фильтр должен быть по возможности самоочищающимся и обеспечивать сбор и удаление скопившейся пыли без взметывания.

На угольных шахтах и металлических рудниках как в подземных условиях, так и на поверхности применяются различные варианты пылеулавливающих устройств, а именно: механические, тканевые, электростатические.

МЕХАНИЧЕСКИЕ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛИ

Механические пылеуловители обычно бывают центробежного или циклонного типа; далее они могут быть подразделены на сухие и мокрые. В циклонах создается вихревое движение, увеличивающее скорость частиц пыли, тогда как возникающая центробежная сила, действуя на каждую частицу, заставляет ее покидать главный воздушный поток и опускаться под действием силы тяжести или с помощью каких-либо средств. Поскольку действие этих установок зависит главным образом от скорости воздуха, диаметра циклона, удельного веса и крупности пыли, то ясно, что они действуют на пыль селективно и в процентном отношении удаляют наибольшее количество только крупных частиц. Практически циклонами удаляется очень мало частиц размером менее 10 *мк*. Таким образом, циклоны не

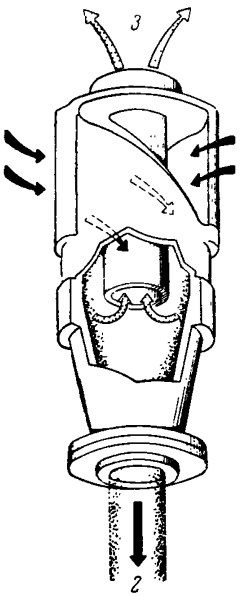


Рис. 31. Циклон для сухого пылеулавливания:

1 — запыленный воздух; *2* — крупная пыль падает в отдельный пылесборник; *3* — тонкодисперсная пыль засасывается в фильтр

пригодны для широкого использования в подземных условиях; они находят ограниченное применение обычно на земной поверхности, где остаточная пыль может быть выброшена в атмосферу (рис. 31).

Механический пылеуловитель центробежного типа работает в агрегате со всасывающим вентилятором, в котором пыль под действием центробежной силы осаждается на лопатках вентилятора и собирается через соответствующие отверстия в кожухе вентилятора. В усовершенствованных моделях этого типа используется вода для смачивания пыли и лучшего ее осаждения (рис. 32). Тем не менее эффективность существующих типов механических

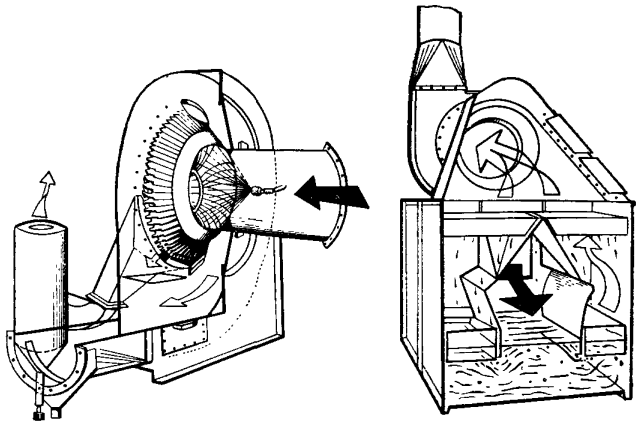


Рис. 32. Скруббер для механического пылеулавливания

пылеуловителей недостаточна для улавливания мелких частиц пыли, встречающихся в подземных условиях, и поэтому они находят применение главным образом на земной поверхности; дальнейшие рекомендации будут ориентировать на это обстоятельство.

Был сконструирован еще один тип мокрого пылеуловителя, эффективность которого в отношении улавливания мелких частиц пыли оказалась довольно высокой. Он известен как термический мокрый пылеуловитель. Принцип его действия заключается в смачивании пыли теплой водой с последующим орошением холодной струей. В результате конденсации мелкие частицы пыли приобретают свойства ядер и этим создается возможность их удаления. Такие фильтры с успехом применялись при работе некоторых типов дробильных установок, но подробные данные о их производительности и достигнутых результатах неизвестны.

ТКАНЕВЫЕ ФИЛЬТРЫ

Наиболее высокие показатели пылеулавливания в подземных условиях достигнуты при применении тканевых фильтров. Они состоят из мешков, рукавов или экранов и изготовляются из

шерстяных, хлопчатобумажных или синтетических тканей; проводились опыты по использованию и других волокнистых материалов — кокосового мочала, джута или комбинаций из них. В этих материалах пылеулавливание происходит на мельчайших волокнистых поверхностях, на которых образуются скапливания пыли, которая таким образом создает фильтрующую среду для самой себя. Очистка ткани фильтра от осевшей пыли производится без труда, простым встряхиванием. Сама ткань не оказывает настоящего фильтрующего действия в том смысле, что ее мелкопористость имеет отношение к способности задерживать пыль; в действительности в некоторых фильтрах этого типа воздух проходит по поверхности ткани, а не через нее.

Рукавные фильтры

До сих пор хорошие результаты по улавливанию пыли получают при использовании мешочных или рукавных фильтров, изготовленных из фланели хорошего качества.

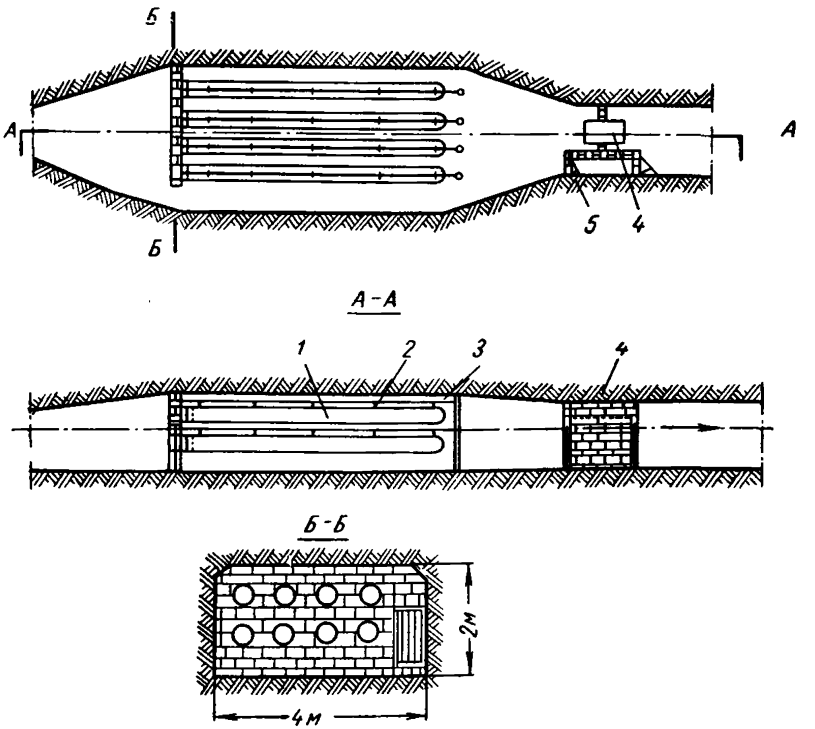


Рис. 33. Установка для очистки воздуха от пыли горизонтальными рукавными фильтрами:

1 — фланелевые рукава (мешки) длиной 610 *см* и диаметром 56 *см*; *2* и *3* — проволока для подвешивания и крючья; *4* — вентилятор; *5* — двери воздушного шлюза

Рукава могут быть большого диаметра и использоваться каждый в отдельности, парами или могут иметь небольшой диаметр. Боль-

шие рукава могут подвешиваться или поддерживаться в горизонтальном (рис. 33) или вертикальном положении, тогда как меньшие обычно располагают по вертикали; рукава могут быть снабжены устройствами для самоочистки, которые будут описаны в дальнейшем.

Одна модель рукавного фильтра, сконструированная специально для применения в подземных условиях, состоит из мешков или рукавов небольшого диаметра длиной 250 *см*, смонтированных

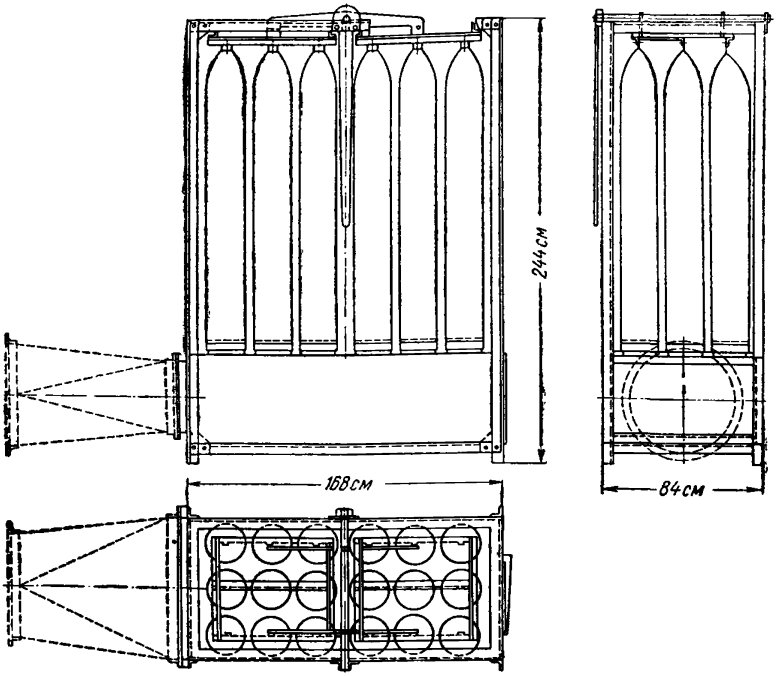


Рис. 34. Вертикальный многорукавный фильтр

группами пропускной способностью 140—700 *м*³/*мин* и даже более. Рукава, закрытые в верхней части, подвешиваются на подвижной раме, которой вручную или механическим путем может быть придано колебательное движение для перемещения уловленной пыли через открытый конец фильтра в бункер, где она собирается. Входящий воздух направляется в тот же бункер. В случае необходимости может быть предусмотрено автоматическое устройство для регулирования частоты очистки через любые промежутки времени. Бункер может очищаться вручную, путем промывки водой или с помощью шнека (рис. 34).

Имеются устройства, в которых очистка производится путем продувания реверсивной струей воздуха в сочетании с механическим

выбиванием или только продуванием реверсивной струей, которая непрерывно очищает рукава во время работы.

При другом способе предусмотрена продувка рукавных фильтров сжатым воздухом, который производит очистку с помощью колец с прорезями для воздуха, непрерывно передвигающихся вверх и вниз внутри рукава (рис. 35). Пыль, пристающая к внутренней поверхности фильтра, падает на дно рукава и удаляется шнеком.

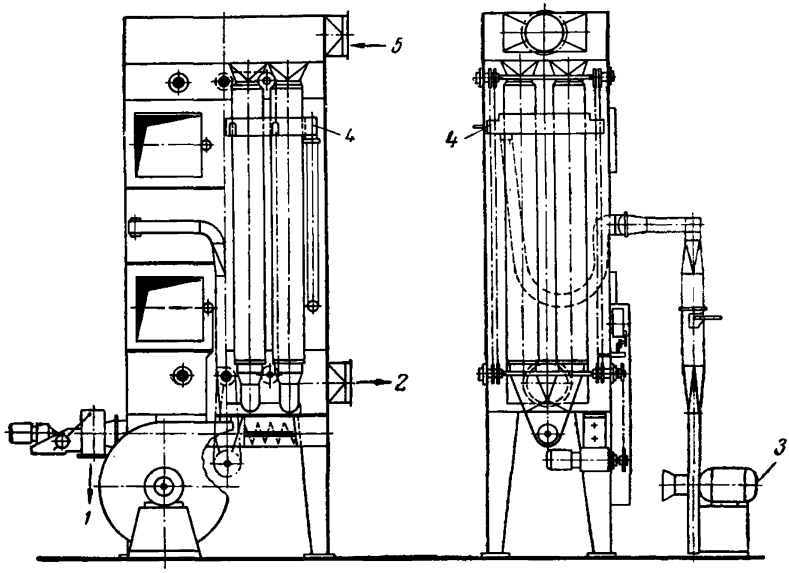


Рис. 35. Вертикальный многорукавный фильтр; очистка реверсированием струи:

1 — выпуск собранной пыли; *2* — выпуск чистого воздуха; *3* — нагнетательный вентилятор; *4* — подвижное кольцо для очистки фильтра; *5* — поступление запыленного воздуха

В этой системе почти вся фильтрующая поверхность может быть использована во время работы. Однако новейшие данные говорят о том, что в этих случаях фильтры подвергаются значительному износу и выходят из строя в лучшем случае уже через год, тогда как срок службы рукавных фильтров других конструкций значительно более продолжителен. Ткань на плоских фильтрах держится дольше, поскольку она здесь вообще не подвергается механическим напряжениям.

Какой бы тип фильтра ни был выбран, очень важным условием при подземных разработках является обеспечение того, чтобы пыль во время операций по чистке не поступала в сеть шахтного проветривания.

В большинстве горных предприятий обычно принято покупать готовые фильтровальные установки в торговых фирмах, которые в состоянии поставлять оборудование наиболее подходящего типа в смысле предъявляемых к нему требований, а также оказывать техническое содействие и давать консультации в отношении выбора и монтажа установки [1]. Вместе с тем на многих шахтах или рудниках считают возможным обходиться своими средствами, полагаясь на собственный персонал и мастерские для разработки конструкции установки и ее эксплуатации; в таких случаях полезно обратить внимание на следующие соображения.

Установка фильтров

1. Входящий в рукава или мешки воздух должен распределяться равномерно; нужно следить за тем, чтобы рукава не вибрировали. В случае возможности рекомендуется также устройство камеры расширения на стороне входа в рукав, так как снижение скорости в камере будет способствовать осаждению более крупных частиц, уменьшая нагрузку пыли на ткань. Вход в камеру следует оборудовать соответственно сконструированным впускным отверстием для снижения потерь давления. При непосредственном входе в прямоугольный кожух эти потери могут составить до 1,5 величины скоростного напора в трубе.

2. Мешки должны быть подвешены с помощью крючьев и петель или поддерживаться сетками с таким расчетом, чтобы они не подвергались изнашиванию.

3. Следует избегать конденсации или капежа воды на внутренней или наружной стороне мешка; для этого обычно рекомендуется устанавливать вентилятор впереди фильтра, создавая этим нагнетание воздуха в мешки, а не отсасывание его из мешков. Таким путем избыток тепла и небольшое повышение давления, образовавшиеся при прохождении через вентилятор, будут высушивать воздух, прежде чем он достигнет ткани фильтра.

4. При выборе вентилятора следует учитывать главным образом местные условия, но желательно, чтобы он был центробежного типа с достаточным запасом мощности для преодоления сопротивления фильтра, принимая во внимание, что сопротивление фланелевых мешков составляет приблизительно 60—75 *мм вод. ст.*

Обслуживание

1. Данные о количестве пыли, уловленной на поверхности материала фильтра, получают путем замера разницы давлений, существующих во входе в фильтр и наружном воздухе; возрастание давления будет пропорционально количеству собранной пыли. Заполненные мешки, не очищающиеся вручную или автоматически на месте, нужно

[1] Это положение к советским предприятиям не относится. (*Прим. отв. ред.*)

доставлять на поверхность в пыленепроницаемых контейнерах. Типичные пылевые нагрузки от 2 до 20 *мг/м*^{3} дают за 8-часовую смену повышение давления от 6 до 12 *мм вод. ст.*; при этом необходимо поддерживать рабочее давление ниже 50 *мм вод. ст.* При высоких пылевых нагрузках следует снижать скорость фильтрации, сокращать интервалы между очистками. Очень высокие пылевые нагрузки требуют самоочистки или другого типа фильтра.

2. После очистки мешочные фильтры должны подвергаться внимательному осмотру и в случае надобности ремонтироваться. После употребления фильтра ворс фланели уменьшается, но это не сказывается заметно на его способности улавливания пыли.

3. Мешочные фильтры должны служить два-три года, но в теплых влажных условиях они могут быть поражены грибком, который быстро разрушает ткань.

4. Мешочные фильтры должны удаляться и очищаться лицами, снабженными респираторами, и при этом в такое время, чтобы никто из работающих не подвергался опасному действию пыли в случае ее поступления в воздух. На земной поверхности фильтры должны очищаться на открытом воздухе, вдали от зданий, или, в противном случае, таким образом, чтобы пыль не могла причинить вреда.

Обработка предохранительными средствами

Фланелевые ткани можно предохранять путем погружения в 20%-ный раствор медного нафтената с концентрацией меди, равной 1,5%, или в смесь растворов сульфата меди и карбоната натрия (иногда известного как сода Бордо) в соотношении 2 *кг* углекислого натрия (Na_2CO_3) в 22 *л* воды в смеси с 4,5 *кг* сульфата меди в 130 *л* воды. Добавление небольшого количества подходящего смачивающего реагента будет способствовать проникновению раствора в ткань.

Рамочные фильтры

Плоские фильтры состоят из горизонтальных или вертикальных рам, на которых натянута фильтрующая ткань. В некоторых случаях они имеют преимущество перед другими фильтрами в том, что занимают меньше места, но непригодны для оборудования описанными выше средствами самоочистки. Более трудной по сравнению с рукавными фильтрами является в них и смена фильтроткани. Этот тип фильтров требует установки на прочном основании, обычно из кирпича или бетона. Одна из главных трудностей заключается в обеспечении воздухо- и пылепроницаемой изоляции по периферии рамочного фильтра.

Мешочные фильтры

Широкое применение находят мешочные фильтры, изготовляемые обычно из фланели, диаметр которых по сравнению с их длиной больше, чем у рукавных фильтров. Применяемые в отдельности

или парами, они не требуют сложного монтажа и могут быть использованы во временных установках; их можно применять также и группами для очистки больших количеств воздуха, когда они смонтированы на бетонном основании таким образом, что давлением воздуха раздуваются; в нерабочее время они опускаются через раму, выворачиваясь наизнанку и заставляют таким образом собранную пыль падать в предусмотренный внизу сборник.

Эффективность тканевых фильтров

Тканевые фильтры обладают значительно большей эффективностью, чем механические. Предельные размеры частиц пыли, улавливаемых тканевыми фильтрами, в зависимости от вида фильтрующего материала составляют от 0,5 до 2 *мк*. Следовательно, имея в виду пыль, встречающуюся в шахтах, можно достигнуть эффективности ее улавливания свыше 99%. Сопротивление тканевых фильтров может повышаться до 60—100 *мм вод. ст.* Удельная емкость зависит от физических свойств фильтроткани и пыли и может достигать 7,5 $м^3/мин$ на 1 $м^2$ поверхности. Следовательно, образующуюся в шахте пыль можно эффективно улавливать.

Виды тканей

Многочисленные исследования материалов, применявшихся в тканевых фильтрах, показали, что наилучшее улавливание пыли достигается с помощью чисто шерстяной фланели. Коэффициент пылеулавливания хлопчатобумажных тканей, синтетических волокон и других материалов ниже, чем у шерсти. Это объясняется, возможно, тем, что указанные материалы (исключая хлопчатобумажные), несмотря на придание им искусственной шероховатости, лишены волокон, имеющихся у шерстяной материи, которые облегчают образование фильтрующего слоя, формирующегося из непрерывных отложений пыли, а это является важным фактором, влияющим на эффективность улавливания. Электростатическое притяжение является, по-видимому, также важным фактором. Микроскопические исследования запыленных фильтрующих материалов показали, что в синтетические ткани пыль проникает глубже, чем в ткани из чистой шерсти.

Исследования показали также, что фильтры из шерстяной ткани можно применять в условиях высокой относительной влажности. При влажности даже свыше 90% «замазывание» фильтров не имеет места. Тенденция к образованию конденсации в таких условиях может быть снижена путем установки вентилятора впереди фильтра.

Наряду с фильтротканями в подземных условиях применялись некоторые другие виды фильтрующих материалов, таких как опилки и древесная шерсть (тонкая древесная стружка).

Хлопчатобумажные и масляные фильтры и фильтры из целлюлозных волокон, которые широко применяются на земной

поверхности в установках для кондиционирования воздуха, не пригодны для подземных условий вследствие их низкой эффективности в отношении улавливания мелких частиц пыли.

ФИЛЬТРЫ ИЗ ОПИЛОК

Эти фильтры обычно состоят из двух слоев древесных опилок, расположенных один над другим и поддерживаемых нержавеющими сетками; толщина слоя опилок и древесной мелочи составляет около 4 *см*, неровности от 3 до 12 *мм*. Оптимальная скорость движения 0.3 *м/сек*, с прохождением воздуха вниз, через слой опилок. Более высокие скорости могут привести к образованию каналов (узких проходов по краям фильтрующих слоев и в других местах). Необходимое давление составляет от 10 до 15 *см вод. ст.*; при образовании более высокого давления опилки после орошений их водой следует выравнивать (разгребать). В этих фильтрах расчет ведется на пыль уже собранную, так как максимальная эффективность очистки достигается только после того, как установка проработала некоторое время. После определенного этапа работы этой трудности можно избежать, сменяя иногда опилки в одном только слое (рис. 36).

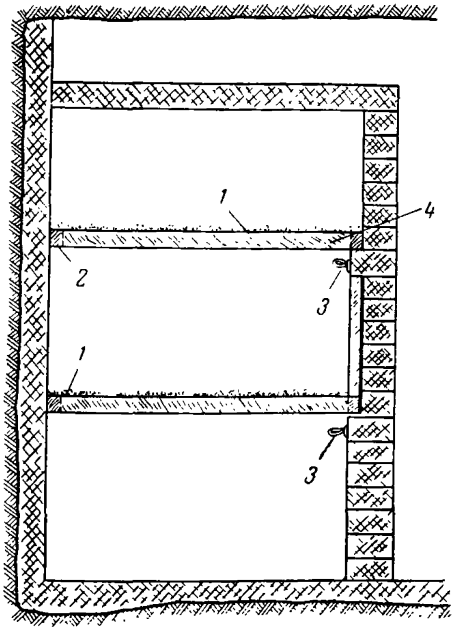


Рис. 36. Разрез типичного опилочного фильтра:

1 — слой опилок (3,5—4 *см*); *2* — пыленепроницаемое уплотнение в каждом углу; *3* — смотровые отверстия; *4* — деревянные опоры, поддерживающие сито с мелкими отверстиями

ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЕ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛИ

В электростатических пылеуловителях используется явление электрофреза, когда под влиянием электрического поля мельчайшие частицы пыли, взвешенные в газе, становятся подвижными и перемещаются к аноду или катоду. Имеются два типа таких пылеуловителей.

Обычный пылеуловитель, более распространенный в промышленности, состоит в основном из ряда заземленных параллельных пластин или труб, через которые проходит запыленный воздух. Заземленные поверхности (собирающие электроды) окружают проволочные

электроды (разрядные электроды), потенциал которых, обычно отрицательный, повышается от 25 до 100 *кв* и выше. При прохождении через электрическое поле частицы пыли оседают на заземленных электродах.

Другой тип, обычно более принятый в горном деле, известен как двухстадийный преципитатор. Здесь запыленный воздух сначала проходит через ионизатор, который состоит из ряда вертикальных проволок и цилиндров, расположенных попеременно и на одинаковых

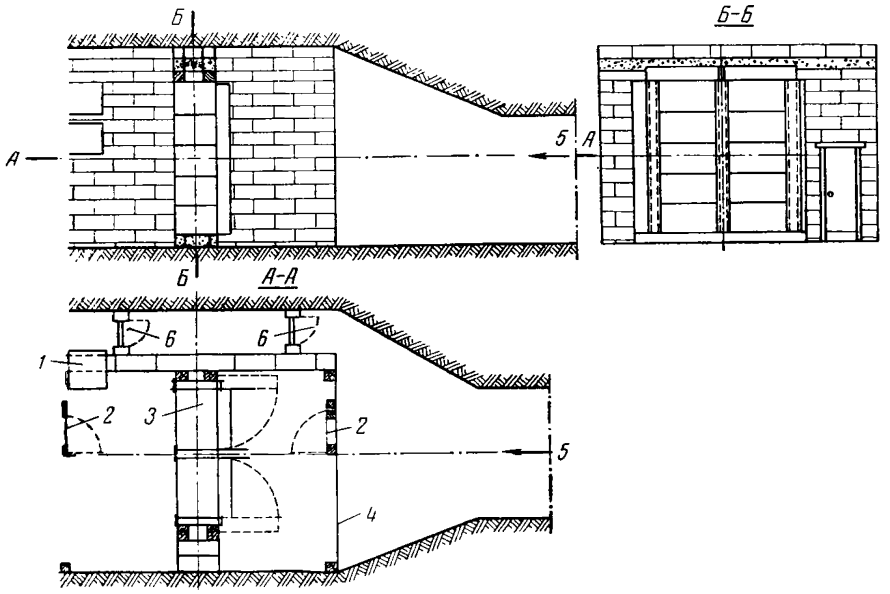


Рис. 37. Подземная установка электростатического преципитатора:

1 — силовой узел; *2* — двери с мелкими отверстиями в блоке с силовым узлом; *3* — собирающие ячейки; *4* — проволочная сетка крупного сечения, поддерживающая сито; *5* — направление струи воздуха; *6* — воздушный шлюз

расстояниях поперек входа. На проволоках поддерживается положительный потенциал около 13 *кв*, тогда как цилиндры заземляются. В созданном таким образом поле частицы пыли в воздушном потоке получают электрические заряды и проходят непосредственно в коллектор, который состоит из тесно расположенных пластин, попеременно заземленных и несущих заряд около 6 *кв*. Образуемое таким путем электростатическое поле направляет заряженные частицы к заземленным пластинам, где они накапливаются. Этот тип установки является самым безопасным для применения в подземных условиях. Кроме того, он экономичен в отношении расхода мощности и образует немного или вообще не образует озона (рис. 37).

Осажденная пыль удаляется периодическими промывками, а в некоторых случаях с помощью ударных и встряхивающих приспособлений. В некоторых фильтрах предусмотрены устройства для

самоочистки с помощью подвижного остова, пропускающего пластины через ванну. Такие фильтры, являющиеся открытыми, обладают тем большим преимуществом, что воздух проходит через них с минимальным расходом энергии. При работе они не забиваются и поэтому объем проходящего через них воздуха не уменьшается.

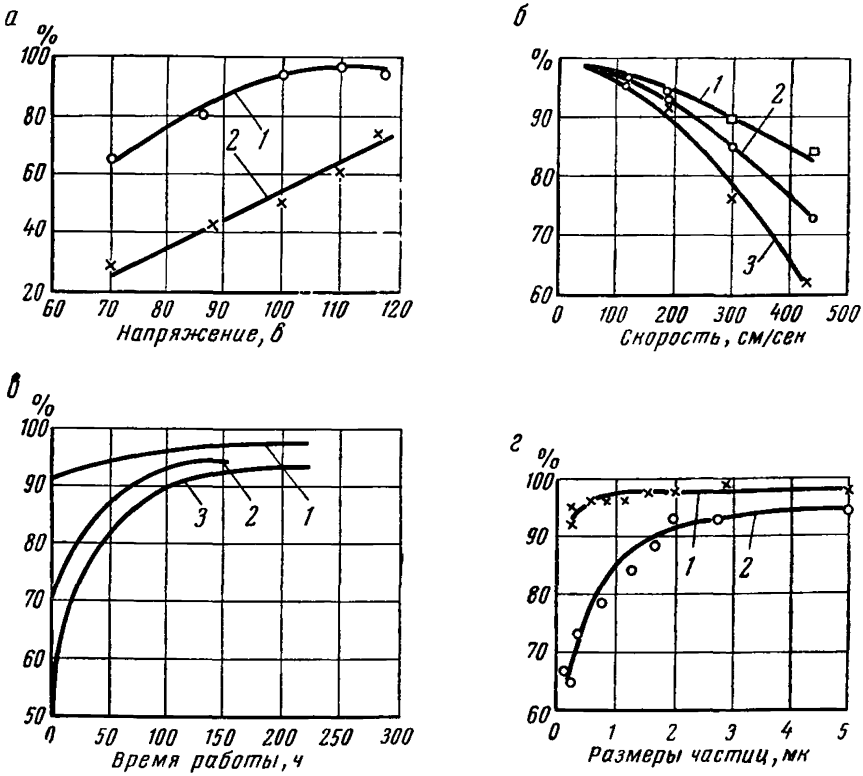


Рис. 38. Типичная характеристика эффективности (%) электростатического преципитатора в зависимости от электрического напряжения *а*, скорости движения воздуха *б*, времени работы (три концентрации) *в* и размера частиц *г*:

а: *1* — скорость движения воздуха 150 *см/сек*; *2* — скорость движения воздуха 400 *см/сек*; *б*: *1* — все размеры частиц; *2* — частицы менее 0,5 *мк*; *3* — частицы более 0,5 *мк*; *в*: скорость движения воздуха 300 *см/сек*; концентрация пыли в частицах на 1 *см*³: *1* — более 1500; *2* — 500—1500; *3* — менее 500; *г*: *1* — после 200 *ч* рабочего времени; *2* — в пределах 30 *ч* очистки

Очистка их не представляет трудностей; они требуют очень небольшой мощности и, за исключением с самоочисткой, не имеют движущихся частей.

С другой стороны, электростатические пылеосадители не пригодны для применения в газовых шахтах или в каких-либо других взрывоопасных условиях, поскольку они могут образовать электрическую дугу, особенно в условиях высокой влажности. Затруднения возникали также и тогда, когда уловленная пыль обладала высоким электрическим сопротивлением; в этих случаях она может экрани-

ровать электроды и вызвать интенсивную местную активность короны и обратную ионизацию. В то же время высокая проводимость пыли может привести к быстрому разряду частиц при контакте с коллекторной пластиной, обусловливая этим недостаточное сцепление и вторичное захватывание.

При условии, если не будут превышены рекомендованные скорости, электростатические пылеосадители являются эффективным средством улавливания самых мелких частиц вплоть до 0,1 *мк*. Практика показывает, что при правильной установке и нормальной эксплуатации они могут сохранять постоянный режим работы при эффективности свыше 90%. Кривые на рис. 38 показывают, как влияют на эффективность этих фильтров напряжение тока, скорость воздуха и характеристика пыли.

Монтаж пылеосадительных установок должен производиться в соответствии с инструкциями завода-изготовителя, под руководством квалифицированных инженеров-электриков. Доступ к установке посторонним лицам должен быть запрещен, и должно быть предусмотрено предохранительное устройство для автоматического выключения энергии при входе кого-либо в камеру фильтра. По вентиляции важно, чтобы при поступлении воздуха в установку не происходило никаких завихрений и чтобы распределение скорости было равномерным по всей площади фильтра. Следует также принимать меры для устранения утечек воздуха вокруг фильтра.

ИСПЫТАНИЕ ФИЛЬТРОВ

При оценке эффективности пылеулавливающей установки для очистки воздуха, в частности предназначенной для эксплуатации в подземных условиях, необходимо тщательно взвесить значение ряда факторов. При заказе такой установки всегда необходимо помнить, что ее прямым назначением является удаление силикозоопасной пыли. Показатели степени очистки воздуха от пыли, например для установок в подземных дробилках, ни в коем случае не должны ограничиваться только данными об эффективности по весовому методу. Это в особенности относится к установкам для очистки воздуха в подземных условиях. Данные, основанные на оценке эффективности только по весовому методу, часто будут отмечать степень очистки (пылеулавливание) в 99% и больше, полностью игнорируя тот факт, что частиц вдыхаемой пыли размером менее 5 *мк* было уловлено при этом очень небольшое количество. Вес этой фракции тонкодисперсной пыли составляет ничтожную часть веса всей пыли. Поэтому необходимо иметь в виду размеры частиц остаточной пыли, с учетом также степени их силикозоопасности в силу минералогического состава. Пылеулавливающие устройства для подземных установок должны эффективно удалять вредную пыль таким образом, чтобы при этом существовала защита как для лиц, занятых вблизи установок, так и для находящихся в зоне воздушного потока, выходящего из очистительной установки.

Способность фильтра задерживать пыль выражается обычно в процентах и известна под общепринятым названием «эффективность». Ее определяют согласно формуле

$$E = \left(1 - \frac{P_i}{P_0}\right) 100,$$

где E — эффективность;
P_i — концентрация пыли после фильтра;
P_0 — концентрация пыли перед входом в фильтр.

Эффективность должна выражаться размером вдыхаемых частиц, который должен быть не менее 10 *мк*. Максимальные концентрации кварцевой пыли на выходе из фильтра не должны превышать 200 частиц на 1 *см*^{3}, хотя в отношении менее опасных пылей эти концентрации могут быть немного выше.

Оценка пылеулавливающих устройств требует значительного опыта, и поручать ее следует лишь специально для этого подготовленным лицам. Наиболее подходящим пылеопробователем для этой цели является термопреципитатор ввиду его точности и тех сведений, которые можно получить с его помощью относительно дисперсного состава пыли.

ОБСЛУЖИВАНИЕ ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩИХ УСТАНОВОК

Несмотря на самую эффективную очистку запыленного воздуха в пыльных местах и сооружение дорогостоящих пылеулавливающих установок, могут быть случаи, когда воздух, выходящий из фильтрующей установки, будет содержать значительные количества пыли. Если монтаж установки был выполнен вполне удовлетворительно, то указанные явления можно отнести только за счет плохого обслуживания и надзора. До настоящего времени еще не разработана конструкция таких пылеулавливающих установок для эксплуатации в подземных условиях, которые могли бы работать удовлетворительно в течение продолжительного времени без внимательного ухода за ними.

Необходимо следить за тканевыми и другими фильтрующими материалами, поддерживающими каркасами, повреждения в которых могут вызвать утечку запыленного воздуха; за тем, чтобы фильтры не забивались вследствие чрезмерной пылевой нагрузки или недостаточной очистки, не забивались входы и не было повреждений в трубопроводах, что может привести к недостаточному всасыванию у источников пылеобразования, чтобы не было избыточной влажности, причиняющей повреждения фильтроткани или вызывающей неполадки в работе электростатических фильтров; за правильной работой вентилятора. Там, где имеются инструкции заводов-изготовителей, нужно их строго придерживаться. Как в самой установке, так и в воздухопроводе должны быть предусмотрены соответствующие точки замеров показаний давления. Такие показания немед-

ленно дадут представление о состоянии фильтрующего материала, наличии утечек и работе вентилятора.

Для наблюдений за работой фильтров должен быть назначен специальный работник, ответственный за правильную их эксплуатацию, очистку и в случае необходимости смену фильтрующего материала. Этот работник ознакомится со всеми деталями в отдельных установках и будет в состоянии без замедления устранять небольшие неисправности. Он должен также нести ответственность за регулярное обслуживание механического оборудования, его смазку и т. п., включая в круг своих обязанностей осмотр всех всасывающих колпаков, воздухопроводов и прочих узлов установок.

ГЛАВА VI

УПРАВЛЕНИЕ КРОВЛЕЙ И ПОДДЕРЖАНИЕ ВЫРАБОТОК

Хорошее управление кровлей во многом способствует успеху мероприятий по борьбе с пылью. Здесь всегда наблюдается стремление кровли опуститься в выработанное пространство, создаваемое сзади подвигаемого забоя, тогда как назначением крепления является создание условий, вызывающих движение кровли вниз впереди забоя. Вследствие этого в массиве горных пород могут возникнуть чрезмерно высокие давления, в результате чего, в особенности в угольных массивах, может иметь место образование трещин, что, в свою очередь, приведет к излишнему пылеобразованию в период последующей добычи угля.

Постоянная крепь для поддержания выработанного пространства в угольном массиве при сплошной системе разработки, столь отличная от регулярной забойной и штрековой крепи, состоит обычно из костровой крепи или закладки, или из той и другой вместе. Существуют различные виды закладки, бóльшая часть которых склонна к образованию пыли; ввиду этого необходимо принимать меры против образования пыли сверх допустимых норм. Основным положением считается то, что любой закладочный материал, подлежащий перемещению, транспортировке или обработке, должен быть в достаточной мере увлажнен, чтобы предупредить проникновение образовавшейся пыли в струю воздуха. Кроме того, там, где применяются механизированные способы закладки, основной мерой предосторожности в дальнейшем должен быть отвод главной вентиляционной струи от места закладки.

БОРЬБА С ПЫЛЬЮ ПРИ ЗАКЛАДКЕ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА

Метод борьбы с пылью зависит от способа закладки и характеристики закладочного материала; например, если закладочный материал получен из породных прослойков, то метод борьбы будет зависеть от количества воды, использованной в процессе выемки прослойка.

В угольных шахтах применяют следующие способы закладки:

ручная закладка крупнокусковым материалом на горизонтальных или пологих пластах;

спуск закладочного материала по скважинам на крутых пластах;

спуск закладочного материала по трубам на наклонных и крутых пластах;

закладка метательными машинами;

закладка из бутовых штреков;

гидравлическая закладка;

пневматическая закладка.

Ручная закладка крупнокусковым материалом

В угольных шахтах на горизонтальных и слабонаклонных пластах ручная закладка крупнокусковым материалом прежде была наиболее распространенным методом поддержания выработанных пространств, однако за последние годы она все более вытесняется методами пневматической закладки и обрушения. При ручной закладке пыль образуется в процессе следующих операций:

в пункте опрокидывания;

при транспортировке закладочного материала;

во время перелопачивания материала при закладке.

Если закладочный материал при этих работах используется в сухом виде, то могут образоваться высокие концентрации пыли; более того, образование пыли при опрокидывании может иметь место даже и в случаях использования хорошо смоченного материала, в особенности тогда, когда поверхность закладочного материала высыхает во время транспортировки его в вагонетках. При подаче в течение одного рабочего цикла от 250 до 300 вагонеток с материалом для закладки это может стать серьезной проблемой. Следовательно, каждый пункт опрокидывания должен быть оборудован оросительной установкой, чтобы материал в вагонетках увлажнялся до опрокидывания. Постоянно действующие пункты опрокидывания, где имеет место значительное пылеобразование, должны быть закрыты и оборудованы установками для пылеулавливания. При использовании качающихся конвейеров для осаждения пыли следует применять оросители с небольшим расходом воды (2—3 *л/мин*) с распределением ее по всей длине конвейера.

Чем лучше будет увлажнен закладочный материал, тем меньше трудностей будет возникать от прилипания материала к ленте конвейера. При перелопачивании материала по мере его поступления к месту закладки у рабочих возникает более глубокое дыхание, что увеличивает опасность при вдыхании даже небольших количеств пыли.

Спуск закладочного материала по скважинам

При спуске закладочного материала в выработанное пространство на крутых пластах образуется чрезвычайно большое количество пыли, если закладочный материал не был тщательно увлаж-

нен. При опрокидывании недробленой породы обслуживающий персонал — за исключением случаев крайней необходимости — должен быть удален, так как даже самое основательное увлажнение недостаточно для предотвращения образования при этом больших количеств пыли. При опрокидывании дробленой породы условия запыленности менее вредны, а материал как таковой позволяет осуществить более плотную закладку, чем недробленая порода. Мероприятия по борьбе с пылью в местах опрокидывания при спуске по скважине те же, что и при ручной закладке, и различаются только в деталях, в зависимости от типа опрокидывателя: лобовой, круговой, боковой и т. п. В пунктах, где используются боковые опрокидыватели, стационарные или качающиеся конвейеры, подача воды должна быть увеличена до 5 *л/мин* на каждый ороситель.

Спуск закладочного материала по трубам

Наиболее благоприятные условия для спуска закладочного материала по трубам имеют место в пластах падением от 40 до 55°. Закладочный материал подается по трубам диаметром от 8 до 12 дюймов (20—30 *см*) в зависимости от длины трубы и выходит с конечной скоростью, достигающей 40 *м/сек*. Образование пыли в месте выпуска зависит от скорости выпуска.

При этом способе закладки пылеобразование может иметь место в различных пунктах:

у кровли забоя, где материал из вагонеток разгружается в загрузочный лоток трубы;

если закладочный материал предварительно подвергается опрокидыванию и транспортируется к трубе, пыль может образоваться у опрокидывателя, в пунктах перегрузки и погрузки на конвейер и в пункте загрузки трубы;

у разгрузочного конца трубы;

в месте спуска закладочного материала в наклонной выработке; снижение концентрации пыли здесь может быть достигнуто только в результате применения хорошо увлажненного закладочного материала.

В пункте перегрузки конвейера должны быть установлены оросители с расходом воды от 3 до 5 *л/мин*, которые обеспечивали бы эффективность орошения по всей ширине конвейера.

Снижения пылеобразования у разгрузочного конца трубы можно добиться путем установки трубы таким образом, чтобы свободное падение кусков было минимальным.

Полезно производить непрерывное орошение всей площади закладки с тем, чтобы при ударах закладочного материала о подошву не происходило взметывания осевшей пыли.

Признано целесообразным использование плотной ткани, с помощью которой площадь закладки может быть изолирована от остальной площади выработанного пространства. Эта ткань натягивается приблизительно в 30—40 *м* за местом выгрузки материала

из трубы. Такое устройство используется также и при пневматической закладке, о чем более подробно будет изложено ниже.

Описанные мероприятия позволяют существенно снизить пылеобразование при спуске материала по трубам, но они не всегда настолько эффективны, чтобы уменьшить количество остаточной пыли до безопасного предела. За этими операциями необходимо регулярно проводить тщательный контроль путем отбора проб пыли.

Закладка метательными машинами

Учитывая высоту метательной машины, подающей закладочный материал, мощность пласта должна быть по меньшей мере около 1,5 *м*. Несмотря на то, что этот способ закладки не вызывает образования очень высоких концентраций пыли, широкого применения он не находит. Причиной этого, помимо ограниченной области применения, служит, вероятно, то обстоятельство, что некоторые типы метательных машин не позволяют совмещать во времени операций добычи угля и закладки. Однако там, где условия эксплуатации позволяют, не следует упускать возможностей использования этих машин.

Если на машины подается сухой или недостаточно увлажненный материал, концентрации пыли могут заметно увеличиться. Наиболее эффективное решение этой проблемы заключается в увлажнении материала в целом посредством орошения до такой степени, чтобы не создавалось помех в работе машины, или в надлежащем уплотнении закладки. Вместе с тем увлажнение должно обеспечивать улавливание по возможности наибольшего количества мелких частиц пыли при выбрасывании их из машины. Понятно также, что важным условием предотвращения пылеобразования является отвод вентиляционной струи от места закладки.

Закладка из бутовых штреков

При закладке из бутовых штреков материал поступает из выработок, пройденных буровзрывными работами. Интерес к этому методу закладки в угольных шахтах ныне утерян, однако применение обуривания кровли и подошвы выработок в металлических рудниках практикуется часто, когда требуется систематическая закладка выработанного пространства.

Главными источниками пыли при этом способе являются буровзрывные работы, необходимые меры предосторожности при которых рассматриваются в главах VII и VIII. Предпочтительным способом использования воды для борьбы с пылеобразованием в процессе перелопачивания и закладки отбитого материала является орошение. Опасные последствия этих работ часто в еще большей степени сказываются там, где проветривание закладываемых пространств осуществляется в недостаточной мере, что создает дополнительные трудности в удалении пыли или снижении содержания ее в воздухе.

Гидравлическая закладка

При гидравлической закладке материал к месту работы подается по трубам с помощью воды при соотношении породы и воды, обычно равном 1 : 1. Вода и порода для закладки большей частью смешиваются на поверхности.

С точки зрения борьбы с пылью этот метод закладки является наилучшим, поскольку он почти полностью исключает возможность образования пыли. Несмотря на это, гидравлическая закладка применяется только в угольных шахтах при разработке мощных пластов. Ограниченное применение этого метода объясняется не только его недостатками с точки зрения эксплуатации и безопасности в связи с расходом большого количества воды, но и теми экономическими и техническими преимуществами, которыми обладают другие способы закладки. Там же, где условия благоприятствуют использованию гидравлической закладки в выработанных пространствах, она должна быть настойчиво рекомендована в силу ее эффективности по предупреждению пылеобразования.

Пневматическая закладка

Одним из способов, заслуживших наибольшее признание, является пневматическая закладка, при которой закладочный материал подается к месту работы с помощью струи сжатого воздуха, не создавая никаких помех для проведения других работ в забое, таких, как добыча угля, откатка или перемещение оборудования. Отсюда все возрастающий интерес к использованию этого способа в механизированных забоях. Закладочный материал при этом может быть уложен плотно, до самой кровли, что очень быстро снимает горное давление и положительно сказывается в меньшем образовании пыли, возникающей в результате движения горных пород. Несмотря на то, что изучение проб пыли, отобранных различными учреждениями, обнаруживает большие расхождения относительно концентраций пыли в этих пробах, в настоящее время можно признать, что условия запыленности в забоях, где применяется пневматическая закладка, хуже, чем при других способах. Следовательно, при этом способе закладки особое внимание должно быть уделено мероприятиям по предупреждению образования пыли.

Вопросы, связанные с опасностью пылеобразования при этом способе, полностью не изучены, что объясняется сравнительно недавним внедрением в практику многих пневматических закладочных машин и особенностями механизма мокрого пылеподавления, по-видимому, более сложного, чем при других операциях, вызывающих пылеобразование. Многое зависит от вида закладочного материала и количества применяемой воды. Особое внимание должно быть обращено также на различные типы закладочных машин и условия эксплуатации.

При данном способе закладки пыль образуется:

при транспортировке материала к машине;
около самой машины;
на конце трубы сжатого воздуха;
в радиусе действия сжатого воздуха.

Закладочный материал

Материал, используемый для пневматической закладки, состоит обычно из пустых пород, получаемых при проходке полевых выработок или при других подготовительных работах. Он может быть получен от дробильных установок, из моечных цехов, а также из породных отвалов; кроме того, используются котельная зола и гранулированные доменные шлаки, хотя они, ввиду их сильного абразивного действия на трубы и закладочные машины, должны применяться всегда в смеси с другими материалами. Несмотря на то, что материал иногда подвергается выбору по признаку его «закладочных» свойств, обычным критерием служит его доступность. К выбору в качестве закладочных материалов пород, содержащих кварц, необходимо подходить с особой осторожностью, о чем говорит и тот факт, что облако взвешенной пыли, образующееся при пневматической закладке, содержит в себе значительно большее количество частиц размером от 1 до 5 *мк*, чем при других операциях.

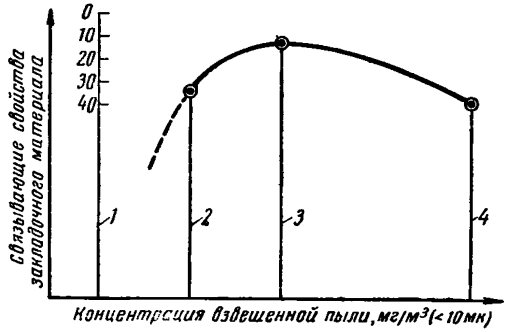


Рис. 39. Графическое изображение взаимосвязи между пылеобразованием, содержанием влаги и связностью закладочного материала. Содержание влаги в закладочном материале:

1 — сухой; *2* — слегка влажный; *3* — наиболее подходящая влажность (смесь порода—глина); *4* — излишняя вода (отходы обогащения)

Вопрос содержания воды является весьма важным, поскольку было установлено ее предельное количество, необходимое для связывания пыли; количество это меняется в соответствии с используемым материалом, так как в очень большой степени зависит от размеров его кусков и пористости. Ввиду этого в некоторых случаях предварительно смоченные материалы необходимо смешивать с сухими. Новейшие данные свидетельствуют о том, что наиболее благоприятные условия в смысле меньшей запыленности создаются при использовании закладочного материала, содержащего от 4 до 8% влаги.

Наряду со степенью влажности материала важную роль в пылеобразовании играет связывающая способность частиц. Если степень сцепления частиц в закладочном материале достаточно велика,

то образование взвешенной пыли в радиусе действия сжатого воздуха будет снижаться, тогда как при слабом сцеплении частиц будет наблюдаться тенденция к повышению концентрации пыли. Следовательно, нужно стараться, чтобы закладочный материал в значительном количестве содержал мелкие частицы глины и обладал равномерным гранулометрическим составом. Это изображено на графике (рис. 39).

Пылеподавление

После рассмотрения вопросов, связанных с закладочным материалом, следует обратить внимание на те разнообразные источники пылеобразования, которые могут возникнуть в процессе пневматической закладки, и на то, каким путем можно предотвратить пылеобразование или как можно уловить пыль. В этой связи необходимо особо подчеркнуть значение ухода за пневматическими закладочными машинами, чтобы не было утечек воздуха, ведущих к чрезмерному пылеобразованию.

Транспортировка материала

Пылеобразование может иметь место во время транспортировки закладочного материала к пневматической машине, если он не был достаточно увлажнен. Тщательное смачивание материала по всему объему имеет исключительно важное значение при использовании дробленой породы. Продолжительность передвижения вагонеток с закладочным материалом по возможности должна быть наименьшей, чтобы предотвратить высыхание материала в пути. Из этих же соображений не следует допускать простоев вагонеток в пути следования. В каждом пункте опрокидывания должна быть предусмотрена оросительная установка с тем, чтобы закладочный материал мог смачиваться до и во время опрокидывания с помощью оросителей тонкого распыления. Форсунки этих оросительных установок должны создавать водяную завесу на всем протяжении по ширине вагонеток. При манометрическом давлении 3—5 *кГ/см²* расход воды может составлять до 15—20 *л/мин.* Форсунки, применяемые во время опрокидывания, должны разбрызгивать воду в направлении материала, находящегося в процессе опрокидывания, и быть эффективными по всей ширине. Этим требованиям будут удовлетворять две или три форсунки.

Поскольку при работах по пневматической закладке большинство опрокидывателей не закрыто, то во избежание пылеобразования в этих пунктах необходимо настойчиво проводить указанные выше мероприятия. Если они будут применяться правильно, то во время нахождения состава вагонеток у пневматической машины не произойдет дальнейшего пылеобразования.

Типы машин

Количество пыли, образующейся при работе пневматической закладочной машины, зависит от типа применяемой машины. Камерные машины отличаются меньшим пылеобразованием. Из этих машин однокамерные имеют, однако, тот недостаток, что, по соображениям эксплуатационного характера, они вызывают необходимость перерывов в процессе закладочных работ, что приводит к нежелательным последствиям в забоях, о чем будет сказано позже.

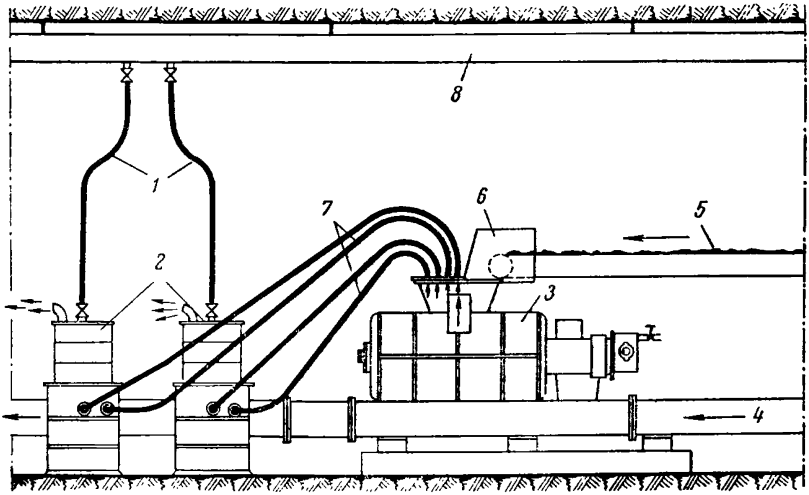


Рис. 40. Закладочная машина с пылеотсасывающим фильтром:

1 — шланговое соединение; *2* — сухой отсасывающий фильтр; *3* — закладочная машина; *4* — закладочная труба; *5* — ленточный конвейер; *6* — ограждение питающего бункера; *7* — отсасывающие шланги; *8* — магистраль сжатого воздуха

Лучшими в этом отношении являются двух- и трехкамерные машины. Поскольку движение воздуха в них происходит поверх закрытого закладочного материала, они не создают условий для выделения пыли. Однако камерные машины сравнительно высокие, и, возможно, в силу этого обстоятельства они применяются реже, чем машины с ячеистыми роторами. В работе этих машин пыль образуется у питающего бункера и на выходе воздуха в значительных количествах, возрастая по мере износа ротора и кожуха. Машины с ячеистыми роторами, ввиду небольшой их высоты и удобства передвижения, применяются чаще, чем камерные машины; необходимо, однако, обращать внимание на то, чтобы их конструкция отвечала требованиям герметичности и чтобы изношенные детали заменялись или ремонтировались своевременно.

Несмотря на то, что новые модели закладочных машин позволяют надеяться на меньшее пылеобразование, при работе большинства имеющихся ныне машин с ячеистыми роторами необходимо

предусматривать отсос пыли, если только их установку в забое нельзя осуществить на стороне исходящей струи.

На рис. 40 и 41 показаны различные способы отсасывания пыли от закладочных машин.

В первом случае пыль улавливается у питающего бункера с помощью оборудования для сухого отсоса подобно тому, как это имеет место при бурении шпуров. Для этой цели всасывающие шланги оборудования для отсоса помещаются в питающем бункере, который частично закрыт.

Во второй системе пылеотсоса питающий бункер закрыт полностью, с оставлением лишь одного смотрового отверстия для

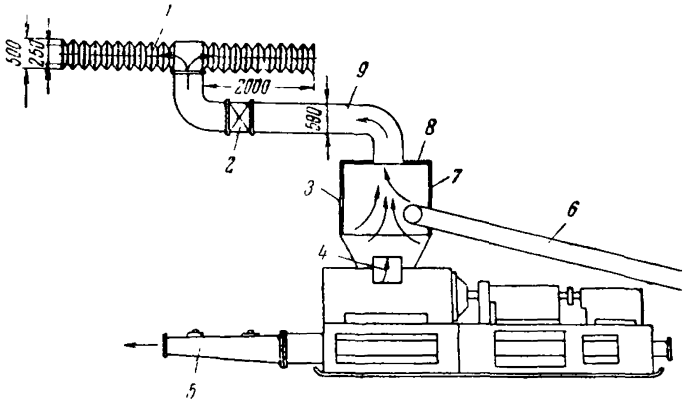


Рис. 41. Пылеулавливание в закладочной машине с ячеистым ротором (размеры в миллиметрах):

1 — шерстяной рукавный фильтр; *2* — вентилятор; *3* — смотровое окно для машиниста; *4* — поступление воздуха в бункер; *5* — закладочный трубопровод; *6* — ленточный конвейер; *7* — резиновая завеса; *8* — ограждение бункера; *9* — пластмассовый трубопровод

машиниста. Посредством пылеотсасывающего трубопровода с вмонтированным вентилятором запыленный воздух отводится в мешок, в котором и собирается пыль. Мешок следует менять через каждые два или три дня и направлять его на поверхность для очистки, которую лучше всего производить пылесосом.

Выгрузка материала

Пылеобразование на разгрузочном конце пневматической трубы до некоторой степени зависит от длины и диаметра трубы, количества колен и давления или объема воздуха.

Исследования, проведенные для определения влияния длины и диаметра пневматической трубы на образование пыли, не решили этого вопроса; мнения расходятся как в отношении влияния диаметра трубы, так и изменений в расходе воздуха на производительность пневматических закладочных машин.

Вместе с тем, как общее правило, можно отметить, что при использовании соответствующего закладочного материала, отвечающего указанным выше требованиям, диаметр и длина трубы не имеют особо важного значения. Исследования показали, что при использовании хорошо увлажненного закладочного материала концентрации пыли почти всегда одинаковы независимо от длины трубы.

Важным фактором является способ загрузки машины. Если материал подается в воздушную струю трубопровода равномерно, то при этом не происходит увеличения расхода воздуха или взметывания отложившейся пыли, как это бывает после перерывов в нагнетании воздуха. Следует избегать длительных перерывов, так как закладочный материал, высыхающий за это время на стенках трубы, может быть причиной значительного пылеобразования после возобновления нагнетания воздуха. В таких случаях, если труба расположена горизонтально или с небольшим уклоном, подача воды в трубу перед началом дутья дает положительный эффект. Машинист закладочной машины может менять соотношение между количеством сжатого воздуха и закладочного материала и таким образом в значительной мере оказывать влияние на количество образующейся пыли. Он должен с особой тщательностью следить за тем, чтобы расход сжатого воздуха был по возможности минимальным. Следовательно, на должность машиниста нужно назначать только подготовленных и ответственных лиц.

Мероприятия, направленные на снижение пылеобразования на выходе сжатого воздуха, достигают только частичного успеха, если закладочный материал песчанистый и недостаточно увлажненный. Некоторое снижение пылеобразования может быть достигнуто в случае, если расстояние от выхода воздуха из нагнетательной трубы до закладываемой площади будет невелико.

Защита прилегающего пространства

Мероприятия по борьбе с пылеобразованием должны проводиться также в пределах всего радиуса действия струи сжатого воздуха. Пыль образуется при столкновении закладочного материала, выбрасываемого с большой скоростью из трубы, с подошвой и кровлей выработанного пространства, подлежащего закладке. Некоторое количество пыли образуется также под действием воздушной струи. Большой объем нагнетаемого воздуха увлекает всю эту пыль в призабойное пространство, и если не принять предупредительных мер, то пыль, подхваченная вентиляционной струей,

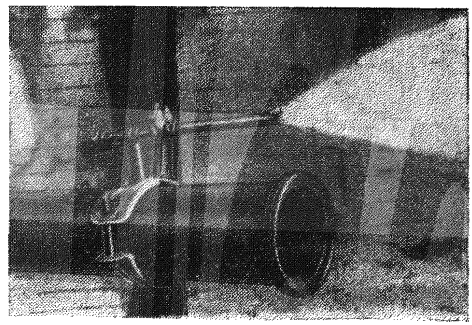


Рис. 42. Ороситель, установленный на разгрузочном конце закладочной трубы

может распространиться вдоль забоя и создать дополнительную опасность для занятых в нем рабочих.

Для улучшения условий работы в забое необходимо:

1. Перед началом работ закладываемая площадь, включая наклонную выработку, хорошо увлажняется с помощью оросителя большого радиуса действия, образующего спокойно падающую завесу. Орошение регулируется с учетом продвижения закладочных работ.

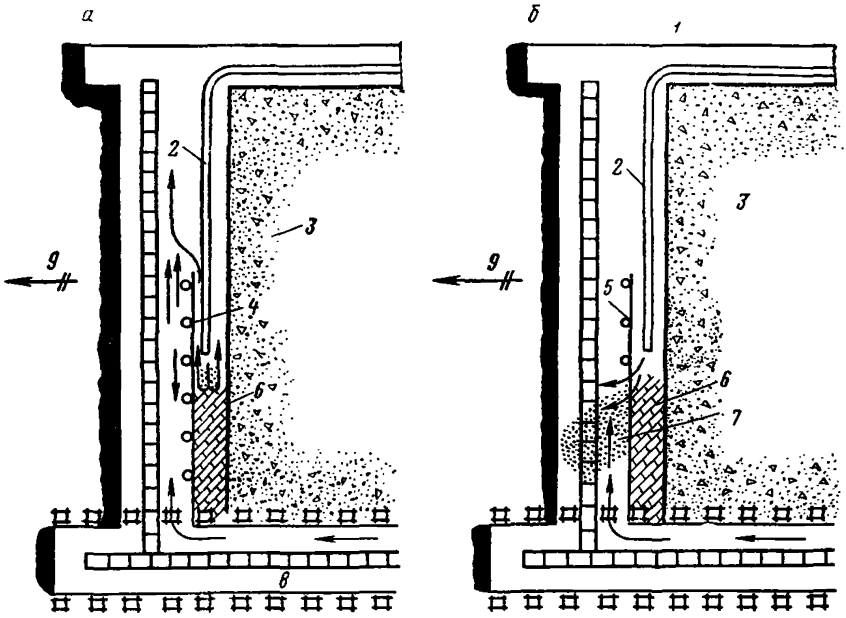


Рис. 43. Пневматическая закладка:

а — с перемычкой из плотно сплетенной ткани, предотвращающей рассеяние пыли; *б* — с перемычкой из проволочной сетки, пропускающей загрязненный воздух; *1* — выработка; *2* — нагнетательная труба; *3* — материал пневматической закладки; *4* — тканевая перемычка; *5* — перемычка из проволочного сплетения; *6* — продвижение закладки; *7* — загрязненная зона; *8* — выработка для ленточного конвейера; *9* — направление подвигания

2. Закладываемая площадь хорошо изолируется от забоя толстой тесно сплетенной тканью, которая натягивается приблизительно в 18—27 *м* позади разгрузочного конца пневматической трубы.

3. На разгрузочном конце трубы должен быть установлен ороситель (рис. 42).

Таким образом, закладываемая площадь изолируется от забоя и создаются условия для оседания всей образующейся пыли, равно как и для некоторой части пыли, увлеченной струей нагнетаемого воздуха. Кроме того, устраняется возможность нарушений схемы вентиляции струей нагнетаемого воздуха, поскольку создается пространство, где он теряет свое завихрение или отклоняется в сторону преобладающего направления вентиляционной струи.

На рис. 43 показаны результаты воздействия обычной проволочной сетки и плотной закладочной ткани на характер вентиляционной струи и пылеобразование.

ОБРУШЕНИЕ

Обрушение или систематическая отбойка кровли обладает большим преимуществом: устраняет необходимость доставки закладочного материала. Обрушение и пневматическая закладка, особенно на пологих пластах, являются наиболее часто применяемыми методами. С точки зрения опасности пылеобразования обрушение считается более безопасным методом, чем пневматическая закладка, при условии, однако, что кровля оседает регулярно по мере подвигания забоя; при отсутствии этой предпосылки, т. е. при необходимости прибегать к взрывным работам для обрушения кровли, образуется большое количество пыли. Количество образующейся при обрушении пыли колеблется в широких пределах и может быть отнесено за счет следующих факторов:

дробление кровли перед ее падением;

обрушение кровли и ее раздробление;

взметывание в воздух пыли, отложившейся на подошве выработки, при падении кровли.

Увеличение концентрации пыли зависит главным образом от:

характера кровли и размеров отдельных кусков (если кровля состоит из мягкой породы, то пылеобразование при обрушении ее будет не столь велико, как при крепком песчанике);

мощности пласта или высоты падения;

длины забоя;

скорости подвигания;

проветривания.

На рис. 44 показаны колебания уровней запыленности в мощном пласте с кровлей из песчаника по сравнению с тонким пластом с кровлей из сланцев.

Пылеобразование при обрушении кровли может быть снижено с помощью следующих мероприятий:

орошение подошвы выработанного пространства, где извлекается крепь, и зоны обрушения;

изоляция зоны обрушения оросительными полосами (водяными завесами).

Если зона обрушения хорошо увлажнена, образование пыли может быть снижено на 30—40%.

Изоляция зоны обрушения посредством оросителей достигается следующим образом. Перед началом работ впереди каждой бригады по извлечению крепи, на одной из стоек вдоль забоя, подвешивается соответствующий водяной или воздушно-водяной ороситель (рис. 45), направленный в сторону зоны обрушения. Водяная завеса, создаваемая оросителями, должна быть отрегулирована так, чтобы она покрывала на возможно большем протяжении все поперечное

сечение забоя и доходила до зоны обрушения. Созданные таким образом оросительные защитные полосы, или водяные завесы, будут осаждать большую часть образовавшейся пыли.

Оросители, применяемые для борьбы с пылью при обрушении, должны отвечать требованиям образования резко выраженного распыления воды, тонкого ее рассеивания и иметь значительный радиус действия по протяженности и в ширину с тем, чтобы при их использовании данное призабойное пространство, начиная от забоя и кончая зоной обрушения, могло быть полностью изолировано. Далее, не следует допускать образования тумана; в крайнем случае может иметь место образование только очень быстро оседающего тумана, чтобы не нарушалась работа бригад по извлечению

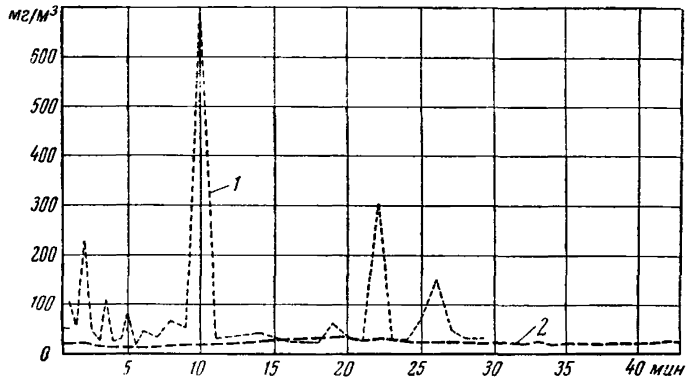


Рис. 44. Концентрация пыли во время работ по извлечению стоек:

1 — концентрация тонкодисперсной пыли в мощном пласте с песчанистой кровлей; *2* — концентрация тонкодисперсной пыли в тонком пласте со сланцевой кровлей

крепи и не ухудшалась видимость. Если туман остается во взвешенном состоянии в течение продолжительного времени, он может захватить мельчайшие частицы пыли и удерживать их в состоянии взвеси дольше, чем при других условиях. Каждую бригаду по извлечению крепи рекомендуется снабжать одним оросителем. Расход воды не должен быть слишком большим, так как чрезмерно большое количество воды может вызвать явление вспучивания подошвы выработки.

Необходимо следить за тем, чтобы оросители монтировались в направлении вентиляционной струи не под прямым углом, а под углом приблизительно в 30°, благодаря чему часть взвешенной пыли будет отведена со струей воды в направлении зоны обрушения, где она может быть осаждена. При правильной установке оросителей перед началом работ по извлечению крепи замена их в большинстве случаев потребуется только один раз в зоне каждой бригады.

Воздушно-водяная форсунка, обеспечивающая вполне удовлетворительную изоляцию забоя от зоны обрушения, состоит из изогнутой металлической трубки диаметром 0,4 дюйма (1 *см*) и длиной

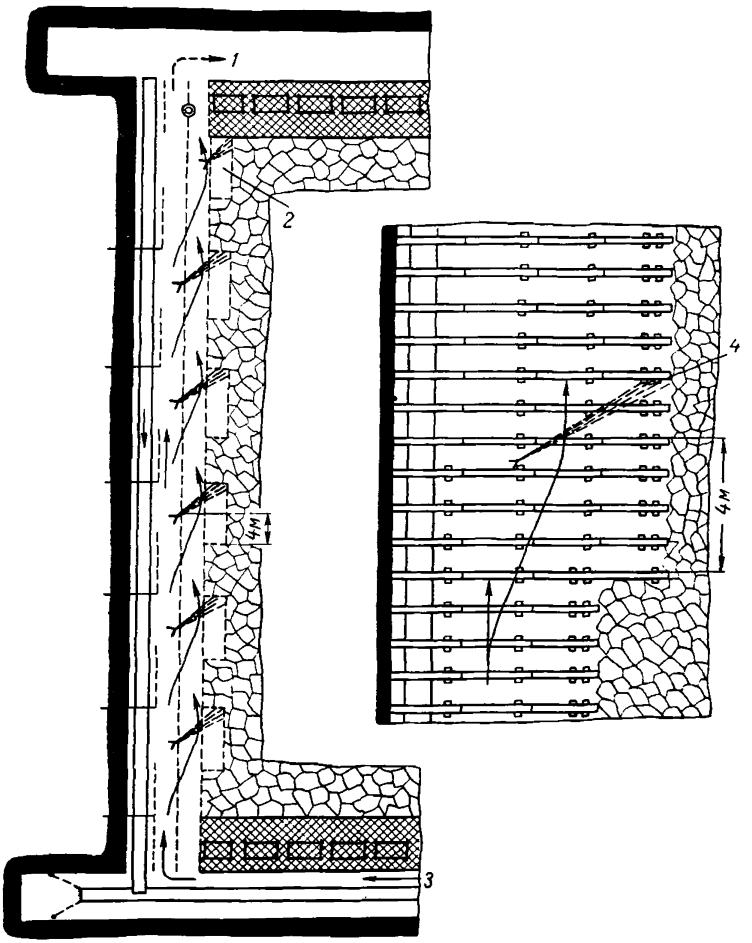


Рис. 45. Использование оросителей во время работ по извлечению стоек:

1 — исходящая струя; *2* — воздушно-водяные форсунки; *3* — входящая струя; *4* — зона обрушения

36 *см*, с небольшим плоским срезом снаружи. На обеих сторонах части трубки с плоским срезом — шириной 7 *мм* — имеются отверстия диаметром от 1,3 до 1,5 *мм*, расположенные через 20 *мм* таким образом, что отверстия на одной стороне противоположны

отверстиям на другой. Вода и воздух поступают через диски в форсунке с отверстиями диаметром 2,2 и 3,0 *мм*.

При этом устройстве дальность действия форсунки достигает 4 *м*.

ПОДЗЕМНОЕ ДРОБЛЕНИЕ ПОРОДЫ

Бывают случаи, когда для дробления закладочного материала необходимо использовать подземные дробильные установки. Ссылки на некоторые специальные проблемы, относящиеся к данному вопросу, приведены в главе XIV.

ШТАНГОВОЕ КРЕПЛЕНИЕ КРОВЛИ

Штанговое крепление, которое служит для укрепления пластов горных пород и повышения их несущей способности, используется в забоях, в промежуточных штреках, полевых выработках и в других видах горных работ. Применение этого способа крепления кровли за последние годы во всех районах горных разработок происходило в очень быстро нарастающем темпе. Данный вид крепления может применяться или от случая к случаю, или систематически, в соответствии с генеральным планом горных работ. Шпуры бурят на глубину до 2 *м*, что в случае систематического крепления кровли штангами влечет за собой значительное расширение объема буровых работ.

Для бурения отдельных скважин могут использоваться ручные инструменты, но при необходимости систематического крепления кровли штангами обычно применяются буровые каретки. Соответствующим образом сконструированные буровые агрегаты с орошением могут решить проблему борьбы с пылью во время бурения, однако использование таких установок для вертикального бурения в кровле имеет отрицательные стороны: неудобство для обслуживающего персонала и нежелательные последствия от применения воды, особенно вблизи расположения электрооборудования; трудности могут возникнуть и в снабжении водой, если крепление потребуется в участках, не имеющих распределительной сети. В силу этих причин способ сухого бурения с использованием зарекомендовавших себя средств улавливания или удаления пыли имеет явные преимущества.

ПОДРЫВКА ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД

Борьба с пылью при подрывке (обрушении) вмещающих пород имеет исключительно важное значение. Еще большее значение она приобретает в случаях, когда подрывка производится одновременно с добычей угля и когда образовавшаяся при этом взвешенная пыль

из вмещающих пород может попадать в забой. Все установки для подрывки вмещающих пород и прочие типы бурового оборудования должны быть снабжены устройствами для подавления пыли; при использовании ручных молотков для отбойки вмещающих пород или в случае ведения взрывных работ целесообразно смачивать вмещающие породы и окружающую зону посредством ручного орошения.

Если допускают местные условия, следует предусмотреть устройства для предотвращения рассеивания пыли под действием вентиляционной струи. В этом отношении полезным может быть применение оросителей и отклоняющих полотен.

ГЛАВА VII

БУРЕНИЕ

Бурение шпуров и разведочных скважин по крепкой породе является существенной составной частью всех подземных разработок, проходки туннелей и открытых горных работ. Первоначально бурение шпуров производилось вручную заостренными стальными бурами и молотками. Вода использовалась как вспомогательное средство при удалении отбитых кусков породы; если образование пыли при этом считалось особенно большим или опасным, то на устье шпура накладывался увлажненный круг. Однако в большинстве случаев об опасности пыли думали мало, поскольку ее образование было незначительным и не привлекало к себе внимания.

С введением механизированного бурения и повышением его скорости пыль стала образовываться в значительно бóльших количествах. Именно в результате внедрения бурильных машин в конце прошлого столетия пневмокониоз стал привлекать к себе пристальное внимание.

Все ранние типы бурильных машин основывались на принципе ударного бурения. Появление первой примитивной буровой установки относится к 1683 г.; с течением времени в ее конструкцию вводились различные изменения и усовершенствования, пока в 1861 г. не появилась машина Соммейллера с применением сжатого воздуха и использованием механического вращательного и поступательного движения. Эта машина была предшественницей современной бурильной машины; ее конструкция, как и конструкции последующих бурильных машин, получила в дальнейшем широкое развитие при проходке железнодорожных туннелей через Альпы и в других местностях в конце XIX и начале XX столетий. Вслед за введением тяжелых машин с возвратно-поступательным движением и сплошной буровой сталью в начале текущего столетия появился бурильный молоток Лейнера, в котором буровая сталь удерживалась свободно в патроне, позволяя применять намного более легкие поршни, и, что важно с точки зрения охраны здоровья, в нем была предусмотрена подача воды в шпур через осевой канал в стержне бура.

Эта конструкция представляла собой большой шаг вперед на пути борьбы с буровой пылью, хотя еще имелось затруднение со сжатым воздухом, который, поступая от машины в бур, создавал пузырьки воздуха, из которых в атмосферу попадала мелкая пыль. В дальнейшем усилия были направлены на предотвращение поступления сжатого воздуха в шпур и совершенствование промывки.

Буровзрывные работы являются весьма важными операциями во всех металлических рудниках и также играют существенную роль в угольных шахтах при проходке шахтных стволов, квершлагов и большинства штреков в шахтах. Несмотря на возрастающее применение машинного оборудования для разработки угольных месторождений, добыча угля во многих странах все еще производится в крупных масштабах подрубкой, бурением и взрыванием.

Приемы ведения буровых работ по углю во многом отличаются от техники бурения по крепким породам, и возникающие при этом проблемы борьбы с пылью носят также особый характер. Даже изменения природных свойств в самой горной породе могут отразиться на физических свойствах образующейся пыли и потребовать специального изучения и применения особых методов подавления пыли. Однако применение машин различного типа для вращательного или ударного бурения во всех случаях приводит к образованию больших количеств мелкой витающей пыли, для улавливания которой необходимо предусмотреть эффективную подачу воды или использовать другие средства.

В создании более производительных типов бурильных молотков и принадлежностей для бурения наблюдался постоянный прогресс, но с точки зрения предотвращения пылеобразования выявились два основных типа бурильных машин для ударного бурения с промывкой — с внутренней, или осевой, и с боковой подачей воды (с муфтой для боковой промывки). Большой прогресс наблюдался также в разработке и изготовлении различных типов устройств для улавливания и подавления пыли, позволяющих производить бурение без воды.

Бурильные машины вращательного действия, которым всегда отдавали предпочтение при бурении по углю, ныне все большее применение находят при бурении и по породе, в особенности при разведочных работах.

Такие машины должны быть смонтированы на каретках и иметь механическую подачу.

Наряду с необходимостью очень внимательного отношения к надзору за всеми типами бурильных машин в смысле пылеобразования важно, чтобы забой и все прилегающие поверхности были обильно увлажнены перед началом бурения с тем, чтобы осевшая пыль не взметывалась в воздух.

УДАРНОЕ БУРЕНИЕ С ПРОМЫВКОЙ

Перфораторы с осевой подачей воды

Перфоратор с осевой подачей воды был практически первым бурильным молотком, сконструированным для мокрого бурения, и на протяжении многих лет во всем мире являлся наиболее подходящим для бурения по крепким породам. Поскольку по сравнению с прежними способами сухого бурения он обладал крупным преимуществом, в большом масштабе были проведены исследовательские работы с целью дальнейшего снижения пылеобразования при его эксплуатации и повышения производительности; с начала его внедрения были разработаны многочисленные рекомендации и сделаны усовершенствования в отношении размеров водяных трубок и осевых каналов подачи воды, равно как и в отношении зазоров и приспособлений (рис. 46).

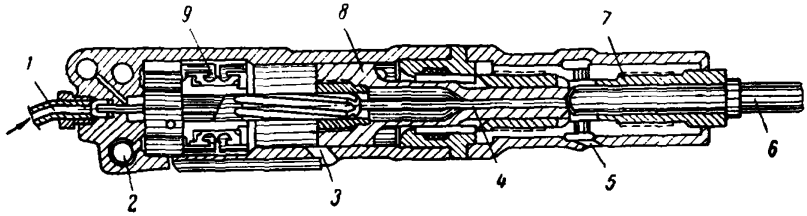


Рис. 46. Бурильный молоток с отверстиями для частичного выхлопа воздуха в передней головке, *с осевой подачей воды:*

1 — поступление воды; *2* — поступление воздуха; *3* — выхлопное отверстие; *4* — водяная трубка; *5* — отверстие для частичного выхлопа в передней головке; *6* — бур (пустотелый); *7* — буродержатель; *8* — поршень; *9* — воздухораспределительный механизм

Недостатки перфоратора этого типа:

потери промывочной воды с попаданием ее в перфоратор и последующее ухудшение смазки;

отрицательный эффект падения давления промывочной воды во время прохождения ее от водяной трубки к каналу в стержне бура, поскольку система промывки не представляет собой непрерывного канала;

засасывание воздуха при входе в хвостовик бура и проникновение его в систему промывки, что, как было уже указано, приводит к освобождению образующейся при бурении пыли.

Важным элементом является зазор между внутренними стенками осевого пустого пространства в поршне и водяной трубкой. Этот зазор должен поддерживаться в минимальных пределах, и разрешаемые допуски должны быть оговорены техническими условиями при принятии машины для эксплуатации в условиях запыленности. Весьма существенным является наличие отверстий в передней части бурильного молотка, впереди поршня для выхода воздуха, в соответствующем количестве и соответствующего размера,

для обеспечения полного выпуска воздуха даже в случаях, когда вследствие повышенного износа движущихся частей перфоратора увеличивается утечка воздуха через его корпус (рис. 47 и 48).

В некоторых типах перфораторов вносились видоизменения в тело поршня и было достигнуто уменьшение утечек через отверстия для выхлопа. В Южной Африке было принято решение переоборудовать все перфораторы для бурения по породам в так называемый тип «закрытых каналов», при эксплуатации которого, как утверждают, пылеобразование уменьшается (рис. 49).

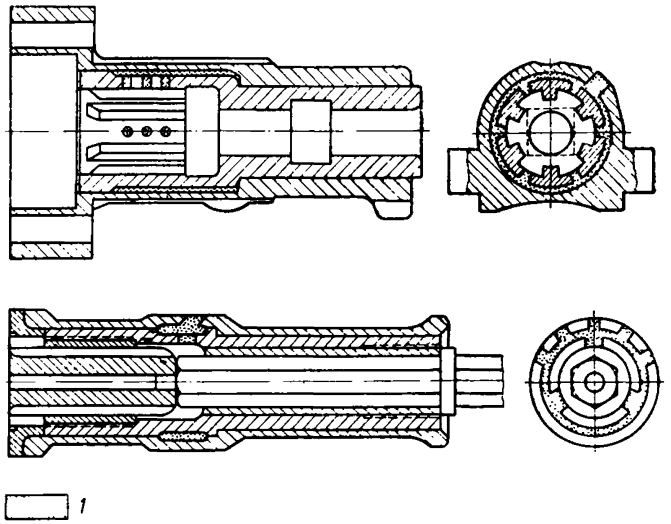


Рис. 47. Отверстия для частичного выхлопа в передней головке:

1 — воздушные каналы (кольцеобразные каналы, которые ясно видны на поперечном разрезе, позволяют производить выпуск воздуха из передней части поршня)

В отношении водяной трубки и ее установки было много трудностей. Ограничение количества промывочной воды не должно иметь места ни у задней головки, ни в самой трубке, ни на ее выходе в хвостовик бурильного молотка. В то же время ее внутренний диаметр должен обеспечивать пропуск достаточного количества воды под соответствующим давлением, чтобы она могла дойти до конца бура и связать пыль. Применялись оба вида водяных трубок: «короткие» и «длинные»; первые оканчиваются вблизи входа в осевой канал в буре, тогда как вторые входят в хвостовик бура. В порядке проведения опытов в некоторых случаях вносились видоизменения, такие как применение резиновых или пластмассовых соединительных трубок (ниппелей) на конце водяной трубки или вкладышей в хвостовике бура; испытывались также гибкие пластические материалы для изготовления водяных трубок с тем, чтобы добиться

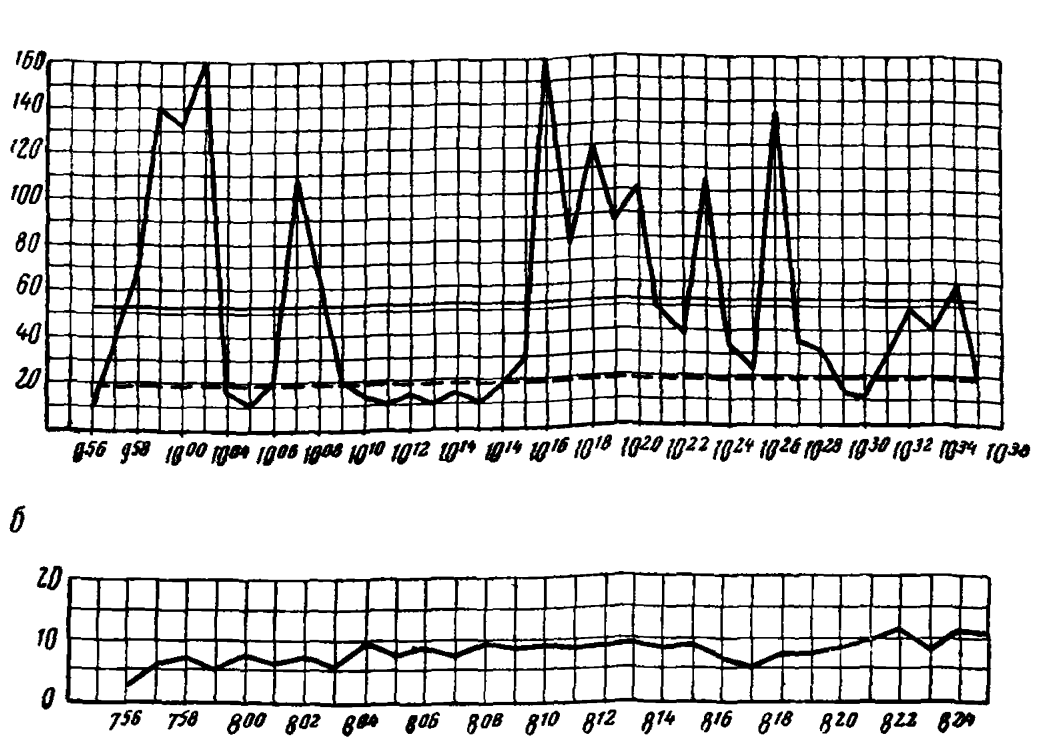


Рис. 48. Графическое изображение относительного пылеобразования бурильными молотками без отверстий для частичного выхлопа воздуха и молотками с такими отверстиями:

а — бурильный молоток без отверстий: 9^{56} — начало бурения бурильным молотком в горизонтальной плоскости; 10^{02} — перерыв для смены бура; 10^{04} — возобновление бурения; 10^{05} — шпур пробурен; 10^{08} — перерыв для смазки; 10^{13} — возобновление бурения; 10^{24} — перерыв для смены бура; 10^{28} — шпур пробурен; 10^{32} — перерыв для смены бура; 10^{36} — перерыв;

б — бурильный молоток с отверстиями: 7^{57} — начало бурения одним молотком; 8^{01} — перерыв; 8^{06} — смена бура; 8^{11} — перерыв; 8^{15} — шпур пробурен; 8^{18} — возобновление бурения; 8^{23} — перерыв

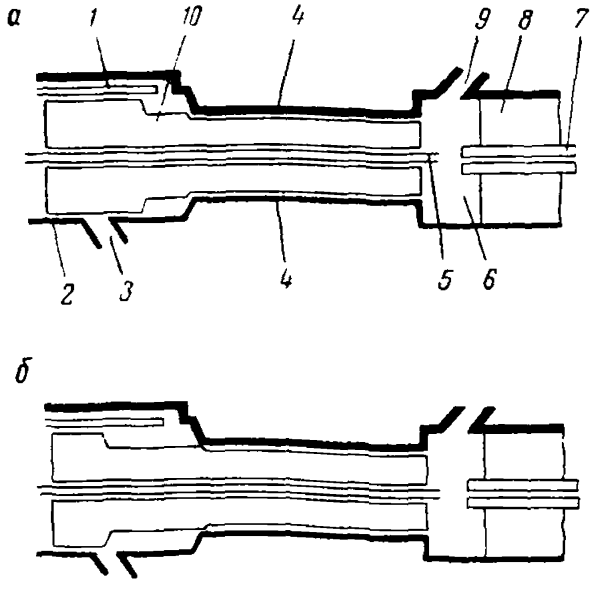


Рис. 49. Принцип работы машины с «закрытыми каналами»:

а — стандартная машина (каналы открыты прежде, чем откроется выхлопное отверстие); *б* — машина с закрытыми каналами (после открытия выхлопного отверстия каналы еще закрыты); *1* — поступление сжатого воздуха; *2* — стенка цилиндра; *3* — выхлопное отверстие; *4* — каналы; *5* — водяная труба; *6* — передняя головка; *7* — бур; *8* — буродержатель *9* — отверстия в передней головке для частичного выхлопа воздуха; *10* — поршень

удовлетворительной подачи воды без ее аэрации между корпусом перфоратора и буром (рис. 50).

Устройство, которое с полным успехом могло бы быть использовано для этой цели, пока еще не разработано.

Как можно видеть, многочисленные усилия были направлены на повышение эффективности подачи воды и снижение пылеобразования при работе перфоратора. В результате выяснилась необходимость в детально разработанных технических условиях, охватывающих размеры водяных трубок, осевых каналов и относящихся к ним зазоров. В некоторых странах детально разработанные условия были включены в правила безопасности горных работ в части,

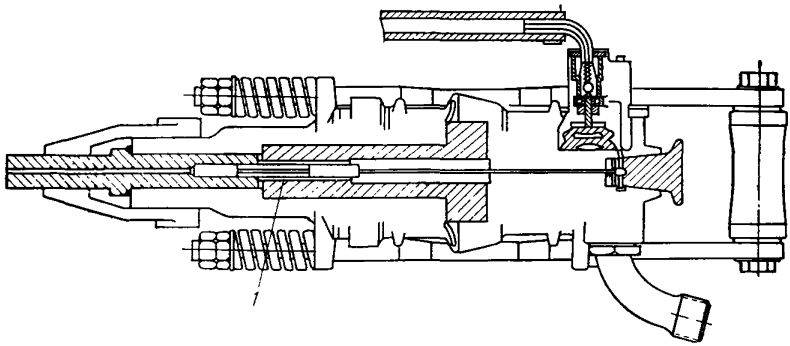


Рис. 50. Закрытие водяной трубки пластическим ниппелем *1*

касающейся допущенных к применению машин. Необходимо внедрять целый ряд мероприятий по надзору и тщательному обслуживанию перфораторов, чтобы вызываемое ими пылеобразование удерживалось на низком уровне; с другой стороны, даже небольшое повреждение или смещение сравнительно хрупкой водяной трубки немедленно сказывается на пылеобразовании при бурении.

Перфораторы с боковой подачей воды

В связи с необходимостью устранения ряда нежелательных явлений, свойственных осевой промывке, заслуживающим внимания было введение в эксплуатацию перфораторов с боковой подачей воды. Одна из главных трудностей на пути совершенствования этих машин заключалась в сверлении отверстия в буре для подачи воды в осевой канал, без нарушения прочности буровой стали до такого предела, при котором она могла бы сломаться во время бурения.

Это приспособление состоит из муфты, насаженной на бур. Кольцеобразная канавка в муфте совпадает с отверстием в хвостовике бура, ведущим к осевому каналу для подачи воды. Водяной затвор,

состоящий из резиновых колец или какого-либо вида резиновых катушек, предотвращает утечку воды во время вращения.

Преимущества этого способа подачи воды следующие:

воздух на выхлопе может быть отведен от шпура, находящегося в процессе бурения, и образование пузырьков воздуха, несущих тонкодисперсную пыль, может быть устранено;

уменьшается утечка воды, и бурильщик может работать в сухих условиях;

могут быть использованы более легкие перфораторы;

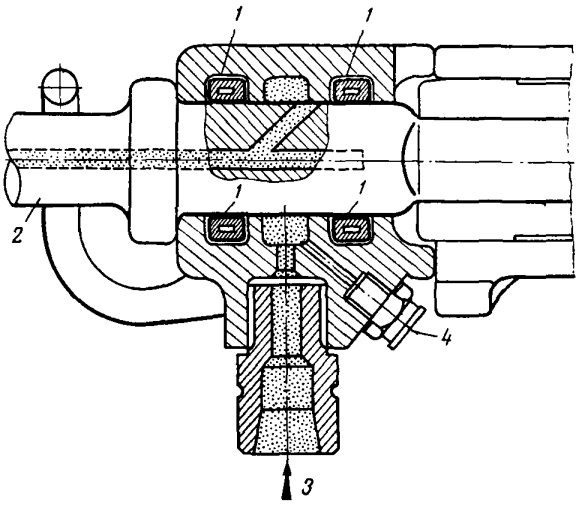


Рис. 51. Устройство для боковой подачи воды:

1 — пустотелые резиновые кольца; *2* — бур; *3* — подача воды; *4* — масленка

муфта для боковой промывки может быть использована в любом типе перфораторов; требуется только одно видоизменение хвостовика бура;

отсутствуют затруднения, встречающиеся при обслуживании перфораторов с осевой промывкой;

выигрыш в простоте устройства; в результате — экономия средств;

муфта для боковой промывки может быть использована в перфораторах с электроприводом, так как имеется возможность избежать соприкосновения воды с электрическим током.

На рис. 51 дано изображение одного из типов муфты для боковой промывки. В других типах давление промывочной воды используется для создания расширения уплотняющих колец и поддержания таким образом уплотнения в закругленной части хвостовика бура. Этот водяной затвор является самым слабым местом в конст-

рукции муфт, используемых в настоящее время в практике; известно, что хорошая смазка является весьма существенным элементом для предупреждения быстрого износа резиновых колец и устранения чрезмерного трения, которое может препятствовать вращательному движению бура. С другой стороны, бурильщик с одного взгляда может определить, удерживает ли затвор воду, и резиновые кольца, не являющиеся дорогостоящими деталями, могут быть легко и быстро заменены на месте работы.

Опыт показал, что бурение пустотелыми бурами, снабженными муфтами для боковой промывки, создает хорошее и однородное связывание пыли даже в породах различной крепости. Осаждение пыли, включая и самые мелкие частицы буровой муки, в большей мере можно отнести за счет того, что промывочная вода выступает из отверстий муфты под полным существующим в сети давлением.

Колебания давления воды в шахтных условиях на смачивание пыли влияют в малой степени.

Бурение с боковой промывкой является самым безопасным и эффективным методом бурения в смысле подавления опасной для здоровья пыли.

Буры

Канал, проходящий через бур, в значительной мере может влиять на подачу промывочной воды. Исследования, проводимые с целью установить, имеют ли все буры каналы однообразного диаметра по всему протяжению — обычно 6 *мм* — и по возможности ровную поверхность, часто показывают, что эти требования не выполняются. Сужения обнаруживаются в особенности в конце хвостовика бура и образуются при ковке на нем буртика. Такого рода сужения, даже небольшие, значительно уменьшают поток промывочной воды. Поэтому от поставщиков-изготовителей следует требовать, чтобы они проверяли каждый бур на его пригодность по указанным выше положениям и поставляли только вполне исправные буры.

Головки буров

За последние годы наблюдается все возрастающее применение головок буров, армированных твердыми сплавами, для работ в металлических рудниках, при проходке туннелей и на открытых горных работах.

Широкое распространение получили долотчатые и крестообразные головки буров, съемные коронки или цельные, армированные пластинками из твердых сплавов, впаянными непосредственно в головку бура. На некоторых рудниках диаметр головки бура составляет от 40 до 42 *мм*, на других принимают 39 *мм* или от 32 до 36 *мм*. Выбор более крупных диаметров зависит от применяемой технологии взрывных работ и имеющихся в распоряжении бурильных молотков,

которые могли бы эффективно справляться с более тяжелой нагрузкой.

Относительно взаимосвязи между связыванием пыли или количеством уловленной пыли при бурении с промывкой, с одной стороны, и формой и диаметром головки бура или формой и количеством выпускающих воду отверстий на ней — с другой, данных не имеется. Тем не менее важное значение имеет направление воды, выходящей из головки бура: она должна направляться на забой шпура при бурении, причем важно также, чтобы вода, выходящая из головки через отверстия, которых должно быть по меньшей мере два, не встречала сопротивления (рис. 52).

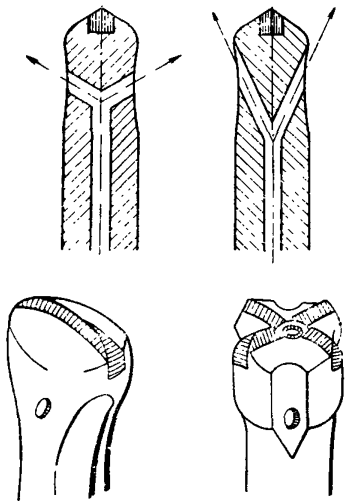


Рис. 52. Выход воды из буров

Пазы в головке бура должны обеспечивать легкий проход для буровой мелочи, чтобы предотвратить забивание шпура.

Расход воды

Количество уловленной пыли при работе различных типов молотков ударного бурения с промывкой зависит от производительности молотка и особенно в большой степени от количества проходящей по нему воды. Это количество определяется конструкцией пылеподавляющего оборудования бурильного молотка, начиная с впускного клапана для воды и кончая выходом ее через отверстия в головке бура. Наличие клапана на входе воды не должно вызывать уменьшения поперечного сечения, а клапан не должен быть самоустанавливающимся или самозакрывающимся. Во вращающихся соединениях и в каналах для воды в буре не должно быть никаких сужений, вызывающих уменьшение количества и давления воды перед ее поступлением в шпур.

Так, например, при опытах с одним типом ударного бурильного молотка, снабженного водяной трубкой с внутренним диаметром 2,6 *мм*, количество воды на выходе из отверстий в головке бура составило 6,8 *л/мин* при давлении воды, равном 4,8 *кГ/см²*. Другой перфоратор того же типа и в тех же условиях, но с водяной трубкой с диаметром в свету 3 *мм*, расходовал 6,1 *л/мин* вместо требующихся 7,6 *л/мин*; снижение произошло в силу различного выполнения деталей водяной трубки, в частности вследствие сужений. Подобные результаты были получены и с другими перфораторами.

Бурение в трещиноватых породах

Если соответствующее количество воды без воздуха достигает забоя шпура, то эффективное связывание пыли можно считать обеспеченным во всех видах горных пород. Правда, иногда можно встретиться с затруднениями, когда бурение производится в трещиноватых породах, где вода утекает и промывка нарушается. В таких случаях часто применяют пустотелые спиральные буры с промывочными головками. Чтобы избежать возможности сухого бурения, пустотелые спиральные буры должны иметь меньший шаг или быть оборудованы непосредственно сзади головки бура гладкой частью длиной около 20 *см*. В первом случае мокрая буровая мелочь будет удаляться, но если бурение производить без промывки, бур будет застревать. Во втором случае бурение шпура глубиной более 40 *см* будет невозможно. Применение указанных устройств следует ограничивать особыми случаями в трещиноватых породах.

Блокировка воздуха и воды

Опасность пылеобразования при забуривании шпуров без воды, равно как и необходимость обеспечения непрерывной подачи воды к концу бура, указывает на желательность применения блокирующего устройства, препятствующего пуску бурильного молотка в работу до тех пор, пока не будет обеспечена подача воды и пока она не начнет выходить из отверстий в головке бура. При отсутствии такого рода устройства является весьма важным надзор за всеми лицами, занятыми на буровых работах, и их инструктаж, чтобы сухое забуривание или бурение шпуров без воды не имело места.

ВРАЩАТЕЛЬНОЕ БУРЕНИЕ

Этот способ бурения находит основное применение в забоях угольных шахт. Армированные алмазными коронками электросверла для вращательного бурения широко используются также при бурении разведочных скважин, а электросверла, смонтированные на соответствующих колонках и оборудованные механической подачей, все более и более зарекомендовывают себя и при бурении шпуров для отбойки горных пород. Электросверло выполняет свое назначение посредством непрерывного вращения буровых коронок с перьями или резцов. Скорость вращения изменяется от 70 *об/мин* для очень крепких пород до 700 *об/мин* для мягкого угля. Действие рабочих органов носит по существу режущий, а не ударный характер, в результате чего образуются более крупные частицы и количество тонкодисперсной пыли намного меньше, чем при применении машин ударного бурения.

Изучение переменных факторов, могущих влиять на количество образующейся пыли, показало, что это количество меняется в зависимости от скорости вращения для данного периода бурения и что

фактическая скорость бурения (внедрения бура в забой шпура) не влияет на образование пыли за определенный отрезок времени. Таким образом, могут быть достигнуты высокие скорости бурения при низких скоростях вращения и обеспечении механической подачи с соответствующим для данных машин давлением на забой шпура. В результате получается низкое пылеобразование. Предел ограничивается забиванием буровой коронки.

Хотя из приведенного ясно видно, что для каждой категории крепости пород должна существовать оптимальная скорость бурения для достижения минимального пылеобразования, на практике была проведена стандартизация скоростей бурения для типичных горногеологических условий проходки по различным породам и нашло применение использование воды и других средств борьбы с пылью, как и при ударном бурении.

Новейшие достижения в производстве специальных сплавов и сталей создали возможность более широкого использования машин с низкими скоростями вращения; при разработке многих видов крепких пород их применение в настоящее время представляет уже практическую задачу. С точки зрения борьбы с пылью эти достижения являются важными, поскольку вопрос пылеподавления в машинах вращательного бурения является не таким острым, как в машинах ударного действия.

СУХОЕ БУРЕНИЕ

Способы сухого удаления буровой мелочи за последние годы получили значительное развитие, и некоторые из них с точки зрения улавливания пыли в настоящее время могли бы найти применение не только на поверхности, но и в подземных условиях в шахтах и туннелях. Иногда применение воды при бурении может быть нежелательным ввиду забивания бура, нарушений в породе, по которой происходит бурение, в кровле или подошве выработки, а также ввиду образования влажности в воздухе вблизи электропроводов и электрооборудования, например, при штанговом креплении кровли вблизи троллейных проводов.

Требования, которым должны отвечать буровые инструменты

К буровым инструментам, применяемым при сухом бурении, предъявляются строгие требования:

1. Удаление пыли должно происходить автоматически на протяжении всего процесса бурения, включая забуривание шпура.

2. Собранную пыль нужно удалять, не допуская поднятия ее в воздух.

3. Если очищенный воздух снова направляется в зону дыхания людей, пылеулавливающая способность фильтра должна быть особо эффективной в отношении частиц размером менее 5 *мк*.

4. Машина должна одинаково хорошо работать при всех углах наклона — по восстанию, падению и горизонтали.

5. Должна быть исключена возможность производить машиной бурение до тех пор, пока не будет действовать система пылеудаления.

6. Все оборудование должно быть передвижным и пригодным для эксплуатации на ограниченных пространствах и в суровых условиях, встречающихся в подземных условиях и карьерах.

Пылеуловители

Для использования при бурении были сконструированы два главных типа пылеуловителей. Первый состоит из зонта или колпака, который изготовляется обычно из резины и закрывает бур на устье

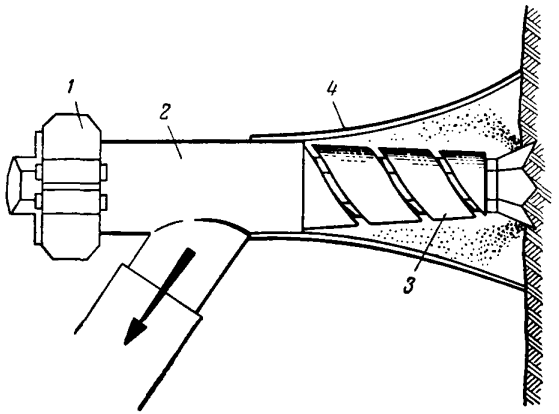


Рис. 53. Всасывающая головка:

1 — буродержатель и сальник; *2* — всасывающая гильза; *3* — скошенная спиральная пружина; *4* — резиновый колпак

шпура, он оборудован патрубком с отрезком гибкого шланга, через который улавливаемая пыль отсасывается к фильтру или удаляется каким-либо другим безопасным способом (рис. 53).

Отсос чаще всего осуществляется с помощью эжектора, приводимого в действие сжатым воздухом, поступающим к бурильному молотку. В этом устройстве имеется ряд недостатков. Достигнуть эффективного уплотнения в большинстве случаев невозможно ввиду неровностей поверхности забоя. Это обусловливает низкую эффективность отсасывания и приводит к образованию значительных концентраций пыли, которые фактически начинают возникать в период забуривания до того, как начнет действовать отсос. Другой недостаток заключается в том, что бурильщик не может видеть места забуривания шпура.

При втором, более новом способе необходимый отсос осуществляется через пустотелый бур так, что пыль, образующаяся у буровой коронки на всех этапах бурения, включая забуривание, отсасы-

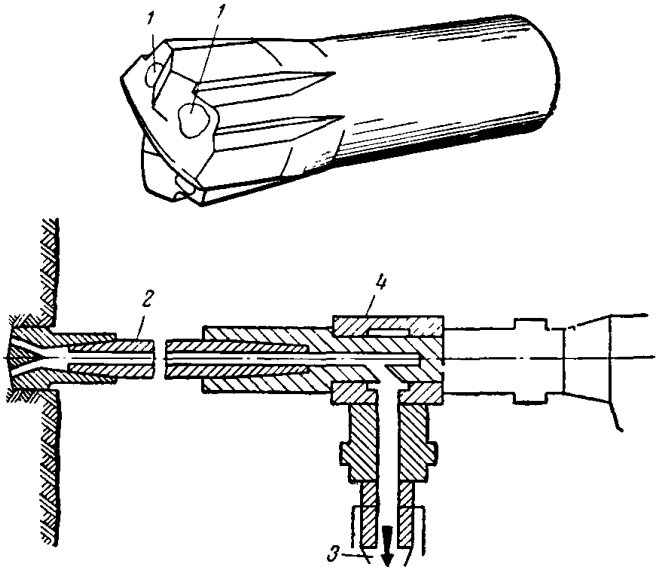


Рис. 54. Пылеотсос через осевой канал бура:

1 — всасывающие отверстия; *2* — пустотелый бур; *3* — всасывающий шланг к фильтру; *4* — буртик бура

вается через осевой канал бура и оттуда — или посредством центральной трубки через машину, или через плотно насаженную муфту на заднем конце бура — к фильтру или к месту выгрузки (рис. 54).

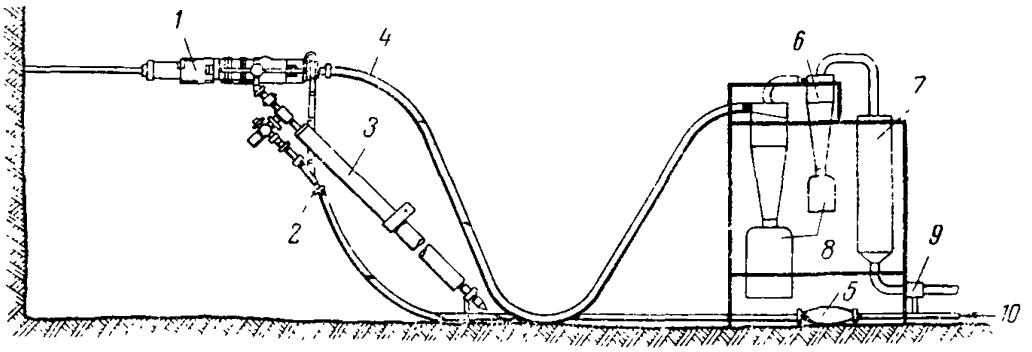


Рис. 55. Бурильный молоток с сухим отсосом пыли:

1 — бурильный молоток; *2* — шланг для сжатого воздуха; *3* — пневматическая стойка; *4* — шланг для отсоса пыли; *5* — масленка; *6* — циклон; *7* — рукавный фильтр; *8* — пылесборник; *9* — эжектор сжатого воздуха; *10* — сжатый воздух

В странах с развитой горной промышленностью разработаны установки, основанные на этом принципе; главное различие между ними заключается в способах удаления или улавливания пыли (рис. 55).

Удаление пыли

Собранная пыль может быть удалена различными способами. Установка может состоять из сепаратора для удаления крупных фракций и тканевых фильтров для улавливания вдыхаемых частиц размером менее 5 *мк*. Воздух, очищенный на такой установке, обычно направляется в сеть главного проветривания. Установка может быть

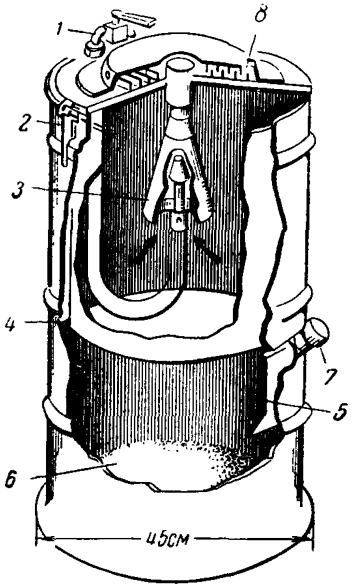


Рис. 56. Устройство пылеулавливающего фильтра для сухого бурения:

1 — выпуск сжатого воздуха; *2* — пружинная защелка; *3* — эжекторная установка; *4* — рукавный фильтр; *5* — отражатель; *6* — осажденная пыль; *7* — всасывающий шланг; *8* — перегородки

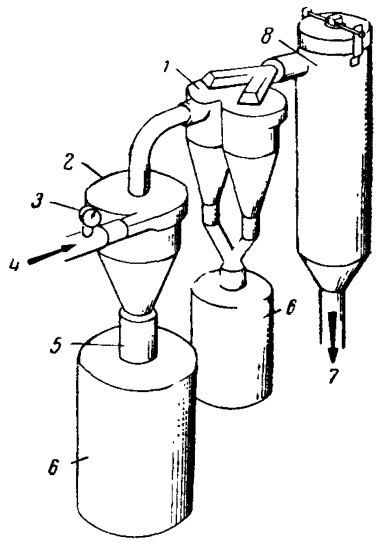


Рис. 57. Установка из циклонов и пылеулавливающего фильтра для сухого бурения:

1 и *2* — парные циклоны для улавливания частиц пыли средних размеров (циклон *2* улавливает крупную пыль); *3* — манометр; *4* — пыль, поступающая от бурильного молотка; *5* — резиновый шланг; *6* — съемные пылесборники; *7* — чистый воздух, направляющийся к эжектору; *8* — фильтр, улавливающий тонкодисперсную пыль

выполнена в виде небольшого передвижного агрегата для обслуживания одной бурильной машины или может представлять собой крупный агрегат, размещенный на расстоянии до 300 *м* от бурильных машин для обслуживания их с помощью соответствующих трубопроводов (рис. 56). В другом варианте пыль поступает по трубопроводу к соответствующему месту ее уборки, где она может быть выгружена, не причиняя вреда.

В некоторых случаях может оказаться целесообразным сочетание этих двух способов с удалением крупных фракций на месте работы с помощью циклонного сепаратора, тогда как тонкодисперсная пыль

будет или отфильтровываться, или направляться по трубопроводу к месту ее уборки (рис. 57). В тех случаях, когда пыль выгружается в местах, удаленных от места производства буровых работ, необходимы добавочные эжекторы или подключение вентилятора (рис. 58).

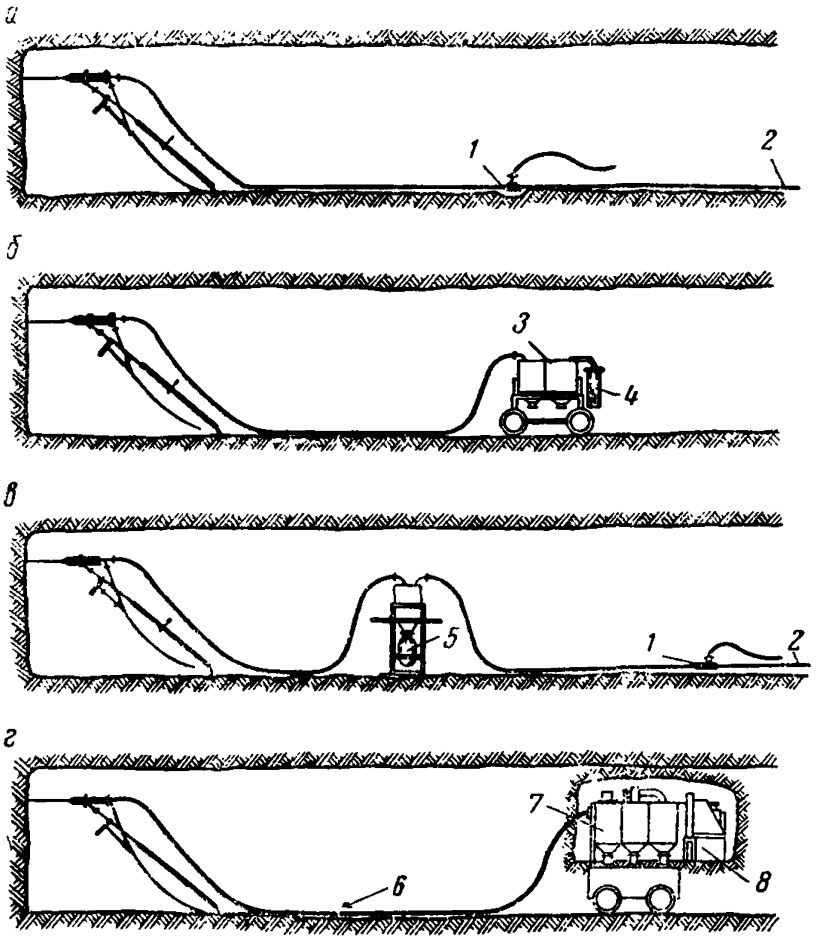


Рис. 58. Различные схемы применения бурильного молотка с сухим отсосом пыли:

а — машина, разгружающая пыль через трубопровод в место разгрузки; *б* — машина, разгружающая пыль в разделительные резервуары с фильтром; *в* — машина, разгружающая пыль в разделительные резервуары с отводом мелкой пыли в место разгрузки; *г* — машина, разгружающая пыль в трубопровод с подачей ее к вентиляторной установке, включающей разделительные резервуары и в главном откаточном штреке; *1* — эжектор; *2* — трубопровод к месту разгрузки; *3* — разделительные резервуары; *4* — фильтр; *5* — улавливание крупной пыли; *6* — предохранительный клапан; *7* — циклон или какая-либо другая пылеотделяющая установка; *8* — всасывающий вентилятор

НАДЗОР И ТЕХНИЧЕСКИЙ УХОД ЗА БУРИЛЬНЫМИ МАШИНАМИ

В шахтах, где используются бурильные машины, в обязанности лица, ответственного за вентиляцию, должно входить наблюдение за всеми работающими машинами в течение периода отбора проб пыли. Вместе с тем все машины должны проходить осмотр в мастерских с заменой изношенных частей каждую неделю или через две

недели. Ни бурильщику, ни другим лицам, занятым на подземных работах, не разрешается разбирать эти машины или вмешиваться в их рабочий процесс.

Бурильные молотки с осевой промывкой

Проводя осмотр в подземных выработках, ответственный работник должен обращать внимание на:

а) соединение водяной трубки на задней головке бурильного молотка;

б) чтобы отверстия переднего выхлопа не были забиты;

в) чтобы струя воды, выходящая из бура, была непрерывной и приблизительно центрированной;

г) после вставления бура струя должна выходить из головки свободно;

д) чтобы конец водяной трубки не был забит или поврежден;

е) зазор между концом водяной трубки и хвостовиком бура следует измерять с помощью специального измерительного прибора (в некоторых конструкциях водяная трубка входит в осевой канал хвостовика бура, и здесь визуальный осмотр водяной трубки покажет, прошла ли она на требуемое расстояние);

ж) чтобы во время работы машины проводилась проверка в отношении чрезмерного «парения» бурильного молотка на переднем выхлопе;

з) чтобы проводились измерения давления поступающей воды;

и) номер и тип машины должны отмечаться для включения в отчет.

Хотя много машин такого типа ежедневно работает с удовлетворительными результатами, тем не менее нельзя не видеть, что в их эксплуатации необходимы строгие меры предосторожности и контроль за ними с тем, чтобы получить производительность с теми характеристиками, которые были заложены в расчете их конструкций.

Бурильные молотки с боковой подачей воды

Осмотр применяемых в подземных условиях бурильных молотков этого типа проще и может быть ограничен визуальным наблюдением за струей воды, выходящей из головки бурильного молотка, и проверкой входа воды на установление возможной утечки. Наблюдения должны проводиться во время забуривания в отношении возможного пылеобразования и в течение процесса бурения, чтобы удостовериться в эффективности увлажнения пыли.

Оборудование для сухого бурения

Образование пыли в процессе работы машин этого типа должно контролироваться путем постоянных визуальных наблюдений во время бурения с помощью регулярного отбора проб пыли. Некоторые типичные случаи неполадок в работе вызываются следующим:

прокладки передней части пылеуловителя изношены или повреждены;

недостаточная герметичность контейнера фильтра;

фильтр забит маслом или грязью;

неправильная сборка элементов фильтра;

перегрузка фильтра пылью;

контейнеры для пыли не опоражниваются после их наполнения;

утечка в шланговых соединениях.

Контроль по перечисленным пунктам должен проводиться в порядке повседневной проверки бурильщиком каждой машины для сухого бурения.

ИСПЫТАНИЯ БУРИЛЬНЫХ МОЛОТКОВ

Описание устройств для испытания бурильных молотков дано в приложении 2 (см. стр. 295).

ГЛАВА VIII

ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ

Взрывные работы являются источником образования пыли, представляющей опасность, которой до настоящего времени не уделялось достаточного внимания. Правда, в некоторых странах еще перед второй мировой войной были изданы постановления, обязывающие горные предприятия обеспечивать установку соответствующего оборудования и проводить мероприятия целевого назначения на существующем техническом и научном уровне для предупреждения пылеобразования при взрывных работах; наиболее важные из этих мероприятий касаются взрывных работ в горных породах.

Количество пыли, поступающей в рудничную атмосферу при взрывных работах, изменяется в больших пределах в зависимости от масштабов и продолжительности производства. В каждом случае оно зависит от объема взрывных работ, который определяется физическими свойствами, структурой и крепостью подлежащей отбойке породы, способом добычи и объемом необходимых подготовительных и проходческих работ.

В любом случае и независимо от того, производятся ли взрывные работы на одном или нескольких участках горной выработки, обслуживающий персонал, который мог бы подвергаться действию образующихся, возможно, очень высоких концентраций пыли, должен быть надежно защищен.

ОБЩИЕ МЕРЫ ПРЕДОСТОРОЖНОСТИ

При выборе способа добычи или системы разработки предпочтение следует отдавать тем методам, при которых достаточная управляемая вентиляция может служить основой для всех прочих мероприятий по борьбе с пылью. Кроме того, следует стараться заранее, еще при планировании, свести объем взрывных работ до возможного низкого значения и проводить их только в строго определенное время.

Чтобы уменьшить образование пыли и свести опасность действия ее на рабочих до минимума, нужно иметь в виду следующее:

1. Количество образующейся пыли может быть снижено за счет применения подходящих к данным условиям методов буровзрывных работ.

2. Количество взрывов может быть уменьшено путем соответствующих мероприятий (взрывание шпуров комплектами и т. д.).

3. Подошва, кровля и стенки выработок, прилегающих к забою, должны быть основательно увлажнены перед началом взрывания.

4. Взрывание шпуров следует производить только в часы, когда действие взрывных газов могло бы отразиться на очень небольшом числе рабочих (например, в конце смены).

5. Нужно следить за тем, чтобы персонал, остающийся в выработках во время взрывания шпуров, находился вне досягаемости взрывных газов.

6. Концентрации пыли, образующиеся при взрывании шпуров, должны быть быстро разжижены и отведены с помощью хорошей вентиляции.

7. Все лица, ответственные за взрывные работы, или те, которые могут подвергаться действию взрывных газов, должны быть проинструктированы об опасности, которую представляет собой образующаяся при этих работах пыль, и должны быть от нее защищены.

Простыми средствами защиты от образующейся при взрывах пыли являются респираторы или убежища с обособленным проветриванием. Однако эти средства защищают только тех, кто работает в респираторах или находится в убежище. В известных условиях эти средства могут с успехом применяться, но они сопряжены с серьезными затруднениями и в указанных целях их можно использовать только при исключительных обстоятельствах, когда нельзя найти другого приемлемого решения. Поэтому нужно принимать меры предосторожности в порядке предупреждения пылеобразования в воздухе при взрывах или создания условий для возможности удаления ее из выработок с тем, чтобы не создавать опасности для персонала.

При планировании взрывных работ важно сделать правильный выбор взрывчатого вещества для выполнения предстоящего задания, с учетом физических свойств горной породы, формы забоя и всех других факторов, которые могут иметь отношение к характеристике и поведению разрабатываемого ископаемого при его отбойке. Наряду с выбором соответствующего взрывчатого вещества, очень важное значение имеет правильное расположение шпуров и количество применяемого взрывчатого вещества. Из этих соображений необходимо установить тщательный надзор за работой взрывников.

ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ ПО ПОРОДЕ

На горных работах по крепким породам, где руда добывается путем отбойки взрывчатыми веществами, должны проводиться специальные мероприятия по защите рабочих от пыли и взрывных газов.

Бурение и зарядка шпуров должны производиться во время рабочей смены, а взрывание их — согласно заранее установленному графику — в конце смены, когда почти все рабочие уходят из выработок или удаляются в сторону нисходящей вентиляционной струи. При современных методах взрывания, требующих небольшого числа рабочих, взрывы могут производиться строго по графику. Таким графиком устанавливается время проведения взрывных работ на отдельных участках и определяются меры безопасности, которые следует принимать для предотвращения опасного соприкосновения людей с пылью или газами из соседних выработок.

После взрывания люди не должны заходить в забой до тех пор, пока все продукты взрыва не будут удалены вентиляцией. Во многих странах продолжительность этого периода установлена законом. В течение рабочей смены не должны производиться взрывные работы, не предусмотренные графиком, за исключением случаев крайней необходимости или особых условий. Обстоятельствами, вызывающими необходимость производства взрывных работ в течение рабочей смены, могут быть:

взрывание для удаления вывалов породы;

взрывание для удаления крупных глыб породы, создающих заторы в рудоспусках, скатах или на грохотах;

при проходке подготовительных выработок или туннелей с проведением особых мероприятий.

Первый случай может иметь место только в исключительной обстановке. Взрывные работы в рудоспусках или на грохотах могут быть необходимы при подэтажной выемке и подобных системах разработки. При высокоскоростной проходке горизонтальных выработок (при проходке туннелей) обычно предусматривается отдельная сбойка к вентиляционной выработке для исходящей струи с целью отвода пыли и газов или применяются пылеосадительные или газоулавливающие фильтры (см. главу XIV). При любых видах взрывных работ ответственные должностные лица обязаны принимать меры против возникновения возможной опасности от газов или пыли.

В угольных шахтах взрывные работы в штреках и квершлагах сопровождаются образованием большого количества пыли. Установлено, что эта пыль, в соответствии с ее минералогическим составом, содержит до 80% частиц размером менее 3 *мк*. Поскольку концентрация мелких фракций этой пыли может достигать 3000 *мг/м*^{3}, то легко понять важное значение эффективной борьбы с пылью, образующейся при взрывных работах. Такие количества пыли могут создать серьезную угрозу для здоровья работающих, так как долгое время остаются во взвешенном состоянии и разносятся вентиляционной струей по выработкам. Поскольку проведение взрывных работ не всегда возможно только в промежутках между сменами, опасность может возникнуть не только для рабочих на проходке выработки, но и для всего персонала, соприкасающегося с вентиляционной струей.

Вместе с тем для борьбы с пылью, образующейся при взрывных работах в квершлагах, штреках и т. д., имеются различные способы, позволяющие значительно уменьшить количество выделяющейся пыли, которые будут описаны ниже.

ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

В некоторых странах взрывные работы в шахтах применяются чаще, чем другие способы добычи угля. В большинстве случаев заряды рассчитываются весьма точно для обеспечения равномерного отделения угля от массива с тем, чтобы облегчить последующие процессы угледобычи другими средствами. Достижение эффективного подавления пыли после взрывных работ в угольных шахтах, в особенности в длинных забоях, путем применения апробированных до настоящего времени мероприятий по борьбе с пылью является ввиду большого количества точек взрывания очень трудной или даже неразрешимой задачей.

Пыль, выделяющаяся при разрушении угля, представляет серьезную проблему. Добыча полезного ископаемого в забое заключается скорее в отрыве его, чем в раздроблении. Поскольку излишнее измельчение полезного ископаемого является нежелательным, то усилия должны быть направлены на использование возможно малых зарядов ВВ, хорошо продуманное расположение шпуров и применение соответствующего ВВ. Тенденция к заряжанию избыточным количеством ВВ особенно сильно проявляется при отбойке прослойков, когда паспорт буровзрывных работ меняется с каждым взрывом. Поэтому правила ведения взрывных работ в угольных шахтах должны быть тщательно разработаны, а персонал, занятый на этих работах, должен пройти соответствующую подготовку и иметь высокую квалификацию.

При условии правильного и эффективного применения взрывчатых веществ образование пыли в результате взрывных работ может быть сведено к минимуму.

Гидровзрывная отбойка угля

Вопрос о нагнетании воды в пласт более подробно рассматривается в главе IX, где речь идет о его преимуществах как способа борьбы с пылью. Развитие этого способа исходит из принципа нагнетания воды в шпур и зависит в основном от шпура как такового и от всех трещин в окружающем угольном пласте, наполняемых водой под давлением в момент взрывания шпура. С помощью этого способа можно достичь значительного снижения пылеобразования во время взрывания шпуров; вместе с тем при работе в газоносных пластах уменьшается опасность воспламенения газа и создаются предпосылки, отвечающие требованиям высокой эффективности взрывных работ.

Несмотря на широкое распространение механических способов добычи угля, применение гидровзрывной отбойки характеризуется все возрастающим к ней интересом и все бо́льшим использованием ее.

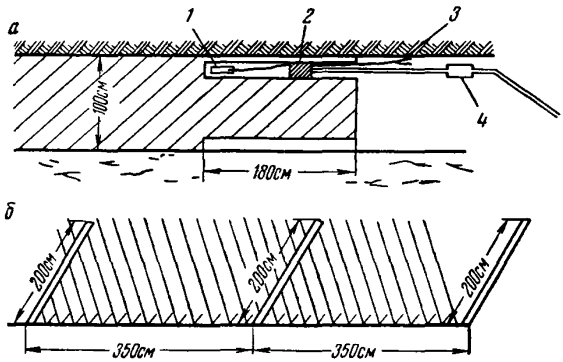


Рис. 59. Взрывные работы в подрубленном угле:

а — поперечное сечение; *б* — вертикальный разрез
1 — заряд ВВ (450 *г* на шпур); *2* — водяной затвор; *3* — провода; *4* — нагнетательная труба

Гидровзрывная отбойка, которая может применяться на угольных пластах различного залегания, начиная с горизонтальных и кончая крутопадающими, была опробована в подрубленном угле, в ненарушенных пластах посредством боковых шпуров и в ненарушенных пластах посредством длинных шпуров.

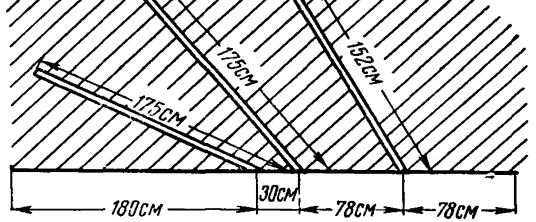


Рис. 60. Способ вруба в забое с помощью шпуров, пробуренных под различными углами наклона

На рис. 59 показано применение данного метода в подрубленном угле со шпурами, пробуренными приблизительно в 40 *см* от кровли на расстоянии 3,5 *м*. В рассматриваемом случае в каждый шпур закладывался заряд ВВ весом 450 *г* и подавалась вода в количестве 30—50 *л* под давлением от 15 до 23 $кГ/см^2$.

Рис. 60 и 61 дают представление о методах бурения шпуров для гидровзрывной отбойки в ненарушенных угольных пластах. Фактически расположение шпуров для этого вида взрывной отбойки будет зависеть от местных условий, но удовлетворительные результаты в большинстве случаев получались при всех условиях. Затруднения, встречающиеся при взрывании врубовых шпуров в забое, устранялись посредством подрубки и предварительного взрывания

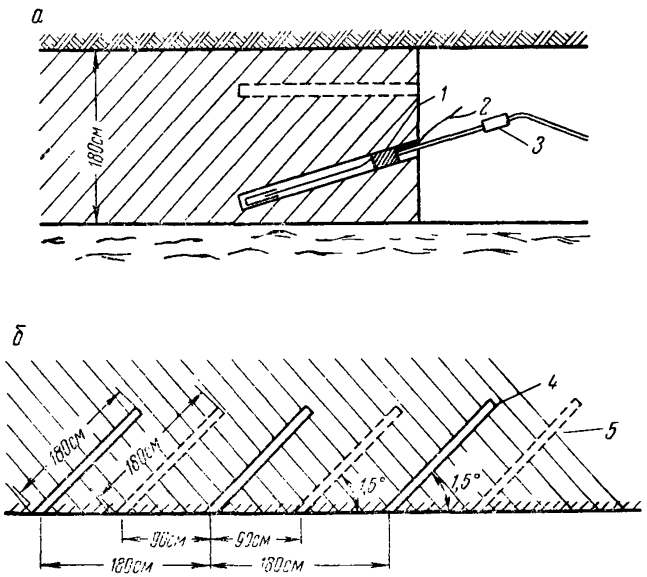


Рис. 61. Взрывание в угольном массиве:

а — поперечное сечение; *б* — вертикальный разрез; *1* — водяной затвор; *2* — провода; *3* — нагнетательные трубы; *4* — шпуры в подошве; *5* — шпуры в кровле (заряды ВВ для шпуров в кровле 340 *г*, для шпуров в почве 170 *г*)

на коротких участках; однако в большинстве случаев подрубленная часть забоя может быть сохранена таким образом, как это показано на рис. 60 и 61.

На рис. 62 показан способ замены большого количества шпуров одним шпуром, пробуренным в направлении подвигания забоя и параллельно ему. Этот способ применяется также при взрывной отбойке от целика и позволяет считать его весьма перспективным; наиболее трудным при этом было до сих пор выравнивание шпура по угольному забою и сохранение правильного направления. Экспериментальные работы с применением различных типов буровых установок позволили достичь в этом отношении высокой степени точности. Для взрывания заряды распределялись по длине шпура рав-

номерно и соединялись с помощью воспламенительного шнура и специальных электродетонаторов.

Арматура для подачи воды в основном та же, что и при нагнетании ее под высоким давлением. В случае группового взрывания шпуров вода может подаваться одновременно ко всему комплекту шпуров с помощью соответствующего распределителя.

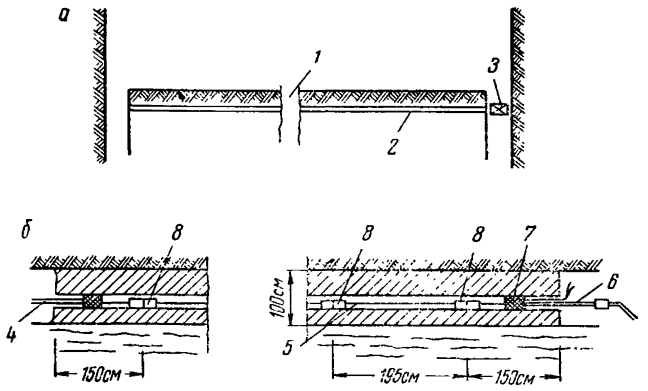


Рис. 62. Замена нескольких шпуров в забое одним длинным шпуром, пробуренным по подвиганию и параллельно забою:

а — общий вид; *б* — детали плана; *1* — линия наименьшего сопротивления 1 *м*; *2* — шпур, параллельный забою; *3* — бурильная машина; *4* — расширяющийся затвор; *5* — тэновый детонирующий шнур; *6* — нагнетательная труба; *7* — водяной затвор; *8* — заряды ВВ по 450 *г* каждый

В некоторых случаях повышение степени безопасности работ достигается посредством дополнительной системы блокировки, исключающей взрывание шпура до образования в нем необходимого давления воды.

Водяные патроны

Водяные патроны в последнее время находят применение во многих угольных шахтах. Наряду с улучшением качества отбойки и экономным расходованием ВВ, использование пластмассовых патронов, наполненных водой, привело к значительному уменьшению пыли, образующейся при взрывании шпуров. Вода наливается в пластмассовые патроны длиной до 50 *см*, имеющие форму трубы. Патроны могут наполняться водой на месте работы или доставляться в забой в готовом виде. Они вводятся в шпур вместе с зарядом и закрываются достаточным количеством забоечного материала.

Проводились опыты с размещением водяного патрона позади заряда, по его длине и по одному патрону с обоих концов заряда. Последняя схема оказалась наилучшей. В широких масштабах опыты проводились в шахтах ФРГ, Бельгии и Англии. В одной серии опытов использовались водяные патроны, сделанные из трубок ПВХ

(поливинилхлорида) диаметром от 36 до 38 *мм*, длиной приблизительно 35 *см*, емкостью 300 *см*³ жидкости. Жидкость в данном случае состояла из 5%-ного водного раствора хлористого натрия с добавлением небольшого количества углекислого натрия. Трубки закрывались специальным образом и удерживались в шпурах с помощью клиньев.

Недавно сконструированный водяной патрон, сделанный также из ПВХ, снабжен самозакрывающимся клапаном, позволяющим вводить патрон в шпур на конце водяной трубы, предусмотренной для подачи воды. При включении воды патрон раздувается и труба может

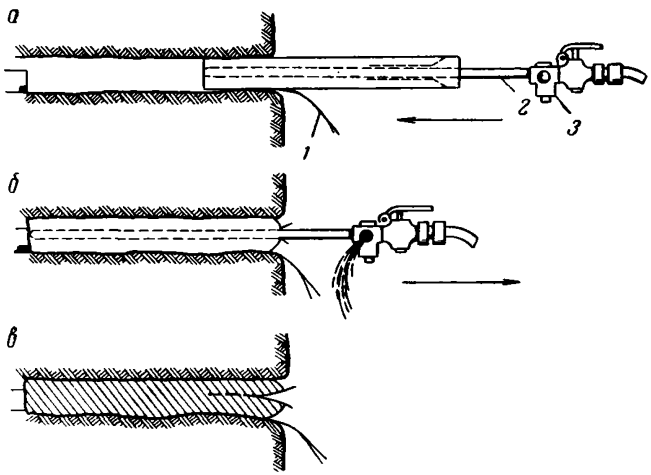


Рис. 63. Самозакрывающийся водяной патрон «Паризис»:

а — ввод в шпур; *б* — патрон заполнен, выпускной клапан в действии; *в* — водяная труба вынута, клапан закрыт; *1* — детонирующий шнур; *2* — водяная труба; *3* — предохранительный клапан

быть вынута, не вызывая каких-либо потерь давления, которое поддерживается в результате осуществляемого в поливинилхлоридной трубке процесса самозапирания. Дополнительное оборудование водопровода регулирующим клапаном позволяет устанавливать давление в патроне в пределах любой заданной величины (рис. 63). В результате применения таких водяных патронов при взрывании шпуров достигается снижение пылеобразования от 40 до 60%. Кроме того, данный метод уменьшает опасность воспламенения гремучего газа и угольной пыли и повышает эффективность взрывных работ. Патроны этого типа используются также для взрывания шпуров по породе.

Интересно отметить, что при одном контрольном испытании количество воды, примененное в водяных патронах, составило только 4,6 *л*, тогда как в режиме работы с водяной завесой для подавления пыли в течение 20 *мин* было израсходовано 1200 *л*.

Туман

Самый старый способ борьбы с пылью, образующейся при взрывных работах, заключается в создании на одном участке подземной выработки водяного тумана, который до и во время взрывания шпу-

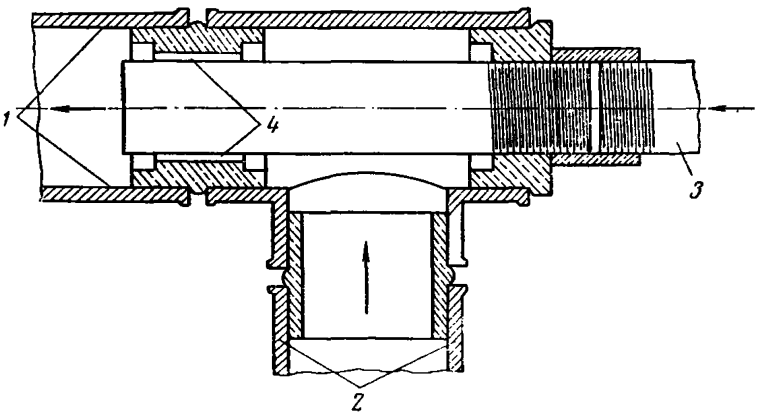


Рис. 64. Воздушно-водяные форсунки для образования тумана — простые оросители:

1 — нагнетательная труба; *2* — подвод сжатого воздуха; *3* — подвод воды; *4* — кольцеобразное отверстие для воздуха, равное 15 *мм* (минимально)

ров переходит во взвешенное состояние, а затем помогает осаждению пыли и продуктов взрыва. Туман подается по направлению к забою выработки через воздушно-водяную форсунку, называемую иногда оросителем, два типа которой изображены на рис. 64 и 65.

Данный способ можно использовать как при нагнетательной, так и всасывающей вентиляции в большинстве подготовительных или нарезных выработок (рис. 66). В штреке следует устанавливать одну или

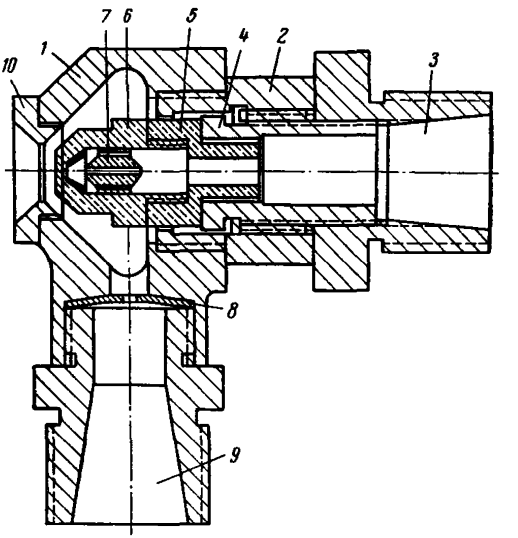


Рис. 65. Воздушно-водяные форсунки для образования тумана — модель БЕФ

1 — корпус; *2* — гильза; *3* — подвод воды; *4* — регулировочная муфта с резьбой; *5* — основание мундштука; *6* — мундштук; *7* — вихревое движение; *8* — диск; *9* — подвод сжатого воздуха; *10* — эжектор для конического распылителя

несколько форсунок, которые должны быть включены перед началом взрывания шпуров и оставаться включенными по меньшей мере 20—30 *мин* после взрывания. Этот метод широко применялся

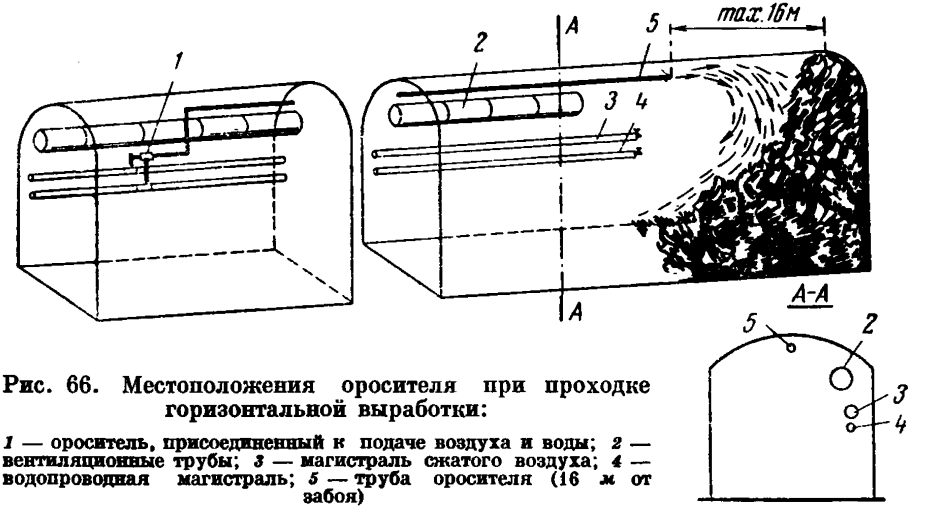


Рис. 66. Местоположения оросителя при проходке горизонтальной выработки:

1 — ороситель, присоединенный к подаче воздуха и воды; *2* — вентиляционные трубы; *3* — магистраль сжатого воздуха; *4* — водопроводная магистраль; *5* — труба оросителя (16 *м* от забоя)

в шахтах Рурского бассейна под названием «взрывание с туманной завесой», где использовались форсунки, создающие зону тумана на расстоянии по меньшей мере 30 *м* от забоя; эффективность метода

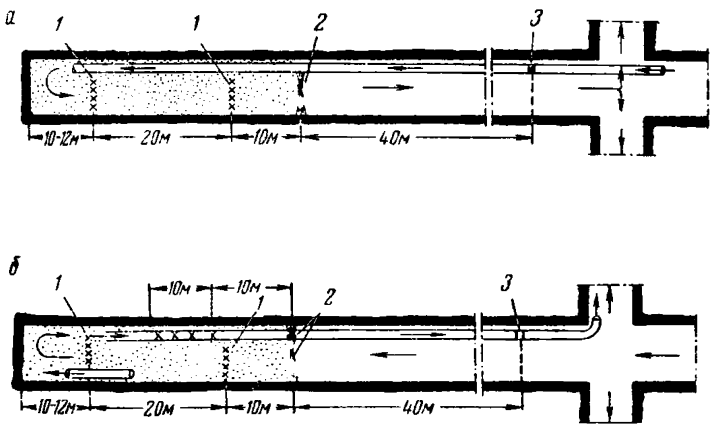


Рис. 67. Взрывание с туманной завесой:

а — нагнетательная вентиляция; *б* — всасывающая вентиляция; *1* — туманообразователи; *2* — оросители; *3* — вентилятор

повышалась путем установки дополнительных оросителей, расположенных в исходящей вентиляционной струе для осаждения остаточной пыли в смеси туман — пыль, поступающей из забоя.

На рис. 67 показаны устройства с нагнетательным и всасывающим проветриванием.

В эксплуатацию была введена еще другая система, назначение которой заключалось в замене второй зоны осаждения с помощью туманной завесы некоторым количеством кольцевых фильтров «Рашига», каждый из которых орошался форсункой с подачей около 20 *л* воды в минуту (рис. 68).

Керамические кольца фильтровальных дисков устроены так, что, находясь в нерабочем состоянии, они могут быть повернуты под углом 90° или опущены в контейнер на дне трубопровода, снижая таким образом сопротивление воздушному потоку. Диаметр части

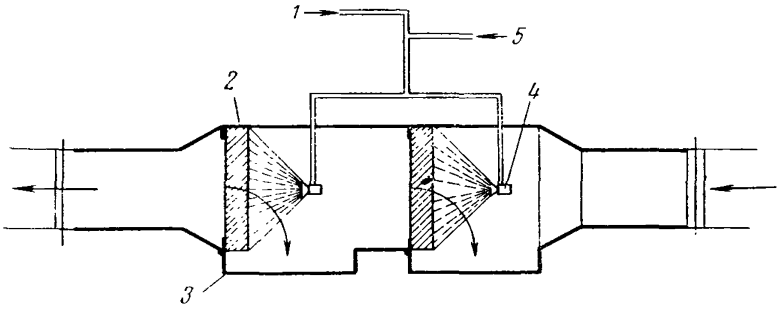


Рис. 68. Пылеосаждение в вентиляционной трубе для отработанного воздуха:

1 — поступление воздуха; *2* — местоположение фильтра во время пылеосаждения; *3* — углубление (ниша) для фильтра, когда он не используется; *4* — форсунка; *5* — поступление воды

трубопровода, в котором устанавливаются диски, должен быть в два раза больше остальной части трубопровода, чтобы во время взрывания шпуров могло поступать достаточное количество воздуха.

Сухое пылеосаждение в фильтрах

Осаждение пыли из продуктов взрыва может быть осуществлено также посредством сухих фильтров, наиболее эффективными из которых в настоящее время являются рукавные фильтры (до 99% при подсчете частиц в пределах крупности вдыхаемой пыли). Некоторые типы этих фильтров описаны в главе V; сконструированы специальные передвижные фильтры для борьбы с пылью во время взрывания шпуров, которые изображены на рис. 69 и 70.

Указанные фильтры выполнены в виде компактных агрегатов, которые могут устанавливаться в ограниченных пространствах, как это часто бывает в штреках, не требуя проведения дополнительных проходческих работ. Удаление собранной пыли с ткани производится путем встряхивания или выколачивания; при этом пыль падает вниз

в пылесборник, из которого она может быть удалена в мешках или с помощью воды.

Несмотря на высокую эффективность, которая достигается с помощью матерчатых фильтров даже в отношении самых мельчайших

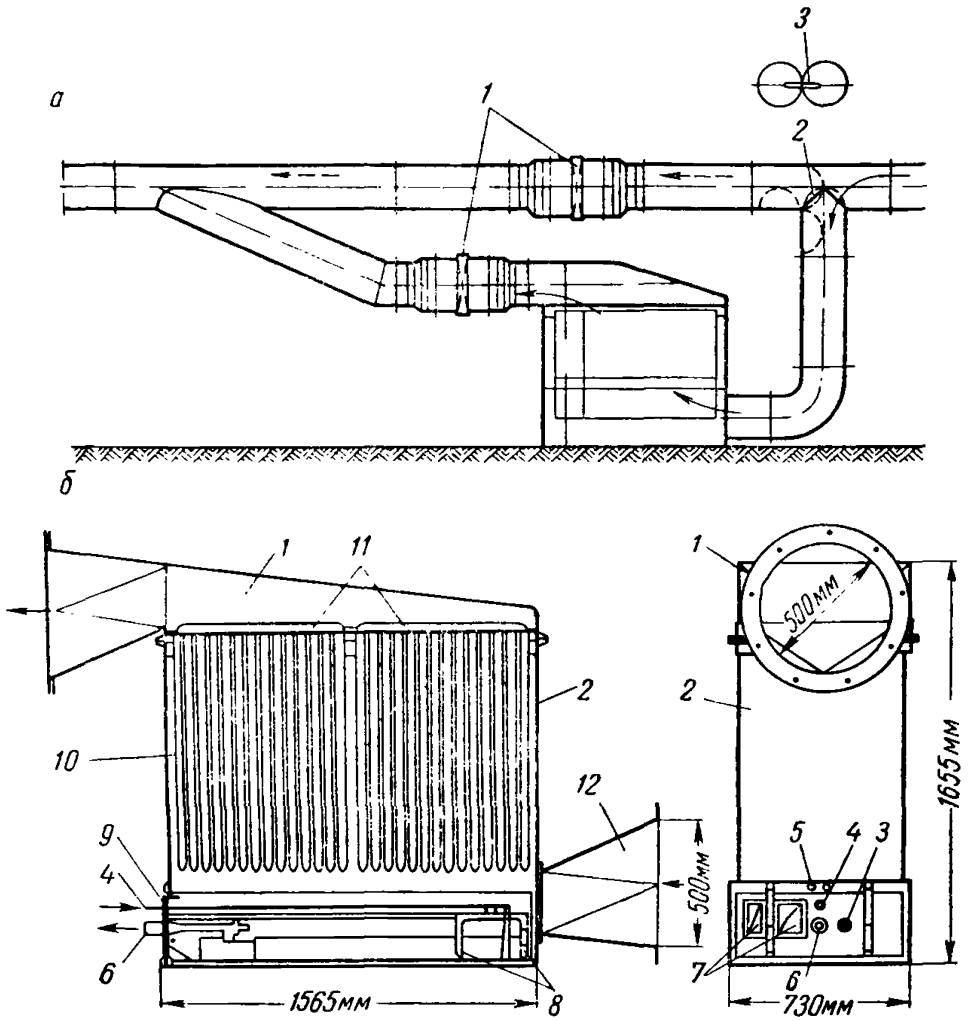


Рис. 69. Передвижной пылеулавливающий фильтр, применяемый после взрывных работ:

а — общая схема: *1* — вентиляторы с пневматическим приводом; *2* — автоматически закрывающаяся двухстворчатая дверь; *3* — деталь автоматически закрывающейся двери; *б* — разрез и вид фильтра с торца: *1* — покрытие; *2* — корпус; *3* — подвод сжатого воздуха; *4* — подвод воды; *5* — кнопки управления встряхивателем; *6* — выпуск шлама; *7* — смотровые отверстия; *8* — оросители со скребком; *9* — лоток для пыли; *10* — ткань фильтра; *11* — поддерживающие перекладины; *12* — приемное отверстие

частиц пыли, необходима некоторая осторожность при их использовании во время взрывных работ. Нельзя не видеть, что даже при эффективности, равной 99%, концентрация пыли, достигающая 25 000 частиц размером менее 5 *мк* на 1 *см*^{3}, будет снижена только до 250 частиц на 1 *см*^{3} и это лишь при условии, что фильтр работает

безукоризненно. Такие высокие концентрации пыли встречаются, вероятно, даже после очистки пыли в фильтрах. Помимо этого, в результате большого количества пыли, образующейся при взрывных работах, фильтры могут оказаться забитыми и полностью выведен-

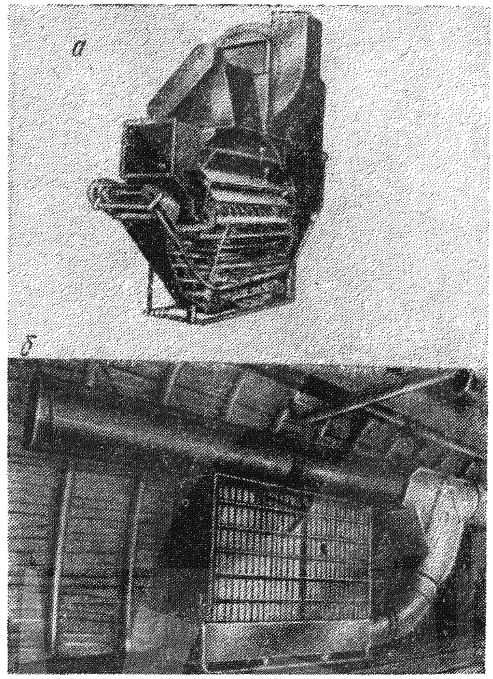


Рис. 70. Пылеулавливающий фильтр малого типа *а* и установка пылеулавливающего фильтра в откаточной выработке *б*

ными из строя. Следовательно, применение фильтров для указанных целей должно находиться под тщательным наблюдением и может быть рекомендовано только тогда, когда объем проводимых взрывных работ не является чрезмерно большим.

ГЛАВА IX

ВЫЕМКА УГЛЯ

Непосредственным местом выемки угля в шахте является забой, и здесь проблема борьбы с пылью требует самого тщательного изучения. Большинство пород, в которых ведутся горные работы, содержит свободную двуокись кремния; в угольных шахтах пыль хотя и состоит преимущественно из угля, но бывает смешана с пылью из прилегающих пород, образующейся при бурении, выемке прослойков, закладке и в некоторых случаях при зарубке. В предупреждении или уменьшении той опасности, которой мог бы подвергнуться персонал вследствие действия пыли, удовлетворительные результаты могут быть достигнуты только путем подавления пыли у источников ее образования.

В развитии угледобывающей промышленности за последние годы наметилась тенденция к концентрации производства и достижению более высоких скоростей подвигания забоя. Эта тенденция, сопровождающаяся возрастающим развитием и применением механизации, требует еще большего внимания к методам борьбы с пылью.

По источникам образования пыль, поступающая в воздух во время работ в угольном забое, в общих чертах может быть отнесена к трем группам: пыль, образующаяся в ненарушенном массиве в силу сдвижения пород; пыль, создаваемая собственно операциями по выемке угля, и пыль, образующаяся в результате вспомогательных работ в забое. Настоящая глава посвящается главным образом первым двум группам; третья рассматривается в главе X в части, касающейся транспорта полезных ископаемых и породы.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Образование угольной мелочи и тонкодисперсных частиц пыли неотделимо от процесса отбойки угля при любом методе. Количество образующейся пыли и размеры частиц зависят от физических свойств угля, условий залегания пласта, подготовки забоя к выемке, типа

угледобывающей машины, ее пригодности для данного вида работ и — что наиболее существенно — состояния режущих органов и общей эффективности машины.

Физические свойства угля

Способность крошиться, тонкослоистая структура и связанная пыль — вот некоторые из физических особенностей, имеющих отношение к количеству и виду угольной мелочи и пыли, образующихся при данном методе разработки. Кроме пыли из трещин, угольный пласт во время выемочных работ может выделять связанную пыль вследствие хрупкости пласта и специфических особенностей принятого метода механизированной выемки. Для борьбы со связанной пылью можно применять нагнетание воды в пласт до начала выемочных работ, но эффективность этого мероприятия будет определяться физическими свойствами угля, трещиноватостью и системой кливажа.

Условия залегания пласта и горнотехнические условия в рабочем забое

Фактором, определяющим образование пыли при разработке данного пласта, является его хрупкость. Развитие системы кливажа также будет способствовать пылеобразованию, а нарушения в напластованиях в частично выработанных пространствах могут создать условия сильной запыленности, которые не имели бы места в забое при проходке по нетронутому массиву. С другой стороны, особенности системы кливажа могут сказаться и в снижении степени измельчения, происходящего в процессе механизированной выемки угля из пласта. Следует подчеркнуть важное значение тщательного изучения условий напластования и предполагаемого способа крепления с тем, чтобы он соответствовал характерным особенностям пласта и методу разработки, который будет применяться.

Что касается рабочего забоя, то образование в нем большого количества излишней пыли можно предотвратить, обеспечивая надлежащую очистку почвы пласта от угольной мелочи и других загромождений.

Угледобывающая машина

Поскольку выбор машины диктуется соображениями эксплуатационного порядка, необходимо отнестись с вниманием к ее пригодности для работы в условиях данного забоя и пласта с тем, чтобы не имели места процессы истирания и измельчения угля, которые не являются сами по себе неизбежными и которые способствуют образованию пыли в дополнение той, которая возникает в процессе основной работы машины.

Наиболее важными деталями каждой машины являются ее режущие инструменты, или зубки. Состояние зубков и их правильная установка и заточка имеют важное значение, где бы они ни были

смонтированы: на цепях, дисках, барабанах или любом другом вращающемся органе. Одной из самых распространенных причин образования излишней тонкодисперсной пыли является использование затупленных зубков.

Поддержание машины в должном состоянии должно осуществляться в порядке регулярного обслуживания, так как эксплуатация неисправных стругов или неполадки в машине могут привести к врезанию в кровлю или почву или вызвать возврат измельченного угля, связанного с повышением вредного действия пыли.

УПРАВЛЕНИЕ КРОВЛЕЙ И ЕЕ ПОДДЕРЖАНИЕ

Не следует упускать из виду важное значение правильного управления кровлей и соответствующего ее поддержания как факторов, помогающих предотвращать пылеобразование. Проведенные в этом направлении опыты в одном случае показали, что уменьшение осадки кровли между забоем и краем выработанного пространства в системе разработки с выемкой лавами на 43% дает в результате снижение средней концентрации взвешенной пыли с 1400 до 650 частиц на 1 $см^3$ (измерения проводились с помощью термопреципитатора). По-видимому, и во второй серии проб отношение количества очень мелких частиц было сниженным. В отношении выемки целиков важное значение имеет выверка прямолинейности, что необходимо для достижения равномерного и полного обрушения. Если отдельные целики остаются на месте, неразработанные части угольного пласта будут испытывать чрезмерно высокое давление с повышенным пылеобразованием.

Наряду с проведением тщательного наблюдения за состоянием пород во время работ по выемке угля может быть достигнуто уменьшение пылеобразования путем нагнетания воды в пласт. Этот способ позволяет воде проникать в плоскости кливажа и вызывать разламывание угля, смачивая при этом содержащуюся в нем пыль и предотвращая поступление ее в воздух при продолжении работ по выемке угля. Способу нагнетания воды в пласт посвящен один из подразделов этой главы.

ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ОТБОЙНЫЕ МОЛОТКИ

Пневматические отбойные молотки находят широкое применение в связи с механизированной выемкой угля как средство, заменяющее взрывание, а иногда, в более мягких пластах, используются как заменители механической подрубки угля. Они применяются также при подрывке почвы или кровли по мягкой породе в штреках и других выработках.

Пыль при работе пневматическими отбойными молотками образуется главным образом вследствие разрушения ископаемого на конце пики молотка при ударе. Значительное количество пыли может

перейти во взвешенное состояние через выхлоп молотка или вследствие утечки воздуха, что может вызвать взметывание пыли, уже осевшей в окружающем пространстве; третьей причиной, во многом влияющей на образование пыли, может быть падение ископаемого на подошву выработки после отбойки. Наряду с внедрением мероприятий по снижению пылеобразования при указанных процессах проводилось тщательное изучение конструкции отбойного молотка и методов использования воды в комплексе с ними.

Конструкция отбойного молотка

Пылеобразование на пике отбойного молотка определяется в основном эффективностью резания. Острая сталь и соответствующая сила удара не только снижают образование пыли на единицу выполненной работы, но сокращают также время, затрачиваемое для достижения равных результатов. Тщательный технический уход

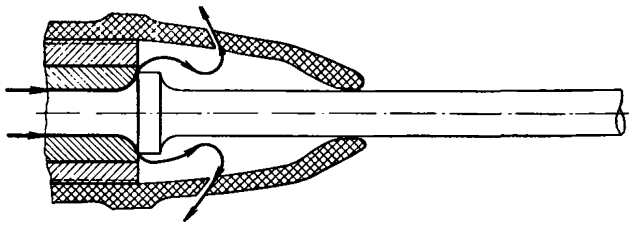


Рис. 71. Буродержатель с отверстиями, отклоняющий выход воздуха от забоя

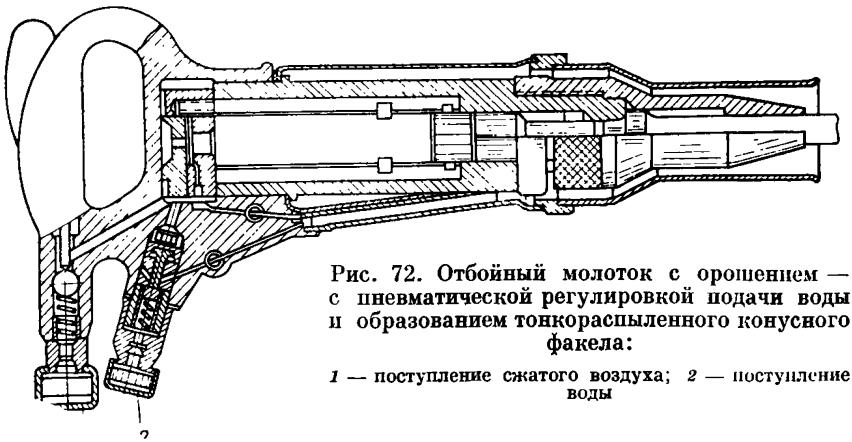


Рис. 72. Отбойный молоток с орошением — с пневматической регулировкой подачи воды и образованием тонкораспыленного конусного факела:

1 — поступление сжатого воздуха; *2* — поступление воды

за молотками и обеспечение их соответствующей сталью имеют большое значение в предупреждении чрезмерного пылеобразования.

Снижение завихрений пыли при выходе воздуха на выхлопе, равно как и при утечке воздуха, — это вопрос тщательного

конструктивного выполнения. Скорость выпуска воздуха на выхлопе должна быть по возможности низкой, а воздушная струя должна отклоняться так, чтобы не быть направленной на подошву или на забой. Утечка образуется обычно в результате прохождения воздуха через молоток и движения его параллельно пике, вследствие чего создается источник возможного пылеобразования. Указанная утечка отражается на производительности молотка, однако в практических условиях устранить ее полностью невозможно. Для отклонения воздушного потока были испытаны различные средства, включая применение резиновых дисков или щитов на пике, а также внутренних уплотнений в колпаке. Ни одно из этих мероприятий не оказа-

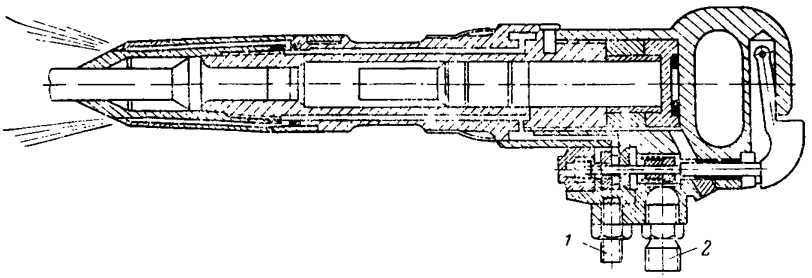


Рис. 73. Отбойный молоток с орошением с механической блокировкой подачи воды *1* и сжатого воздуха *2*

лось достаточно эффективным; внутренние уплотнения снижают к тому же эффективность работы отбойного молотка и производительность его по выемке угля (рис. 71, 72 и 73).

Применение воды

Ввиду указанных выше недостатков при работе пневматических отбойных молотков необходимо принимать меры для подавления пыли. Для этой цели применяется орошение места внедрения пики в пласт с помощью шланга (вручную), использование наружных приспособлений с целью применения воды и внутренняя подача воды.

В первых вариантах такого рода конструкций применялась только одна форсунка для подачи воды на острие пики, но лучшие результаты были получены при нескольких форсунках, установленных таким образом, что они создавали вокруг острия пики водяной конус. В целях устранения возможности работы молотка без воды подача ее к пике контролируется комбинированным воздушно-водяным клапаном, через который должно подаваться определенное или меняющееся количество воды в течение всего времени нахождения отбойного молотка в работе. Возможность регулирования количества воды имеет преимущество, например, в пластах мягкого угля, где

отбойный молоток может отделить большое количество отслоившегося угля с возможно меньшим пылеобразованием.

По поводу применения отбойных молотков с орошением высказывались замечания, что при этом способе забойщик работает в мокрых условиях. Это может иметь место в случае утечки воды в системе подачи ее в молоток или при разлете брызг воды от поверхности забоя. Многого можно избежать путем тщательного обслуживания и регулирования давления воды, а практический опыт подскажет забойщику пути преодоления возникающих при этом первоначальных трудностей. Некоторые типы отбойных молотков снабжаются кожухами или другими приспособлениями для отвода воды в сторону от забойщика.

Отбойным молоткам с орошением приписывают разные недостатки, и против них существует довольно широко распространенное предубеждение. К недостаткам относят дополнительные загромождения водяных соединений и особые трудности в обслуживании, вытекающие из самой сущности использования воды. Тем не менее в последние годы отбойные молотки с орошением нашли широкое применение и тем самым внесли ценный вклад в дело борьбы с пылью.

Отбойные молотки с туманообразованием

Имеется конструкция отбойного молотка с подачей воздушно-водяной смеси к точке внедрения пики. Такие молотки не могут быть рекомендованы, так как пылеподавляющая способность их оказалась неудовлетворительной.

Условия применения

Отбойные молотки с орошением могут применяться при выемке угля как на пологих, так и крутых пластах. Наиболее успешно они используются на тонких пластах и пластах средней мощности, где забойщику не приходится поднимать молоток выше уровня плеч. Успешно они применяются также при подрывке угля, где проведенные в известных условиях опыты показали снижение пылеобразования более чем на 90%; подобные же благоприятные результаты были получены при использовании таких молотков для устройства лунок под стойки и на других работах в твердых породах.

ВРУБОВЫЕ МАШИНЫ

Все врубовые и угледобывающие машины физически разрушают уголь. Движущиеся режущие зубки, смонтированные на цепях, дисках или барабанах, создают чрезвычайно сильное истирание ископаемого, в связи с чем может возникнуть серьезная проблема пылеобразования. При этом существуют также и дополнительные источники возникновения пыли: при падении угля может образоваться пыль и поступать в атмосферу; в случае применения машин

с пневматическим приводом пыль может захватываться и взметываться в воздух на выхлопе воздуха из машины или подниматься в воздух при передвижениях самих машин.

Мокрая зарубка

Уже в начальный период применения врубовых угольных машин, в результате возникновения при этом острой необходимости борьбы с пылеобразованием, была учтена возможность использования воды. Первые попытки, заключавшиеся в применении воды в виде орошения вручную, оказались недостаточно эффективными в борьбе с массовым образованием угольной мелочи.

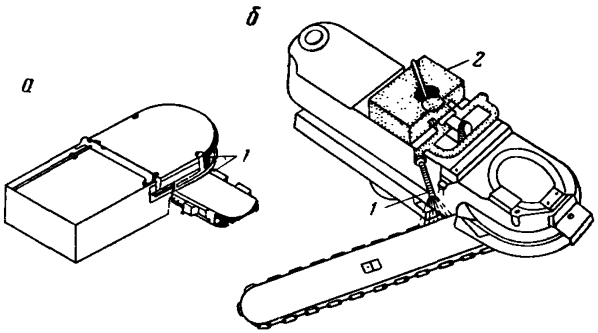


Рис. 74. Наружные оросители на врубовых машинах:
а — для длинных забоев; *б* — с дуговым врубом; *1* — оросители; *2* — бак для воды

За этими экспериментами последовало применение «наружных» оросителей, которые устанавливались на соответствующих частях машины и направляли создаваемую ими струю воды на вруб или режущую цепь. Лучшие результаты были получены при направлении воды вниз, к пунктам, лежащим вблизи основания зубков на стороне бара, где цепь входит в щель вруба, в который таким образом поступают вода и шлам. Ударное действие второй струи, направляемой на выходящую цепь, способствует достижению хороших результатов (рис. 74).

Для получения более однородной смеси воды с пылью делались попытки установить оросители в баре врубовой машины, но трудности, связанные с блокировкой подачи воды и закупоркой форсунок, на протяжении нескольких лет служили помехой на пути внедрения этой системы в практику. Сам по себе этот принцип применим для баров нижней и верхней зарубки, а также и для вертикального вруба; и особенно для машин с электроприводом, когда из соображений безопасности наружное применение воды в известных условиях является нежелательным. Наряду со своей основной функцией подавления пыли вода, направляемая на острия зубков, во

время процесса резания может также в известной мере рассматриваться как замедлитель воспламенения вследствие искрообразования от трения (рис. 75).

Одним из наиболее эффективных способов снижения пылеобразования при резании является применение пылеподавляющего бара, конструкция которого была разработана техническим центром национального угольного совета Англии. Этот бар оборудован внутренней подачей воды; эффективность его в отношении снижения количества вдыхаемой пыли по сравнению с сухим резанием достигает от 13 до 60%. Бар оборудован гибким нейлоновым шлангом, по которому

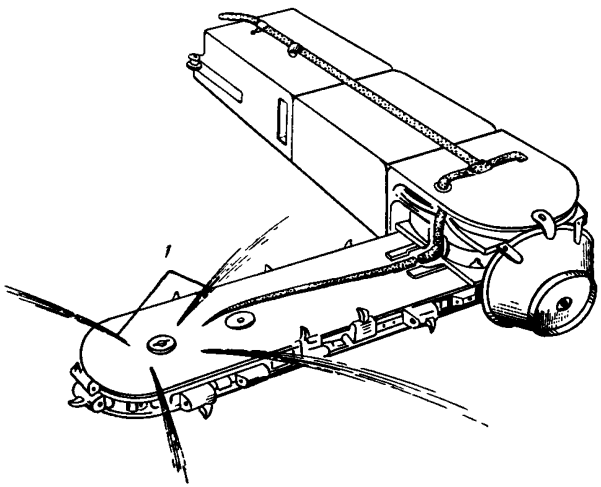


Рис. 75. Зарубной бар с внутренней подачей воды:
1 — оросители

вода из машины поступает в резервуар в передней части бара, откуда она через прорези в верхней плите выбрасывается наружу. В нормальном режиме резания максимальный расход воды составляет 15 *л/мин* (рис. 76).

При использовании воды в работах по подрубке с практической точки зрения важно, чтобы регулирование подачи воды осуществлялось в самой машине. При отсутствии этой предпосылки машинист может поддаться соблазну работать без орошения, всухую или, в другом случае, может иметь место тенденция к чрезмерному увлажнению и бесполезной трате воды во время возможных остановок машины.

В связи с применением способов мокрой зарубки следует напомнить еще об одном обстоятельстве: в то время как значительное снижение запыленности, вероятно порядка 80%, может быть достигнуто за счет крупных фракций взвешенной пыли, эффективность указанных выше методов в отношении подавления вдыхаемых

частиц пыли размером менее 5 *мк* значительно ниже, что объясняется быстрым уменьшением смачивающей способности воды по отношению к частицам данных размеров, о чем было сказано в главе III.

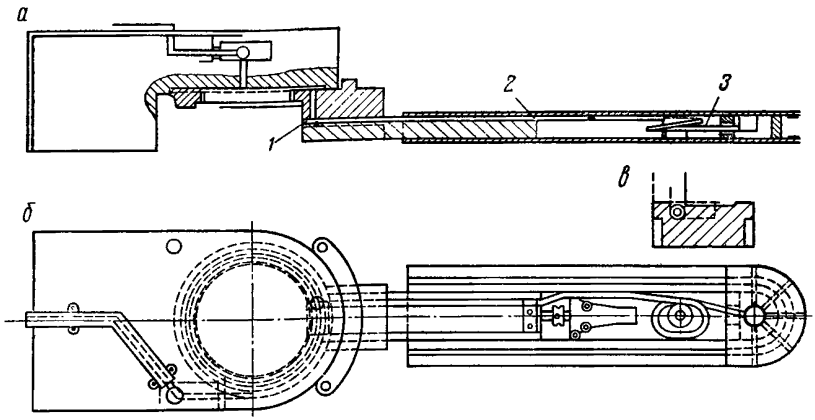


Рис. 76. Бар СЕЕ для врубовых работ с орошением:

а — поперечный разрез; *б* — вид сверху, верхняя плита удалена с бара; *в* — поперечный разрез колонки бара; *1* — подвод воды, осуществляемый автоматически с помощью кольца «0»; *2* — стальная труба с наружным диаметром 9 *мм*; *3* — гибкая труба.
(Вода из режущей головки подается к бару через кольцеобразные канавки, вырезанные в передней части подвесных кронштейнов бара, и закрывается с помощью колец «0» с каждой стороны. Тройник с автоматически закрывающимся клапаном)

Прочие факторы, влияющие на пылеобразование

Как скорость резания, так и размеры частиц образующейся при подрубке мелочи зависят от качества заточки зубков, их конструкции и ухода за ними. Затупленные режущие кромки зубков вызывают образование больших количеств более мелкой пыли, чем острые, а неправильная установка или недостача зубков, пуск в работу деформированного или находящегося в запущенном состоянии бара отрицательно влияют на эффективность резания, наряду с возрастанием при этом соотношения тонкодисперсных частиц пыли к крупным фракциям. Поэтому внимание, которое следует уделять этим вопросам, является столь же важным фактором, как и мероприятия по предотвращению перехода пыли во взвешенное состояние.

Врубовые машины сконструированы для применения их на различной высоте в угольном забое. Для вруба выше основного горизонта вода должна поступать через бар так, чтобы струя ударяла на вруб, и должны применяться вытяжные колпаки или желоба для направления угольной мелочи на подошву или конвейер с тем, чтобы не допустить поступления в воздух тонкодисперсной пыли в количестве, превышающем неизбежный минимум. Если работы по подрубке производятся на основном горизонте, рекомендуется применение штыбоуборочных устройств, значительно снижающих рециркуляцию и дальнейшее истирание угольнои мелочи цепями.

В случаях применения машин с пневматическим приводом необходимы мероприятия по обеспечению выпуска воздуха из выхлопа с таким расчетом, чтобы при этом не создавалась возможность поднятия пыли в воздух с подошвы или других близлежащих поверхностей. В этом отношении применение врубовых машин с электроприводом имеет известное преимущество.

Исследования в данной области охватывали и другие факторы, играющие роль в пылеобразовании, а именно: изменения в глубине вруба, скорость режущего зубка, а также возможность использования вытяжной вентиляции для улавливания тонкодисперсных частиц пыли. Было установлено, что пылеобразование меняется в зависимости от вида угля, его «смачиваемости» и что при работах по тонким породным прослойкам достигает, по-видимому, даже более высоких пределов, чем при выемке угля. Дальнейшие изыскания по существу затронутых вопросов и изучение процесса улавливания частиц пыли водой, с проведением практических опытов в подземных условиях, будут способствовать совершенствованию методов борьбы с пылью при выемке угля, а также при использовании всех типов машин, в которых применяются зубки с высокими скоростями резания для отбойки угля и пород.

Водоснабжение

Большое значение имеет бесперебойная подача чистой воды в каждый механизированный забой при соответствующем ее давлении порядка 4—7 *кГ/см*^{2}, хотя могут применяться и более высокие давления. Расположению системы водоснабжения и техническому уходу

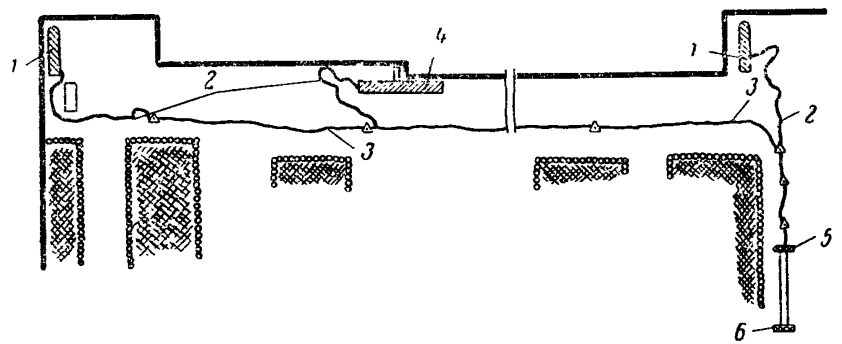


Рис. 77. Система водоснабжения в угольном забое:

1 — врубовая машина; *2* — гибкий шланг; *3* — шланг высокого давления длиной 20 *м*; *4* — врубо-погрузочная машина; *5* — редукционный клапан и предохранительный клапан; *6* — запорный клапан на водяной трубе

за ней необходимо уделять серьезное внимание. На водопроводе вдоль забоя должны быть предусмотрены отводы для воды, чтобы обеспечить ею движущуюся машину с помощью удлиняемых шлангов (рис. 77).

В небольших забоях и там, где производятся работы временного характера, при отсутствии водопровода водоснабжение осуществляется из баков, доставляемых машинами, или стационарных, расположенных неподалеку от места работы. К врубовым машинам вода подается небольшими насосами, смонтированными на баках.

При производстве работ с орошением очень важно избегать чрезмерного расхода воды. Слишком большое количество воды может привести к нарушениям в залегании пластов и неблагоприятно отразиться на производительности обогатительных фабрик на поверхности. Применение технических усовершенствований, о которых речь шла выше, наряду с соответствующим надзором может во многом способствовать экономному расходованию воды.

Применение пены при работах на подрубке

Проводились опыты по использованию вместо чистой воды пены, образуемой с помощью растворов смачивающих реагентов различной концентрации. Полученные результаты — с оценкой эффективности способа в отношении вдыхаемых частиц пыли — говорят лишь об ограниченном улучшении. Более эффективное подавление пыли было установлено при выемке углей с высокой степенью метаморфизма, которые с трудом поддаются смачиванию водой. Применение пены может также способствовать улучшению условий выгрузки мелочи, образующейся при подрубке, в особенности там, где вентиляционная струя сильно высушивает отбитый материал. Однако в общем применение чистой воды считают более целесообразным.

ВЫЕМОЧНЫЕ И ПОГРУЗОЧНЫЕ МАШИНЫ С МЕХАНИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ

Применение выемочных и погрузочных машин с механическим приводом создает концентрацию во времени и пространстве всех рабочих операций, которые при старых методах разработки занимали обширные пространства в горных выработках и требовали привлечения к работам различных бригад по две рабочих смены и больше. Ныне следует считаться с более интенсивным пылеобразованием, а следовательно, и мероприятия по борьбе с ним должны быть соответственно интенсифицированы.

С другой стороны, концентрация рабочих операций на более ограниченном пространстве позволяет упростить применение мероприятий по борьбе с пылью и дает возможность использовать их с большей эффективностью. Общая продолжительность действия вредной пыли на горнорабочих, отнесенная к количеству тонн отбитого угля, будет снижена, а поскольку отпадает необходимость взрывания шпуров, что служит всегда источником образования больших количеств пыли, то имеется, следовательно, еще одно преимущество.

Несмотря на то, что в конструкциях большинства упомянутых машин заложены известные основные принципы, такие, как дей-

ствие зубков в машинах барабанного типа для вертикального вруба, срезывающее или скалывающее действие, встречающееся у струговнавальщиков и в различных вариантах струговых установок, или действие многобаровой зарубки и срезывания, составить план рекомендуемых мероприятий по борьбе с пылью для каждого типа машин довольно трудно.

Каждая машина требует особого к ней подхода и изучения, с учетом условий, в которых ей приходится работать. Вместе с тем рекомендуется прилагать все усилия для оборудования машин одного типа стандартными установками водоснабжения с тем, чтобы создать основную схему борьбы с пылью, которая могла бы быть усовершенствована с уточнением деталей в соответствии со специальными требованиями.

Выбор машины

Выбор машины определяется такими соображениями, как мощность пласта и его падение, физические свойства угля, состояние кровли и почвы, вопросы транспорта, газоносность и степень измельчения угля. Применяются следующие главные типы машин:

а) врубово-навалочная машина; она похожа на обычную врубовую машину, но без бара, который заменяется барабаном с вмонтированными режущими зубками. Предусматриваются лемехи для направления отбитого угля на конвейер;

б) многобаровые машины; в них применяются два горизонтальных бара на уровне кровли и почвы и бар для вертикального вруба на конце зарубной щели. Короткий передаточный конвейер направляет вынутый уголь на забойный ленточный конвейер;

в) роторные машины; в качестве рабочего органа в них применяется ротор, который вращается в плоскости под прямым углом к забою. Зубки, смонтированные на окружности ротора, обращенной по направлению к подвиганию забоя, прорезают проход в угле, который сбрасывается на проходящий рядом конвейер;

г) струги; угольные струги работают по принципу скалывания и отделения слоя угля с подачей его в сторону и на конвейер. Модификация этого процесса зависит главным образом от глубины вруба в соотношении со скоростью передвижения;

д) существуют машины, представляющие собой комбинации двух или более указанных выше основных типов.

Знакомство с принципами работы этих машин и их эксплуатационно-техническими характеристиками имеет большое значение в деле успешного применения воды для борьбы с пылью. К факторам, которые следует при этом учитывать, относятся: изменение свойств самого угля; проведение работ по подрубке по тонким породным прослойкам; подрубка в кровлю или почву, что связано с образованием опасной пыли, которая с трудом поддается подавлению; количество одновременно проводимых операций. Наряду с этим все указанные выше машины значительно отличаются одна от другой

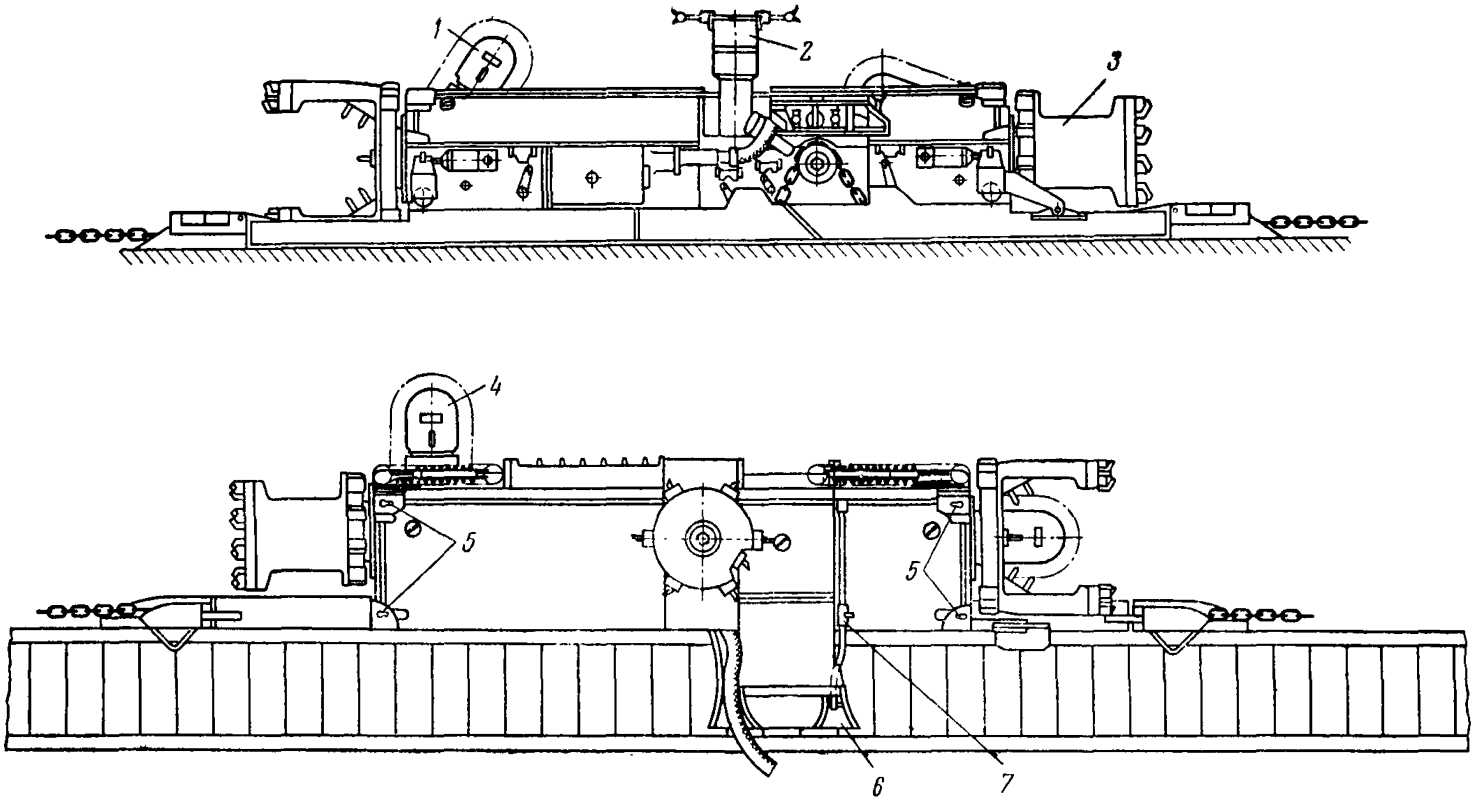


Рис. 78. Оросители для пылеподавления на комбайне Трепаннер:

1 — отрезной бар; *2* — бар для верхнего вруба; *3* — головная часть комбайна; *4* — нижний бар; *5* — водяные форсунки; *6* — проводник водяной трубы; *7* — водяной клапан и фильтр

в отношении конструктивного выполнения, действия их исполнительных органов, скорости резания и способа погрузки.

Наиболее важной задачей является установление точной степени запыленности воздуха при механизированных работах. Это вызывает необходимость проведения ряда тщательных пылевых и вентиляционных съемок, предметом изучения которых должны быть измерения концентраций пыли во взвешенном состоянии на всех этапах рабочих операций с последующим определением — с помощью пробоотбора — фактических источников образования всех видов взвешенной пыли. В конечном счете отбор проб пыли требуется также и для

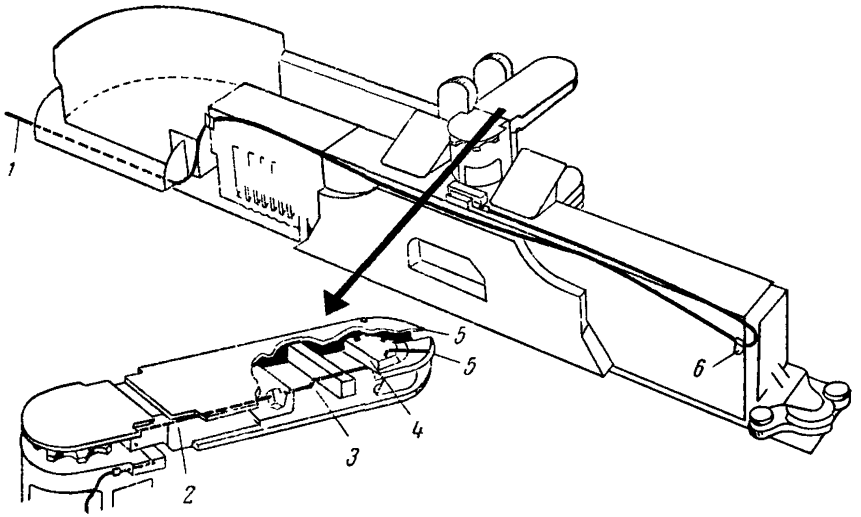


Рис. 79. Врубо-погрузочная машина Глостер Геттер, подача воды к верхнему горизонтальному бару:

1 — гибкий шланг; *2* — отверстия в колонках бара; *3* — соединитель гибкого шланга; *4* — резервуар; *5* — трубки к форсункам, укрепленные сваркой в плитах бара; *6* — регулировочный клапан для воды

проверки эффективности применяемых мероприятий по подавлению пыли. В процессе пробоотбора особое внимание следует обращать на условия запыленности вблизи бригады, обслуживающей машину, чтобы установить степень опасности, которой она подвергается от действия пыли.

Вообще считается, что при выемке угля стругами, в процессе скалывания или отделения угля слоями имеются бо́льшие возможности пылеобразования, чем при подрубке врубовыми машинами. Еще раз следует подчеркнуть важное значение материала и состояния зубков и режущих лезвий, применяемых в различных машинах, и необходимость надлежащего технического ухода за ними.

При установке оросительных устройств на машинах нужно иметь в виду, что орошение исполнительных режущих органов должно начинаться с момента внедрения их в пласт с тем, чтобы подавить

по возможности максимальное количество пыли у источника ее образования. Для этого необходимо предусматривать подачу воды под высоким давлением, до 15 *кГ/см*^{2}. Струя воды должна направляться также и на поток угля при его падении. С целью уменьшения рассеивания пыли рекомендуется использовать вытяжные колпаки и полосы

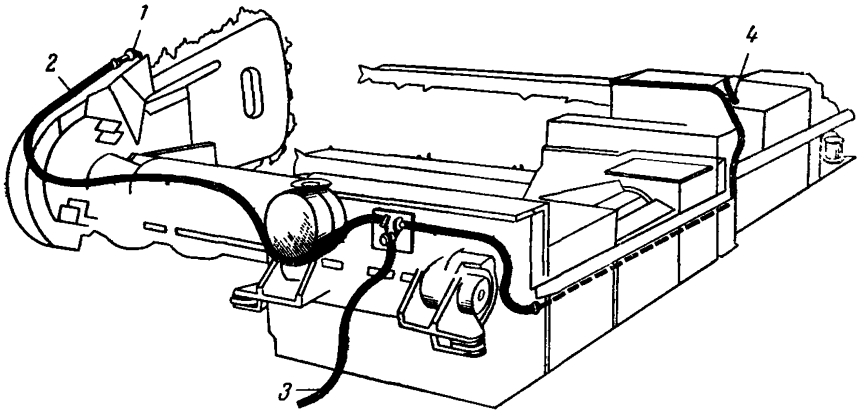


Рис. 80. Врубо-погрузочная машина Меко-Мур, подача воды к барам:

1 — форсунка, разбрызгивающая воду к верхней части вертикального вруба; *2* — гибкий шланг; *3* — присоединение от источника питания к регулировочному клапану для воды; *4* — переменное соединение

из материала конвейерных лент для отклонения вентиляционной струи. На рис. 78, 79 и 80 изображены типичные устройства оросителей для подавления пыли при работе машин в угольных забоях.

Проходческие комбайны

В этих машинах применяется одно или несколько различных режущих и скалывающих устройств в сочетании с теми или иными видами погрузочных приспособлений. Проводились также опыты с применением буровых, роторных и шнеко-буровых машин. Этот тип машин подается к забою под прямым углом и находит применение при камерно-столбовой системе разработки и на проходческих работах по углю для быстрого их проведения. Более новой тенденцией в использовании машин этого типа является применение их для ускорения работ по подрывке.

Проведенные в недавнем прошлом опыты с так называемым горным комбайном в США показали, что при этом образуются пылевые облака в призабойном пространстве и далеко позади него, вплоть до вентиляционных выработок для исходящей струи. Применение респиратора, как было установлено, являлось обязательным; видимость в головной части машины снижалась до нуля.

Улучшение этих условий было достигнуто в значительной мере за счет усовершенствованных способов применения воды, как это

отмечалось в настоящей главе, и, в частности, за счет регулируемого и улучшенного проветривания. Соответствующие ссылки по существу этого вопроса даны в главе IV. Несмотря на большое количество пыли, образующейся при работе машин этого типа, тщательно продуманная схема распределения воздуха и наличие соответствующих установок вспомогательного проветривания смогут обеспечить работу машиниста и рабочей бригады на этих машинах в условиях, фактически свободных от чрезмерных концентраций пыли; в то же время необходимо предусмотреть, чтобы пыль, поступающая в струю исходящего воздуха, улавливалась или удалялась каким-либо безопасным для здоровья способом.

НАГНЕТАНИЕ ВОДЫ В ПЛАСТ

(Метод предварительного увлажнения пласта)

Опыт разработки угля в условиях его естественного увлажнения показал, что количество образующейся при этом взвешенной пыли значительно меньше, чем при проведении работ по сухому углю. Искусственное обводнение угольного массива с целью воспроизведения естественных условий влажности для снижения пылеобразования первоначально было испытано в Германии в начале текущего столетия, причем в некоторых угольных массивах были достигнуты известные успехи.

Опыты с применением данного метода, возобновленные с 1940 г., показали, что он является наиболее эффективным средством подавления пыли, образующейся при выемке угля. Вначале этот метод применялся для смачивания главных трещин отдельностей и плоскостей кливажа путем бурения коротких скважин в забое, через которые вода подавалась под низким давлением. Применение этого способа было ограничено забоями, которые разрабатывались вручную. В дальнейшем предпринимались попытки использования повышенного давления воды в механизированных забоях, но еще и в настоящее время существуют сомнения в том, были ли эти ранние попытки успешными в отношении подачи в основную толщу угольного массива достаточного количества воды, которое могло бы повлиять на последующее образование пыли. Если пласт имеет немного или вообще не имеет слоистости или трещин, то вода не в состоянии проникнуть в него, и наоборот, если имеются большие разломы, то вода может прямо вытекать из забоя, не проникая в пласт. Таким образом, необходимо учитывать наличие сбросов или крупных дислокаций.

Ограниченные успехи, достигнутые при нагнетании воды под низким давлением, привели в последующем к попыткам использовать более высокие давления. В забоях, где отсутствовали большие разломы, было признано целесообразным бурить скважины в забое на глубину от 10 до 15 *м*, с подачей воды под давлением до 350 *кГ/см*^{2}, чтобы преодолеть начальное сопротивление пласта, т. е. до момента,

когда вода начнет течь. На этой стадии процесса давление падает, поскольку вода начинает проникать в мельчайшие изломы на довольно далеком расстоянии от забоя, создавая таким образом условия искусственного увлажнения. Целью данного способа является повышение содержания свободной влаги в пласте с запасом, достаточным для улавливания пыли в течение последующих рабочих операций.

Учитывая очевидное улучшение окружающих условий запыленности, являющееся результатом применения метода нагнетания воды, конференция экспертов Международного бюро труда по предупреждению образования и подавлению пыли при подземных разработках, проходке туннелей и на открытых горных работах в 1952 г. приняла следующую рекомендацию: «Везде, где это необходимо и практически осуществимо, в угольные забои должна нагнетаться вода перед началом выемочных работ».

Возможности применения

Нагнетание воды может быть применено во всех угольных пластах; по вполне очевидным соображениям горизонтальные пласты являются наиболее благоприятными для этой цели, так как сами по себе представляют возможность более простой схемы работ и лучшего наблюдения за процессом нагнетания. В случаях, когда кровля или почва нарушены (в результате неправильного управления кровлей), этот метод применять не следует; при наличии в шахтах высоких температур окружающих пород и сильной влажности необходимо учитывать влияние добавочного количества подаваемой воды на климатические условия в этих выработках.

Поскольку целью применения данного способа является бурение скважин в целике угля так, чтобы пересечь максимальное по возможности количество главных спайностей слоев, ясно, что направление подвигания забоя в отношении плоскостей кливажа будет оказывать значительное влияние на ход операций. Таким образом, при проектировании первоначальных планов новых горных работ должное внимание должно быть уделено вопросу установления необходимости в нагнетании воды.

Хотя способ нагнетания воды более целесообразно применять в системе разработки лавами, чем при методах высокомеханизированной выемки в камерно-столбовой системе разработки, имеются данные об успешном применении этого способа при выемке целиков обратным ходом в угольных пластах с большим давлением, которая вызывает раздавливание целиков и может способствовать чрезмерному пылеобразованию, если разработку вести обычными методами.

Результаты нагнетания воды показали целесообразность применения этого способа в известных условиях горных работ, хотя в каждом отдельном случае часто требуется особый подход к его применению. Перспективы его дальнейшего развития следует устанавливать экспериментальным путем, наряду с изучением эффекта давления воды, скорости и продолжительности подачи воды и способа бурения с тем, чтобы достичь оптимальных результатов.

Нагнетание воды в длинных забоях

Расположение скважин

Обычным методом считается бурение скважин в забой параллельно направлению подвигания. Другой способ, применяемый для пульсирующего нагнетания, заключается в бурении скважин параллельно линии забоя и приблизительно на 30 *см* впереди полосы угля, подлежащей выемке. В основу выбора расположения буровых скважин должен быть положен метод последовательных приближений. При этом следует учитывать такие факторы, как мощность, физические свойства и крепость угольного пласта, наличие и расположение породных прослойков, состояние кровли и почвы пласта и, как уже было упомянуто, линию забоя в отношении плоскостей кливажа. При наличии в забое прослойков породы они служат препятствием для распространения воды, и в этом случае скважины должны буриться наклонно таким образом, чтобы пересечь все слои угля; если это невозможно, то вода должна нагнетаться в каждый слой угля отдельно при расположении буровых скважин уступами на различной высоте забоя. На горизонтальных и пологих пластах при отсутствии породных прослойков скважины должны располагаться в верхней части забоя с тем, чтобы повысить насыщенность водой того угля, который будет падать последним при погрузке, учитывая силу тяжести, которая помогает воде стекать на почву. Во всех случаях необходимо с большой тщательностью следить за тем, чтобы скважины не проникали в кровлю или почву, что может вызвать нарушение целостности пластов с последующими трудностями в отношении управления кровлей.

Расстояние между скважинами

Расстояние между скважинами нужно выбирать с таким расчетом, чтобы зоны, смачиваемые двумя смежными скважинами, немного перекрывали друг друга. Это зависит от состояния нарушенности угля, вызванного трещинами и разломами, а также положения линии забоя в отношении плоскостей кливажа. Как показала практика, трамбование скважин может способствовать уменьшению возможности проникновения воды из соседних скважин. В некоторых каменноугольных бассейнах расстояние между скважинами принимают в среднем от 4,5 до 5,5 *м*.

Глубина скважин

Глубина скважин в забое зависит от скорости его подвигания; если между двумя последующими процессами нагнетания воды проходит слишком большой промежуток времени, то эффективность мероприятия в значительной мере снижается. Практический опыт показал, что удовлетворительные результаты получаются при

скважинах, глубина которых превышает мощность пласта на 20—30 *см*. Одни и те же скважины могут подвигаться каждый день, что сокращает количество стаканов в забое.

Бурение

Бурение скважин, диаметр которых обычно составляет около 50 *мм*, требует неослабного внимания; нельзя допускать применения изогнутых или поврежденных буров, которые могут расширить скважины и затруднить их изоляцию. Применение спиральных буров способствует очистке скважин, из которых перед началом нагнетания воды должна быть удалена вся буровая мелочь. Из соображений борьбы с пылью и облегчения очистки скважин бурение желательно производить с орошением, но чрезмерное предварительное смачивание угля в некоторых случаях может создать дополнительные трудности в отношении изоляции скважин. Обычно применяется вращательное бурение с электрическим или пневматическим приводом.

Нагнетательная труба

Она представляет собой просто двойную трубу с резиновыми прокладками на конце для создания плотной пригонки в буровой скважине и обеспечения подачи в нее воды (рис. 81).

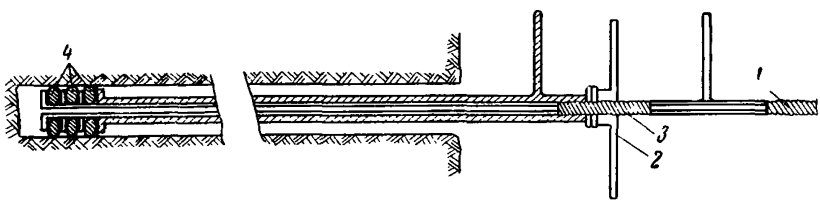


Рис. 81. Нагнетательная труба:

1 — поступление воды; *2* — рукоятка для затвора; *3* — газовая резьба; *4* — уплотняющие резиновые кольца

Были разработаны различные типы изолирующих устройств, представляющих собой резиновые шайбы или мýфты, которые могут расширяться, прижимаясь к стенкам скважины, когда наружная труба находится в движении по отношению к внутренней трубе. Существуют варианты этих устройств с вращаемым вручную винтовым затвором и с затвором, приводимым в действие передаточным механизмом с рычагом и кулаком. Имеется гидравлический затвор, обладающий тем преимуществом, что он делается более плотным по мере повышения давления воды; он приводится в действие давлением воды на поршень, находящийся в присоединенном к наружной трубе цилиндре, следствием чего является расширение резинового уплотнения.

Расположение уплотняющих устройств

Лучше всего уплотняющие устройства располагать в скважине на минимальной глубине, позволяющей производить нагнетание требуемого количества воды без выброса ее из забоя. Тщательный выбор этого месторасположения позволяет обходиться минимальным давлением нагнетаемой воды, что особенно желательно в пластах, в которых вода имеет тенденцию проникать в кровлю или почву. В медленно подвигаемых забоях уплотнение должно находиться на наименьшей по возможности глубине с тем, чтобы дать воде возможность проникнуть в зону растрескивания пласта сразу позади забоя, где образуется больше всего пыли. В более быстро подвигаемых забоях эта зона обычно захватывается предыдущим нагнетанием воды. В общих чертах наилучшим расположением для изолирующего уплотнения является глубина около 50 *см*.

Подача воды

Важным фактором является подача воды, которая требует тщательного контроля за ее давлением и количеством. В силу этого необходимо иметь в распоряжении расходомер воды и манометр. Ввиду важного значения контроля количества нагнетаемой воды оба прибора должны помещаться вместе в предохранительном ящике; наиболее целесообразным для указанных целей является расходомер, который одновременно записывает скорость течения и определяет количество поданной воды. Для предохранения этих приборов рекомендуется использование фильтров.

В нормальных условиях расход воды не должен превышать 10 *л/мин*. В мягких или нарушенных углях может возникнуть необходимость ограничить этот расход до 4 *л/мин* и даже меньше. Слишком большая скорость может вызвать отламывание угля от забоя, позволяя воде найти легкий выход и не обеспечивая должного смачивания пыли в более глубоких трещинах. Если вода нагнетается одновременно в две и более скважины, каждая нагнетательная труба должна иметь свой отдельный запорный кран с тем, чтобы можно было одну скважину закрыть, не прерывая подачи воды к другим.

Потребное давление воды меняется в широких пределах. По данным разных стран величина статического давления достигает 45 *кГ/см*^{2}. В условиях течения воды максимальное давление составляло 15 *кГ/см*^{2}, но обычное рабочее давление колебалось в пределах от 6 до 12 *кГ/см*^{2}. Практически было установлено, что вода начинает течь почти немедленно или, в случаях высокого начального сопротивления, требуется поддерживать в течение довольно продолжительного периода (до 15 *мин*) высокое статическое давление, пока сопротивление не будет преодолено и вода не начнет течь. В этот период приток воды должен составлять от 9 до 13 *л/мин*. Если вода найдет какой-либо выход, то давление ее упадет до очень

низкого уровня; по показаниям манометра можно судить о наличии другого выхода, помимо обнаженной поверхности забоя. Если это будет иметь место, нагнетание следует немедленно прекратить, так как иначе могут возникнуть повреждения кровли или почвы пласта.

Испытательное оборудование

Полезные сведения о возможности практического применения нагнетания воды в данный пласт можно получить с помощью комплекта передвижного испытательного оборудования, которое может обеспечить подачу воды до 13 *л/мин* при давлении в пределах до 70 *кГ/см*^{2}. Для проведения испытаний достаточно двух подготовленных работников, которые могут установить наиболее рациональное расположение скважин, устройство изолирующих уплотнений, давление воды и т. п. и обеспечить таким образом получение ценной информации для составления на ее основе дальнейших планов нагнетания воды. Необходимое оборудование должно включать небольшой центробежный насос с фильтром, регулировочный клапан изменения давления, приборы для измерения давления и расхода воды, водяной бак и достаточного размера шланг высокого давления.

Нагнетание воды в пласт при камерно-столбовой системе разработки

На одной шахте, разрабатывавшей пласт на глубине 500 *м*, практиковалось бурение шести скважин глубиной по 40 *м* в камере между двумя соседними целиками, размеры которых в данном случае составляли 60 × 50 *м*. Скважины бурились одним комплектом бурового оборудования быстро, последовательно, по три в каждом целике и таким образом процесс нагнетания воды в пласт не отставал от быстрого подвигания, имевшего место при данной системе разработки.

Нагнетание воды под высоким давлением

Благоприятные результаты, достигнутые при нагнетании воды под относительно низким давлением, привели к постановке опытов по использованию воды в угольном массиве под значительно более высоким давлением. Этим путем достигались:

возможность улавливания пыли в крепких углях;

возможность разрыхления таких углей с облегчением выемки при значительно меньшем объеме взрывных работ, а в некоторых случаях вообще без взрывания шпуров.

При этом методе нагнетание воды можно производить в большинстве пластов, включая даже тонкие породные прослойки, с уменьшением образования тонкодисперсной пыли до 80%. Вода нагнетается в пласт вспомогательными насосами под давлением 420 *кГ/см*^{2}, обычно одновременно в нескольких местах, что требует наличия соответствующей водопроводной сети (рис. 82). Скважины бурят

на глубину до 40 *м*, и нагнетательная труба вводится до дна скважины с использованием гидрозатвора.

Бурению скважин для нагнетания воды следует уделять серьезное внимание. Они должны располагаться через 40 *м* вдоль забоя, параллельно кровле и почве пласта и обычно немного выше средней высоты забоя, хотя на их расположение будут оказывать влияние различные слои угля и породные прослойки, если таковые имеются. Для удобства наблюдения насос должен быть установлен по возможности близко к забою, а трубопровод высокого давления оборудован запорным и предохранительным клапанами, манометром и расходомером. Все соединения должны надежно выдерживать высокие давления, а при подаче воды под высоким давлением необходимо персонал удалить с линии скважин. После нагнетания воды из забоя скважин нужно отбирать пробы буровой мелочи для анализа и определения содержания влаги.

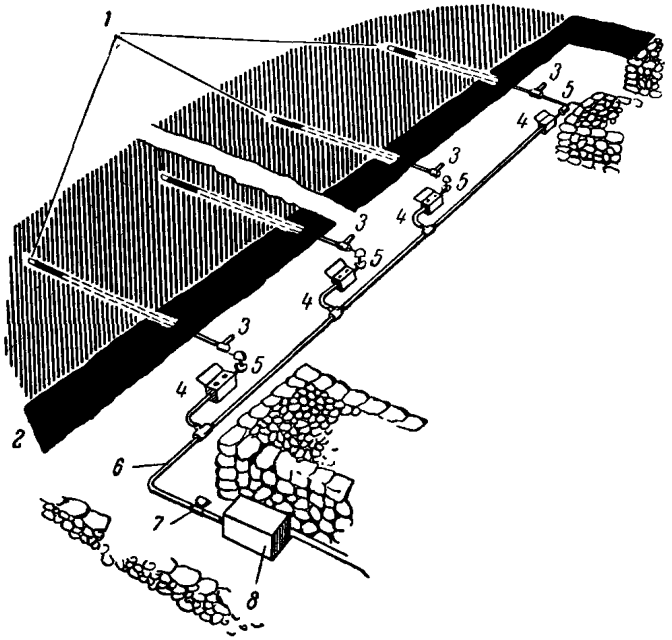


Рис. 82. Устройство для одновременного нагнетания воды в нескольких местах угольного забоя:

1 — шпуры, пробуренные по подвиганию забоя; *2* — угольный забой; *3* — предохранительный клапан; *4* — расходомер и манометр; *5* — запорный клапан; *6* — шланг высокого давления; *7* — манометр; *8* — насос

Надзор и кадры

Весьма важными предпосылками успешного применения нагнетания воды являются тщательный контроль и наличие хорошо подготовленных кадров. Специально для этой работы должны быть

подготовлены бригады из двух или трех человек; выбирать людей нужно из числа опытных горнорабочих, от которых можно ожидать правильного расположения скважин и должного контроля за процессом нагнетания воды. Важно также, чтобы объем работ, выполняемых одной бригадой, был ограничен рамками фактически возможного их выполнения и контроля. Повседневно нужно производить отбор проб пыли с тем, чтобы определять степень ее подавления, а также поддерживать или улучшать эффективность соответствующих мероприятий.

Необходимо иметь резервные кадры подготовленных лиц, чтобы в случае отсутствия по каким-либо причинам членов бригады нагнетание воды не прекращалось; необходимо всеми возможными средствами обеспечивать поддержание непрерывности процесса. После длительной остановки потребуется несколько дней для того, чтобы восстановить в забое условия нормальной влажности.

Необходимо вести тщательные записи о количестве пробуренных скважин, их расположении в забое и обо всех прочих относящихся к процессу деталях. Данные регулярных пылевых съемок сравниваются с этими записями и в случае необходимости принимаются меры по поддержанию требующегося уровня запыленности.

ЗАМЕНИТЕЛИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

В то время как в практике разработки крепких горных пород взрывная отбойка пока еще не имеет соперников, в угольных шахтах за последние годы достигнут значительный прогресс в деле освоения других технических приемов и средств для отбойки угля. Эти средства во многом содействуют безопасности работ, часто оказываются выгодными с производственной точки зрения, не образуют вредных газов и снижают пылеобразование.

Большинство этих средств основано на принципе образования давления газов в стальной трубе, сконструированной таким образом, что она допускает мгновенное распространение давления внутри буровой скважины. В результате относительно постепенного нарастания давления газов — по сравнению со взрыванием — уголь хорошо разрыхляется, в силу чего происходит меньшее пылеобразование и повышается доля крупных фракций отбиваемого угля. Многие из этих средств беспламенного взрывания допускают регулирование давления газов в соответствии с местными условиями; эта характерная особенность при правильном ее использовании в большой мере может способствовать снижению пылеобразования при отбойке.

Указанные средства имеют особо важное значение для тех шахт, где добыча угля осуществляется систематически резанием и взрыванием шпуров. В известных условиях эти средства могут применяться и для отбойки горных пород, так же как и для угля. Еще одним большим их преимуществом, наряду с уменьшением количества взвешенной пыли, является полное отсутствие опасных продуктов сгорания.

Главными из существующих средств беспламенного взрывания являются: «кардокс»; «эрдокс» или «эрмстронг»; «гидрокс»; «кемекол» и гидравлические устройства для отбойки угля.

Наибольшее распространение получили кардокс и эрдокс.

Кардокс

Кардокс был первым в числе способов, разработанных для отбойки угля без применения взрывчатых веществ. При этом способе используется углекислота, которая в стальной трубе под давлением около 140 *кГ/см*^{2} превращается в жидкость. При нагревании ее выше критической температуры, приблизительно до 31° С, она переходит в газообразное состояние. В результате быстрого повы-

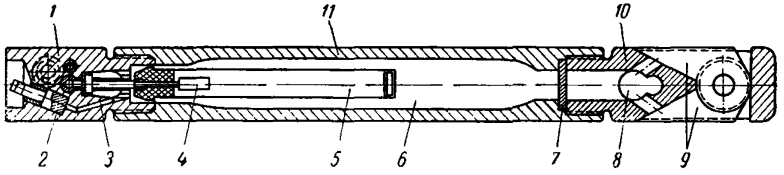


Рис. 83. Патрон кардокс:

1 — зажигательная головка; *2* — присоединение к огнепроводному шнуру; *3* — трубопровод для углекислого газа; *4* — инициирующий патрон; *5* — заряд газа; *6* — углекислый газ, заполнивший патрон; *7* — срезной диск; *8* — отверстия для выхода углекислого газа; *9* — расширяющиеся плашки; *10* — разрядная головка; *11* — цилиндр патрона

шения давления деформируется срезной диск, выпуская газ в шпур через специальные отверстия во взрывной головке и создавая силу взрыва. Давление приводит в действие две удерживающие собачки на конце патрона, зажимая его в скважине.

Патроны, которые наполняются с помощью специального компрессора, находящегося в подземной выработке или на поверхности, изготовляются различных размеров из специальной стали; они состоят из цилиндра, взрывной и разрядной головок. Толщина стенок патрона составляет от 6 до 10 *мм* в соответствии с его размером. Патроны изготовляются емкостью от 0,11 до 2,80 *кг* жидкой углекислоты (рис. 83).

Центральная часть патрона свинчивается с концевыми секциями посредством специальной газонепроницаемой резьбы.

Взрывная головка оборудована клапаном для впуска углекислоты и двумя металлическими втулками для соединений.

На разрядной головке имеются широкие отверстия для выпуска углекислоты после взрыва; конструкция этого устройства меняется в зависимости от выполнения взрывной головки. Некоторые специалисты-взрывники предпочитают применение разрядных головок без удерживающих собачек.

Нагреватель представляет собой картонную трубку, наполненную смесью различных химических веществ. Трубка закрыта

деревянным тампоном, через который пропущен один из проводов к взрывателю. Второй провод проходит между деревянным тампоном и картонной трубкой и присоединяется к стальному патрону посредством насаженного медного кольца.

Патрон взрывается электрическим током, с превращением химической смеси в нагревателе в газообразное состояние и созданием в патроне мгновенного давления порядка 2200 *ат*.

Эрдокс

Возможность использования сжатого воздуха для отбойки ископаемых была предметом изысканий еще в 1899 г., когда проводились первые опыты. Эти ранние попытки были прекращены из-за соображений экономического порядка.

В более поздние годы успешное применение патронов кардокс послужило стимулом для возобновления попыток использования сжатого воздуха, в результате которых и был создан патрон эрдокс. Применение этого патрона в широких масштабах началось в Америке, как следствие требований государственного законодательства в отношении взрывных работ, а в последующие годы распространилось в Англии и странах континентальной Европы.

Поскольку в этом случае не возникают химические процессы и отсутствует искрообразование, данный способ является безопасным даже при наличии в атмосфере рудничного газа. Воздух, сжатый приблизительно до 800 *ат* с помощью многоступенчатого компрессора, установленного в подземной выработке или на поверхности, через систему специальных трубопроводов подается к рабочему забою. При большой протяженности трубопроводов требуется резервуар для накопления достаточного количества сжатого воздуха для взрывания.

Существуют патроны различных конструкций: с затвором, осуществляемым посредством поршня (при удерживании затвора срезным штифтом, который разрушается при заданном давлении), со срезными накладками или дисками (рис. 84).

Патрон помещается в скважину и затем с безопасного расстояния открывается впускной клапан для воздуха. Когда давление достигнет заданной величины, приблизительно 770 *ат*, разрушается срезная накладка или диск и мгновенно освобождаются выхлопные отверстия в задней части патрона. Возникающее взрывоподобное расширение воздуха отбивает уголь. Патрон, таким образом, заряжается только после введения его в скважину.

Гидрокс

В гидроксе вместо жидкой углекислоты используется порошок, представляющий собой смесь азотнокислого натрия и хлористого аммония, которая при нагревании образует поваренную соль с выделением паров и азота. Преимуществом этого способа

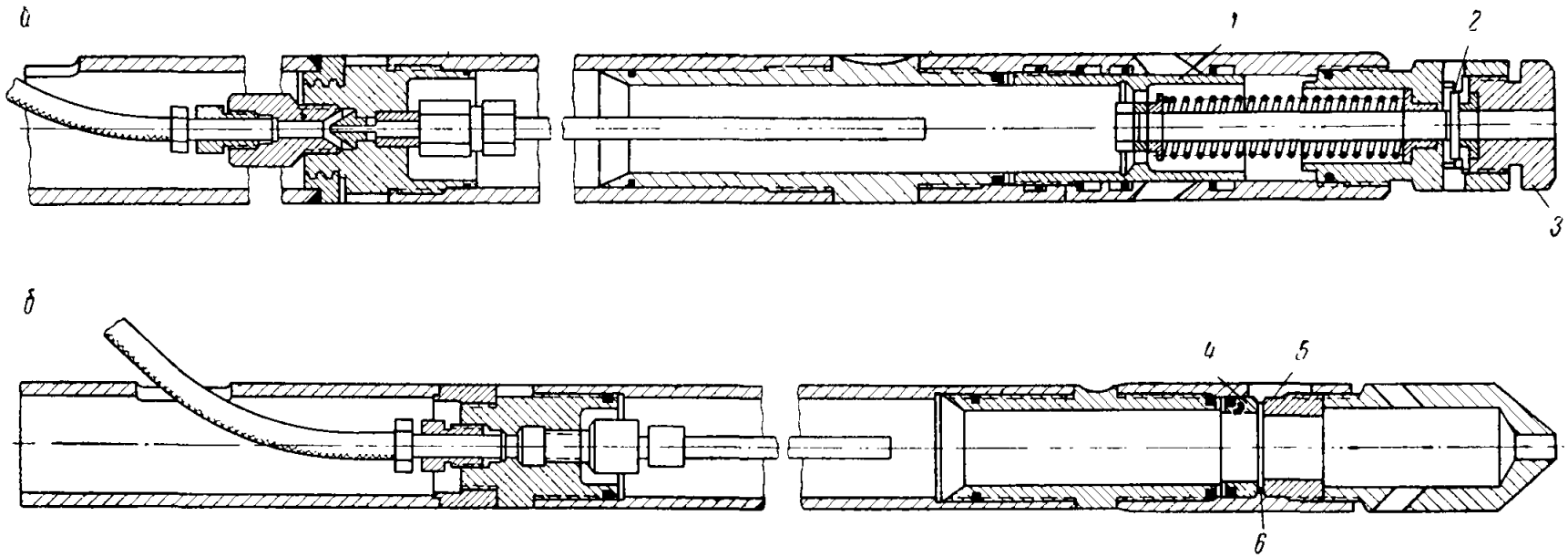


Рис. 84. Патрон эрдокс:

а — с поршнем; *б* — со срезным диском; *1* — поршень; *2* — срезной штифт; *3* — срезная гайка; *4* — затвор; *5* — срезное кольцо; *6* — срезной диск

нужно считать отсутствие надобности в дорогостоящей установке для заряжания патронов. В одной из модификаций способа применения патронов гидрокс используется полустационарный воспламенитель в цилиндре патрона, что устраняет известные недостатки, свойственные первоначальному типу воспламенителя, который был не безопасен для применения в условиях наличия газа в шахтной атмосфере.

Кемикол

Этот способ имеет сходство со способом гидрокс, поскольку в данном случае также используется смесь химических веществ, при электронагреве которой происходит реакция с образованием газов и разрушением срезного диска. При этом способе образуются давления от 1250 до 1550 *кГ/см*^{2} в зависимости от толщины срезного диска. Применение этого способа в шахтах при наличии газа разрешается не везде.

Гидравлические устройства для отбойки угля

В результате проведенных ранее опытов по применению воды под давлением непосредственно в буровых скважинах были сконструированы два устройства, нашедшие применение в угольных шахтах.

Устройство гуллик для гидравлической отбойки угля состоит из цилиндрической стальной гильзы с телескопическими поршнями, приводимыми в действие давлением воды в направлении под прямым углом к оси гильзы. Небольшой насос, обслуживаемый вручную или с механическим приводом, создает необходимое давление воды, причем к одному насосу может быть подключено несколько установок.

Второе устройство состоит из металлической трубы, помещенной в оболочку из податливого материала, например из резины. Средствами, создающими давление, могут быть вода или газ; применяемое давление достигает 100 *кГ/см*^{2} и во многих случаях считается достаточным для отбойки угля.

Механическое откалывание представляет относительно медленный процесс отбойки угля и не нашло широкого применения; использование его ограничивается особыми видами пластов или пропластков с хорошо развитой системой плоскостей кливажа. С точки зрения борьбы с пылью многое говорит в пользу данного метода, поскольку при медленном откалывании образуется значительно меньше пыли, чем при взрывах большой мощности.

Комбинированный способ взрывания и нагнетания воды для отбойки угля

Если в скважине, наполненной водой в результате нагнетания ее во все трещины и изломы, создать внезапно высокое давление, то следствием этого явится расширение и распространение таких

изломов и возникновение условий, снижающих крепость угольного массива до состояния, когда будет возможна его легкая выемка. Необходимый для возникновения высокого давления импульс может быть создан путем взрывания небольшого заряда взрывчатых веществ в скважине, подвергшейся нагнетанию воды. Среди первых экспериментов в этом направлении были опыты Демелянна в Бельгии, которые он проводил с небольшими зарядами взрывчатых веществ в качестве движущейся силы при обычном методе нагнетания воды.

Применение этих технических приемов дает известные преимущества: наряду с уменьшением количества взвешенной пыли, что обычно всегда достигается при нагнетании воды, в данном случае заполняются водой все изломы и плоскости кливажа, которые могут содержать рудничный газ, и таким образом уменьшается опасность взрыва. Количество образующейся при этом пыли, естественно, меньше, чем при обычном взрывании шпуров, что объясняется как присутствием воды, так и незначительной величиной требующегося в этом случае заряда. Полное описание этого способа дано в главе VIII.

ГЛАВА X

ТРАНСПОРТ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ПОРОД

Транспорт полезных ископаемых и породы в шахте охватывает погрузку, которая имеет место в забое и призабойном пространстве, и всякого рода перемещения отбитой породы или ископаемого от места погрузки до выдачи их на земную поверхность, за исключением операций, выполняемых машинами в механизированных угольных забоях. В этой главе будут рассматриваться все операции по перемещению, уборке и т. п. угля или горной породы. Будет рассмотрено перемещение ископаемого с одного горизонта на другой или с одного вида транспорта на другой, а также подъем угля или породы в вагонетках или скипах.

Погрузка производится вручную или машинами; хотя существует стремление заменить ручной труд при погрузке машинами, однако значительная часть горной породы или угля в шахтах перемещается еще вручную.

Достигнутый в угольной промышленности уровень механизации тщательно изучался для выявления возможностей применения разработанных методов механизации на горнорудных предприятиях.

Уголь или порода могут вывозиться из забоя непосредственно к шахтному стволу в вагонетках или подаваться к месту навалки конвейерами, через опрокидыватели или рудоспуски. На крутых пластах используется сила тяжести путем устройства линий решетаков или промежуточных рудоспусков, по которым ископаемое может поступать на главный откаточный горизонт. Откатка происходит обычно по выработкам в сторону от исходящей к входящей струе воздуха в сети шахтного проветривания; таким образом, движение полезного ископаемого и воздуха происходит в противоположных направлениях. В силу этого создаются условия для продвижения всей образующейся пыли по направлению к рабочим участкам. Следовательно, с точки зрения борьбы с пылью целесообразнее было бы производить главную откатку и подъем в исходящей струе. К сожалению, это не всегда возможно.

В вертикальных шахтных стволах подъем на поверхность может осуществляться в вагонетках, помещаемых в клетях, или посред-

ством скиповых подъемников, которые находят применение и в наклонных шахтных стволах. При скиповом подъеме необходимы меры предосторожности в отношении пыли. По штольням или по наклонным шахтным стволам вагонетки могут подаваться непосредственно на земную поверхность; в некоторых случаях могут быть использованы ленточные конвейеры. При наличии такого оборудования пылеобразование обычно не представляет собой особо острой проблемы.

РУЧНАЯ ПОГРУЗКА

Ручная погрузка является, несомненно, одной из самых тяжелых работ, выполняемых в подземных условиях, в силу чего рабочий, занятый этой работой, вынужден, напрягаясь, дышать чаще и глубже; это создает большую опасность действия на него пыли. Применение противопылевых респираторов на таких работах далеко не всегда целесообразно ввиду возникающих при этом неудобств. Таким образом, наряду с устранением ручного труда при погрузке в максимально возможной мере необходимо направлять усилия на улучшение условий работы путем проведения жестких мероприятий по борьбе с пылью и обеспечения хорошей вентиляции для разжижения и удаления образующейся пыли.

Орошение водой

При ручной погрузке борьба с пылью лучше всего осуществляется с помощью систематического и тщательного орошения. Отбитая горная масса должна смачиваться водой до начала погрузки и время от времени в течение всей этой операции во избежание вредного действия сухого материала. Орошение следует производить с помощью соответствующей форсунки или оросителя, присоединенного к шлангу, что дает возможность лучшего регулирования расхода воды и предотвращает взметывание пыли в воздух, часто имеющее место при направлении мощной струи воды на скопления сухой пыли. Если приходится иметь дело с большими количествами сухой горной массы на постоянном погрузочном пункте, то целесообразно устанавливать стационарные оросители, которые обеспечат равномерное орошение в течение всего периода погрузки.

Полезным приспособлением для орошения отбитого угля может служить перфорированная труба, которая вводится в середину кучи угля и через нее подается вода под давлением.

Нагнетание воды

При выемке угля пылеобразование во время погрузки значительно может быть снижено посредством предварительного нагнетания воды в пласт, что описано в главе IX. При внедрении метода нагнетания воды в пласт дальнейшие мероприятия по борьбе с пылью как в забое, так и при последующих операциях в значительной мере могут быть сокращены.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПОГРУЗКИ В ЗАБОЕ

Разные типы механического оборудования, применяемые при погрузке угля в процессе его выемки, были уже описаны. Остается рассмотреть другие средства механической погрузки, применяемые при разработке крепких горных пород методом взрывной отбойки. Эти средства применяются большей частью при проходке горизонтальных выработок и туннелей, а в некоторых случаях и при проходке шахтных стволов.

Важным фактором, который следует учитывать при использовании всех типов механических средств погрузки, является подготовка машинистов этого оборудования, которые постоянно должны

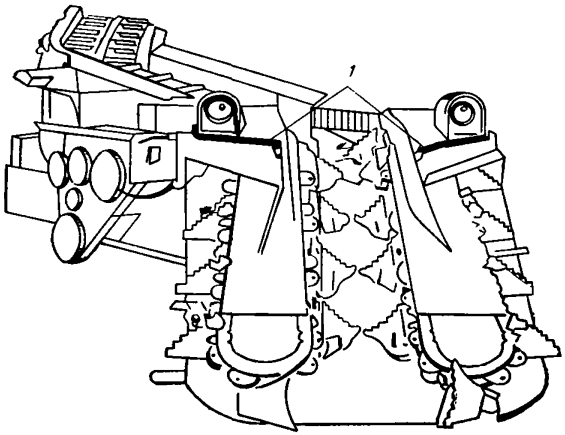


Рис. 85. Погрузчик с оросителями:
1 — оросители

следить за тем, чтобы не поступал на погрузку сухой материал и чтобы во время работы машины ни в коем случае не образовывались облака пыли (рис. 85).

Скреперы

Для доставки полезного ископаемого или породы к пункту погрузки или к опрокидывателям на рудниках часто применяются скреперы. Скреперование на небольших расстояниях, до 15—20 *м*, не создает особых трудностей в отношении пыли при условии использования достаточного количества воды и наличии хорошей вентиляции. При скреперовании же на большие расстояния и там, где применяются спаренные скреперы (расположенные последовательно), вопрос борьбы с пылью усложняется, несмотря на применение воды. При этом необходимо соблюдать следующие меры предосторожности:

подлежащая транспортировке горная масса должна быть влажной;

следует применять достаточное количество воды для поддержания отбитой горной массы и скреперной дорожки во влажном состоянии на всем протяжении доставки;

загрязненный воздух от скреперной дорожки должен разжижаться свежей струей, направляться в выработку для исходящей струи или поступать в очистку;

скорость прохождения воздуха вдоль скреперной дорожки должна составлять около 0,5 *м/сек*;

канавки для отвода воды должны быть достаточной величины, все препятствия со скреперной дорожки удалены, исключены внезапные толчки, удары и т. п.

Качающиеся конвейеры

Качающиеся конвейеры, состоящие из неглубоких наклонных желобов из листового железа, подвешенных на цепях, использовались на многих металлических рудниках. Посредством привода ряд таких желобов получает возвратно-поступательное движение, сообщающее нагруженной руде прямое движение. При работе конвейеров этого типа может образоваться значительное количество пыли, что требует применения воды для смачивания материала и тщательного наблюдения и контроля во время операций. За последние годы качающиеся конвейеры в значительной степени вытесняются скреперами.

МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОГРУЗЧИКИ ПРИ ПРОХОДКЕ ШТРЕКОВ, ТУННЕЛЕЙ И ШАХТНЫХ СТВОЛОВ

Погрузчики, применяемые при проходке туннелей и полевых выработок, обычно имеют форму механических лопат, которые захватывают часть отбитой горной массы и подают ее в вагонетки, а в некоторых случаях на короткий ленточный конвейер, с которого она поступает в вагонетки. Применяются также скреперные погрузчики, которые подают горную массу через разгрузочные полки в вагонетки; этот способ получил дальнейшее развитие в виде сочетания механической лопаты со скрепером, смонтированным над составом вагонеток и распределяющим горную массу по всей длине поезда.

Условия запыленности при работе указанных машин во многом отличаются от условий при ручной погрузке. Хотя вредному действию пыли здесь подвергается меньшее число рабочих, но образуются более высокие концентрации пыли, требующие лучшего проветривания, повышенного увлажнения и тщательного контроля.

Ввиду различного характера пылеобразования при применении механических погрузчиков самое тщательное внимание необходимо уделять режиму их работы в горных выработках, в особенности

в начальных стадиях. Развитие технических мероприятий по борьбе с пылью и обеспечение проветривания не должны отставать от требований, предъявляемых в связи с возникновением новых проблем пылеподавления в соответствии с особыми местными условиями.

При проходке шахтных стволов применяются механические средства уборки горной массы в виде грейферов и механических лопат. В таких очень стесненных условиях и при высоком рабочем давлении мероприятия по борьбе с пылью должны быть наиболее простыми При этих операциях мощное проветривание и обильное смачивание горной массы необходимы. Во многих шахтных стволах в процессе их проходки не ощущается недостатка воды, падающей на отбитую породу, и проблема обеспечения удовлетворительных условий работы может считаться разрешенной, если существующая вентиляция достаточна для создания мощной струи воздуха, непрерывно омывающей забой ствола.

СКАТЫ И НЕБОЛЬШИЕ РУДОСПУСКИ

Разработка месторождений металлических руд

Использование для транспортировки горной массы из забоя небольших рудоспусков и рештаков, уложенных по подошве выработки, очень распространено при разработке металлических руд. Эти средства перемещения часто создают значительные количества пыли, опасность действия которой еще более возрастает, если при прохождении вентиляционной струи пыль поднимается в воздух и уносится в направлении рабочих забоев. Обычно эту опасность можно устранить путем разработки соответствующих планов и устройства в системе вентиляции перемычек или шлюзов с тем, чтобы направлять струю воздуха в сторону от перемещаемой породы или руды. Количество образующейся пыли может быть снижено путем смачивания перемещаемой горной массы и установки соответствующих оросителей, а также посредством создания водяных завес в верхней части скатов. В этих случаях ороситель должен создавать точно размеренную завесу поперек отверстий, чтобы улавливать по возможности больше пыли и в то же время смачивать поверхности падающей через отверстия горной породы. С помощью соответствующих регулировочных устройств нужно отключать подачу воды во время опрокидывания. Если применение воды из каких-либо соображений нежелательно или если запыленный воздух из рудоспуска не может быть очищен никаким другим способом, приходится прибегать к отсасывающей вентиляции с применением фильтров. Решетки на подошве следует располагать с минимально допустимым уклоном, избегая резких понижений или уступов на протяжении всей длины става, а люки на подошве должны находиться по возможности ближе к вагонеткам для предотвращения ненужного падения материала.

Скаты для спуска угля находят все большее применение при его транспортировке с одного горизонта на другой (рис. 86). Для этой цели они обычно выполняются спиральными и так же, как и прочие скаты, должны иметь минимальный уклон, обеспечивающий перемещение угля. Самой главной мерой предосторожности при этом является ограждение спирального ската в практически осуществимых размерах и использование гибких отбойных планок для снижения до минимума движения воздуха. Перемещаемый материал должен находиться во влажном состоянии, а в тех случаях, когда

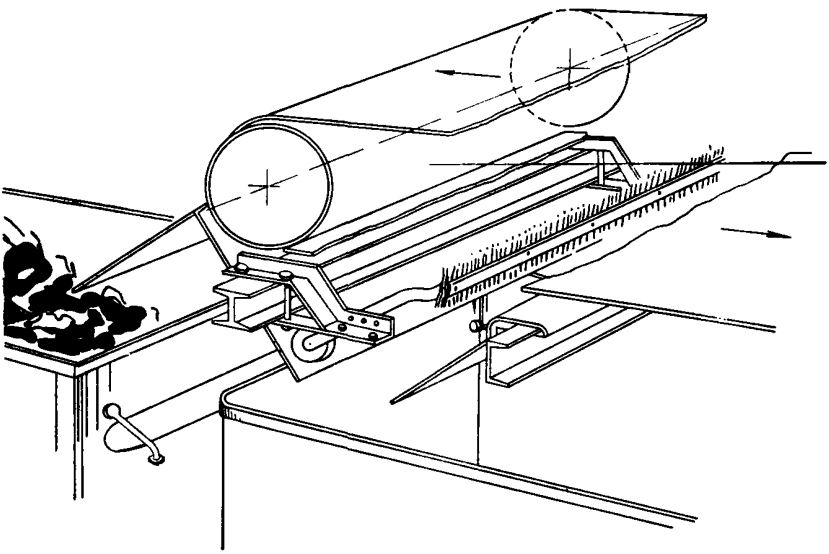


Рис. 86. Конструкция соединяющихся скатов

происходит чрезмерное пылеобразование, полезно применять оросители.

Удаление взвешенной пыли от скатов, рудоспусков и опрокидывателей может быть достигнуто путем применения вспомогательного проветривания, с помощью которого в зоне пылеобразования можно создать пониженное давление. Пыль улавливается фильтрами или удаляется другими способами.

ЛЕНТОЧНЫЕ КОНВЕЙЕРЫ

Значительная часть добытого угля в угольных шахтах транспортируется ленточными конвейерами. Они могут использоваться в большинстве встречающихся на практике случаев и перемещать уголь по умеренно наклонным выработкам и на большие расстояния.

Они применяются для перемещения угля вдоль забоя к главному штреку как штрековые ленточные конвейеры для доставки угля к погрузочному пункту и как магистральные конвейеры для дальнейшего перемещения угля, в некоторых случаях до шахтного ствола, а на месторождениях, вскрытых штольней или разрабатываемых через наклонный шахтный ствол, — даже до обогатительной фабрики на земной поверхности.

Ленточные конвейеры применяются и в металлических рудниках, в частности вблизи подъемных шахтных стволов, около перегрузочных пунктов для руды.

Пылеобразование

В работе главных систем подземного конвейерного транспорта пылеобразование можно ожидать на погрузочных и перегрузочных пунктах, где пыль образуется при падении угля или породы с одного конвейера на другой или в вагонетки. Пыль может также перейти во взвешенное состояние в силу вибрации конвейерной ленты при переходе через опорные ролики или при огибании барабанов, при просыпании материала и столкновениях с препятствиями, которые конвейер должен преодолеть, например с вентиляционными дверями. Освобождению пыли может содействовать вентиляционная струя, часто идущая навстречу транспорту и создающая, таким образом, наиболее благоприятные условия для быстрого высушивания и освобождения приставшей пыли.

Применение мероприятий по подавлению пыли в забое намного облегчит борьбу с нею при работе конвейеров, доставляющих материал от забоя к шахтному стволу, однако и в системе конвейерной откатки могут оказаться необходимыми некоторые мероприятия по борьбе с пылью.

Мероприятия по борьбе с пылью

К числу наиболее важных мероприятий по борьбе с пылью относятся:

тщательное проектирование и выполнение конвейерной установки наряду с надлежащим уходом и обслуживанием;

сбор и удаление пыли, приставшей к поверхности конвейерной ленты;

подавление пыли в пунктах погрузки и перегрузки;

периодическая уборка просыпавшегося материала на всей длине конвейера.

Планирование и установка ленточных конвейеров

При планировании конвейерного транспорта необходимо учитывать следующие моменты, играющие роль в пылеобразовании. Во-первых, лента конвейера должна быть соответствующего размера, чтобы иметь возможность перемещать максимальное количество

горной массы, избегая при этом перегрузки и чрезмерной скорости движения ленты. Во-вторых, сечение выработки должно быть достаточным для прохождения транспорта, с должным допуском в зависимости от предполагаемого срока службы конвейера и с учетом величины ожидаемого уменьшения сечения выработки в силу давления горных пород. Чрезмерная скорость воздуха, проходящего мимо нагруженной ленты конвейера, равно как и в пунктах погрузки и перегрузки, будет иметь следствием взметывание пыли в воздух. Необходимо избегать внезапных задержек и препятствий в пути. Скорость движения конвейерной ленты оказывает влияние на относительную скорость движения воздуха; поэтому там, где неизбежны высокие скорости движения, необходимо применять специальные погрузочные головки или короткие медленно передвигающиеся вспомогательные конвейеры, чтобы этим уменьшить силу выброса материала и способствовать погрузочным работам. Скорость воздуха на погрузочных пунктах следует поддерживать в низких пределах за счет широкого поперечного сечения штрека или обходных вентиляционных выработок. Можно применять щиты или отражательные листы для предотвращения ударов воздуха по падающей массе угля или породы.

При установке конвейера необходимо следить за точным выравниванием и правильным нивелированием, так как в противном случае будут иметь место чрезмерное просыпание груза и отложение пыли. Необходимо добиваться непрерывного, спокойного хода конвейерной ленты на всем ее протяжении. Падение перемещаемого материала на всех погрузочных и перегрузочных пунктах должно быть минимальным, а там, где падение неизбежно, следует иметь в виду целесообразность применения указанных выше специальных погрузочных головок. Скрепления ленты конвейера должны быть высококачественными и быстро заменяемыми в случае их деформации или повреждения. При возможности рекомендуется применять вулканизированные сшивки.

Уборка и удаление пыли

Важное значение имеют уборка и удаление пыли, приставшей к поверхности ленты конвейера после выгрузки материала. Большие количества пыли могут быть сброшены с загрязненной ленты нижними роликами; в угольных шахтах таким путем с помощью одного нижнего ролика собирали за одну смену до 15 *кг* пыли. Эта пыль распространяется вдоль выработки под действием вентиляционной струи, что в результате может привести к возрастанию количества взвешенной пыли, в особенности при работе конвейеров с нижней рабочей ветвью. Смачивание угля в забое в этом случае может даже увеличить количество освобождаемой пыли, так как чем больше пыли пристанет к ленте в силу ее влажности, тем больше пыли будет поступать к роликам холостой ветви конвейера.

Во время смен, когда производится доставка конвейерами, рабочие должны регулярно убирать и удалять эту пыль. Вместе с тем

существует ряд способов, с помощью которых значительное количество указанной пыли может быть собрано и удалено непосредственно за погрузочным пунктом до того, как она осядет. При возможности устройства такого рода должны использоваться везде. К их числу относятся скребки и струги, проволочные щетки и отбойные приспособления.

Наиболее простым устройством является неподвижно укрепленный скребок из резиновой конвейерной ленты, упирающийся в нижнюю сторону холостой ветви ленты. Это устройство можно усовершенствовать, сообщив скребку поворотное движение и снабдив его пружинами или противовесом для поддержания в положении против движущейся ленты.

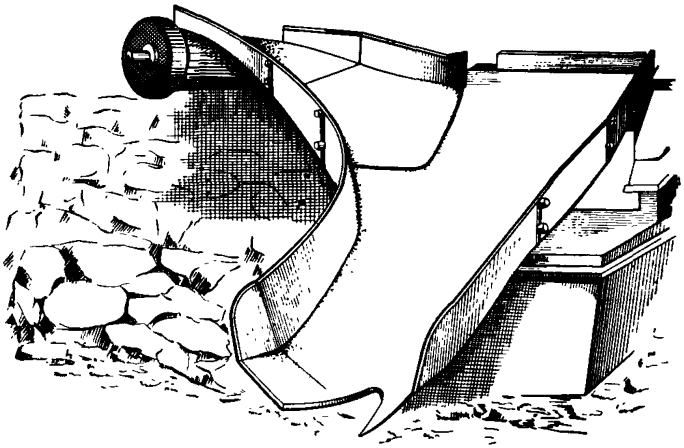


Рис. 87. Проволочная щетка для очистки ленты и ее прикрепление

Для уборки сухой пыли проволочные щетки оказываются более эффективными, чем скребки; с их помощью удается убирать до 90% осевшей пыли. Во влажных условиях особенно эффективна уборка скребком и следующей за ним проволочной щеткой (рис. 87). Эффективна также уборка с помощью вращающихся проволочных щеток с фрикционной передачей, состоящей из двух кожаных дисков (рис. 88).

Другое устройство, которое находит успешное применение, состоит в том, что на один из роликов навариваются пять лопастей или лопаток, которые выставляются приблизительно на 4 *см* выше поверхности ролика. Вибрационное движение, сообщаемое ленте при прохождении через ролик, обусловливает отделение пыли от ленты (рис. 89).

При всех устройствах необходимо предусмотреть установку бункеров для сбора пыли; они должны быть оборудованы выдвижными дверями и снабжены пыленепроницаемыми мешками.

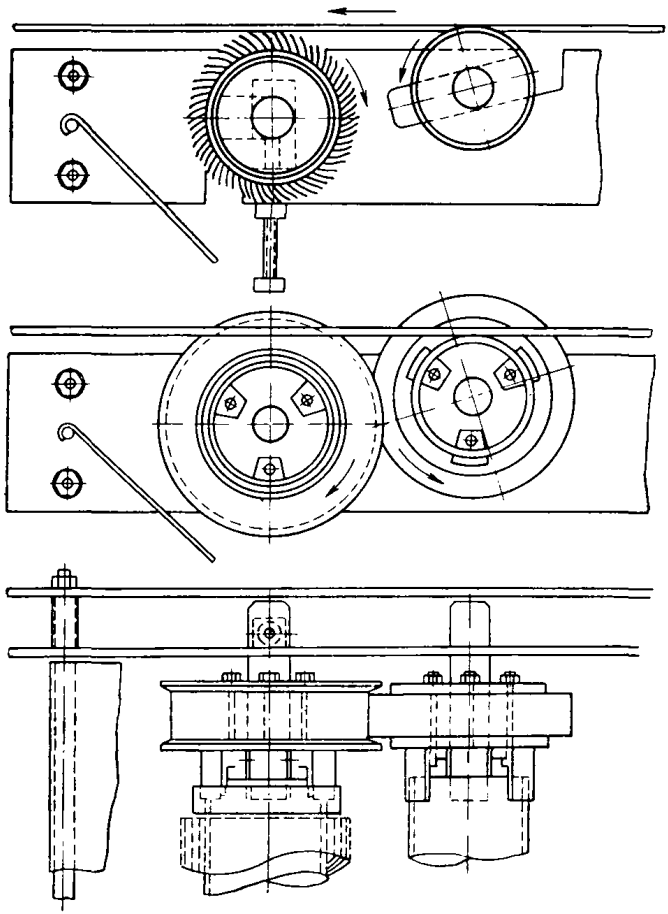


Рис. 88. Устройство вращающейся щетки

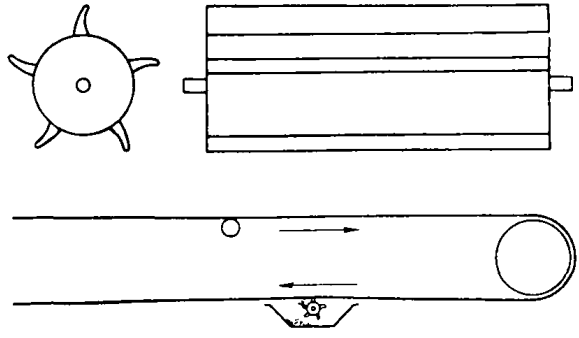


Рис. 89. Механизм ударного действия

Погрузочные и перегрузочные пункты

Наряду с тщательным проектированием и выбором месторасположения погрузочных и перегрузочных пунктов и устранением по возможности чрезмерного падения и изменений направления или скорости транспортируемого материала и даже там, где в забоях принимаются действенные меры по борьбе с пылью, в некоторых случаях все же оказывается необходимым включать в цикл работ на указанных пунктах и мероприятия по подавлению пыли.

Для этой цели применяются пылесборники или уловители, специально сконструированные погрузочные головки и оросители.

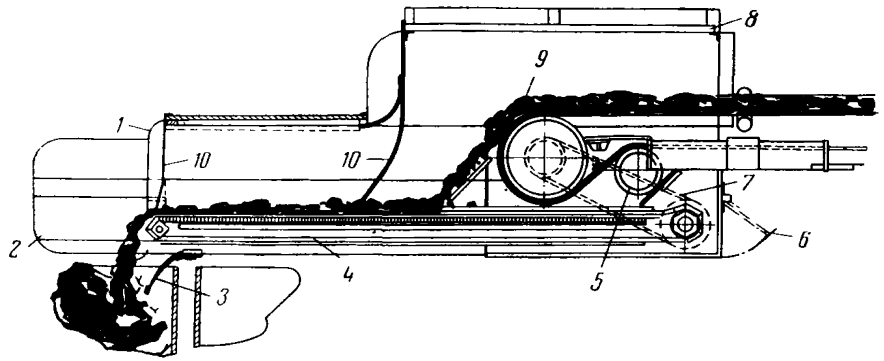


Рис. 90. Разгрузка конвейера с помощью разгрузочной головки:

1 — боковая плита бункера; *2* — удлиненные плиты бункера; *3* — гибкий противопылевой щит (предотвращает также просыпание между вагонетками); *4* — скребковый цепной конвейер; *5* — натяжной шкив для мелочи на нижней ветви конвейера; *6* — смотровое отверстие; *7* — цепной и шестеренчатый привод; *8* — конвейер со стальной лентой; *9* — разгрузочный шкив конвейера; *10* — гибкие противопылевые щиты

Хотя пылеуловители с использованием отсасывающей вентиляции в сочетании с ограждением источников пылеобразования полностью гарантируют контроль над пылевым режимом и пылеобразованием, подобные установки часто оказываются слишком сложными и громоздкими для применения в подземных условиях; сверх того, они часто создают трудности как в отношении эксплуатации, так и ухода за ними. В угольных шахтах, кроме того, существует потенциальная опасность случайного воспламенения, связанного с выгрузкой и удалением сухой пыли. Однако в крупных установках и установках, носящих постоянный характер, данный способ борьбы с пылью можно рекомендовать.

Хорошие результаты в борьбе с пылью могут быть достигнуты с помощью специально сконструированной погрузочной головки, изготовленной с соответствующими закрытыми емкостями для улавливания и удержания по возможности большего количества пыли, образующейся при погрузке (рис. 90). В закрытых скатах для улавливания пыли следует устанавливать оросители.

Если оросители используются для подавления пыли на погрузочном пункте, то следует предусмотреть устройство какого-либо

ограждения, чтобы точно рассеянная струя воды могла создать контакт с частицами пыли. Применение одних только оросителей в данном случае редко дает удовлетворительные результаты (см. следующий раздел).

Использование воды

Указанные выше противопылевые мероприятия могут быть дополнены использованием воды. Там, где подавление пыли производится в забое, может возникнуть необходимость повторного смачивания в известных пунктах во время перемещения горной массы

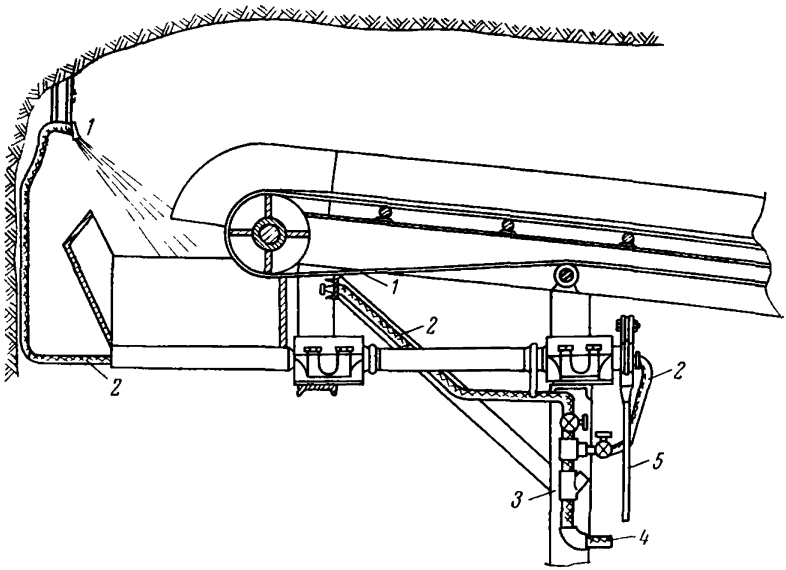


Рис. 91. Ороситель погрузочной головки:

1 — оросители; *2* — шланг для воды; *3* — разделитель с ситом в 20 меш для осаждения; *4* — к водопроводу; *5* — рычаг к регулировочной рукоятке вертлюга

по длинным магистральным конвейерам, чтобы избежать полного высыхания материала. Количество необходимой для этого воды определяется местными атмосферными условиями; необходим тщательный контроль за ее расходованием, так как излишняя вода может повредить ленту конвейера и вызвать, кроме того, скольжение ленты на ведущих барабанах.

Если вода используется на перегрузочных пунктах, то она должна применяться во время перемещения горной массы по скатам. Оросители должны быть установлены с таким расчетом, чтобы кинетическая энергия выброса способствовала удалению пыли из воздуха (рис. 91). Это особенно важно при высоких скоростях воздуха, когда в дополнение к применяемым мерам по направлению

струи воды против движения воздуха следует пользоваться отклоняющими парусами или предусмотреть частичное ограждение.

Как уже указывалось, смачивание пыли в падающем потоке является трудным, и там, где возникает эта проблема, источники пылеобразования необходимо изолировать (рис. 92). В других случаях материал должен смачиваться на конвейерной ленте в пункте, достаточно отдаленном, с тем, чтобы горная масса хорошо пропиталась водой, прежде чем она достигнет пункта падения. Ширина водяной струи в этом случае должна быть немного меньше ширины ленты, причем следует избегать слишком резкого ограничения размеров струи. Оросители и автоматические клапаны для регулировки в подобных случаях описаны в главе III.

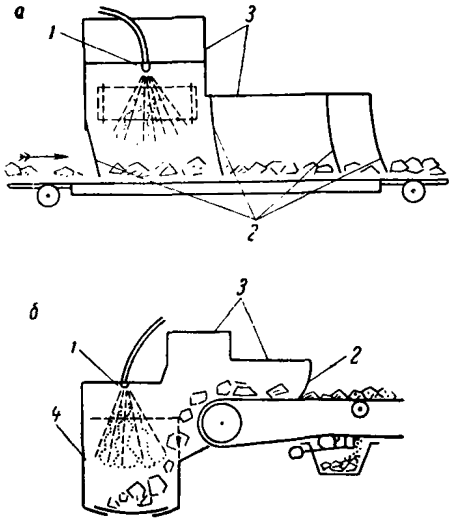


Рис. 92. Пылеподавление на месте перегрузки:

а — вид сбоку; *б* — поперечный разрез; *1* — оросители; *2* — резиновые противопылевые щиты; *3* — покрытие из листовой стали; *4* — листовая резина

Просыпание при транспортировке

О важном значении просыпания перемещаемого материала некоторое представление может дать знакомство с данными изучения этого вопроса на одной из типичных погрузочных станций, перемещающей за одну смену 600 *т* угля. При средней скорости воздуха в окружающем пространстве 1,8 *м/сек* потери от просыпания составляли ежедневно около 4 *т*, причем отбор проб показывал, что концентрации взвешенной пыли на погрузочной станции были в пределах от 790 до 1050 частиц на 1 $см^3$ размерами от 1 до 5 *мк*.

Хотя посредством рекомендованных выше мероприятий просыпание материала может быть в значительной степени уменьшено, проблема тем не менее остается серьезной и вызывает необходимость проведения соответствующих мероприятий как на погрузочных станциях, так и на всем протяжении конвейерной ленты.

На длинных конвейерных линиях уборку следует проводить повседневно. Практику забрасывания просыпи лопатами обратно на конвейерную ленту рекомендовать нельзя, так как это приведет не только к образованию облаков пыли в процессе этой работы, но и к повторному, последующему переотложению большого количества просыпи вдоль пути следования конвейера. Поэтому необходимо использовать специальные контейнеры или пыленепроницае-

мые мешки, в которых собранная пыль может выдаваться на дневную поверхность. Большую часть этой работы приходится выполнять с помощью лопат и щеток; со щетками нужно работать осторожно и применять орошение. В экспериментальном порядке проводились опыты с применением пылесосов и специально сконструированных для этой цели устройств, показавших в работе обнадеживающие результаты. Рекомендуется проведение дальнейших опытов с применением такого рода оборудования.

ШАХТНЫЕ ВАГОНЕТКИ

Во многих рудниках вагонетки являются основным транспортным средством для перемещения полезного ископаемого или породы. Размеры вагонеток различны, начиная с небольших, емкостью в полтонны, которые перемещают вручную в призабойных пространствах, и до 4—6-тонных, используемых при скоростной локомотивной откатке. Погрузка в небольшие вагонетки может производиться вручную или они загружаются с конвейера при помощи различных типов механических погрузчиков, которые были описаны выше, по скатам или из рудоспусков.

Главными причинами пылеобразования при транспортировке материала в вагонетках являются перемещение сухой горной массы, использование плохо сконструированных вагонеток, вагонеток, находящихся в плохом рабочем состоянии, и переполнение вагонеток. Пыль образуется особенно при погрузке и опрокидывании.

Использование воды

Так же как и при конвейерном транспорте, применение соответствующего количества воды для смачивания горной массы до начала откатки ее из забоя вагонетками в большинстве случаев будет достаточным для связывания пыли на всех этапах откатки. Вместе с тем в результате внедрения локомотивной откатки на дальние расстояния с повышенной скоростью движения и увеличения количества и скорости вентилируемого воздуха проблема высыхания поверхностных слоев горной массы в вагонетках стала более актуальной. В качестве контрмеры было необходимым устанавливать на всем протяжении транспорта по направлению к шахтному стволу стационарные оросители, под которыми проходят вагонетки. Оросители должны работать автоматически при прохождении вагонеток и быть тщательно отрегулированными таким образом, чтобы водяная завеса распространялась на края вагонеток и чтобы подавалось именно потребное количество воды. Нужно следить за тем, чтобы наружные стенки вагонеток поддерживались в достаточно чистом состоянии, так как в противном случае приставшие к стенкам пыль и грязь могут переотложиться и перейти во время движения вагонеток во взвешенное состояние.

Просыпание материала

Необходимо постоянно и бдительно следить за подавлением пыли, образующейся в результате просыпания, одной из главных причин которого является переполнение вагонеток. Для избежания переполнения требуются не только хороший надзор и внимательное отношение со стороны рабочих, но и погрузочные средства и затворы рудоспусков, конструктивное выполнение которых позволяло бы точно регулировать процессы наполнения. Скаты при наполнении вагонеток должны подходить по возможности ближе к верхней поверхности вагонетки и быть закрытыми вместе с оросительными устройствами в случае их применения.

Конструкция вагонеток является важным фактором в отношении устранения просыпки материалов. Вагонетки должны быть по возможности водонепроницаемыми; у вагонеток, разгружающихся через дно, и с боковой разгрузкой дно и стенки должны быть хорошо пригнаны и не допускать утечки. Вагонетки с поврежденными или деформированными стенками должны немедленно удаляться из цикла откатки. Может быть рекомендовано использование большегрузных вагонов, поскольку они снижают суммарную поверхность, подверженную высыханию на единицу веса транспортируемого материала, что является фактором, способствующим снижению опасности от пыли.

Откаточные выработки

В горных выработках, служащих главными откаточными путями, не должно быть никаких препятствий, которые могли бы повлиять на создание высоких скоростей воздуха в непосредственной близости от передвигающихся вагонеток; рельсовые пути должны быть ровными и поддерживаться на высоком техническом уровне. Откаточные выработки должны постоянно очищаться от просыпавшегося материала; для этой цели на коротких расстояниях следует устанавливать контейнеры. Вагонетки, временно вышедшие из строя, не должны оставляться в главных откаточных выработках, а должны направляться в боковые выработки вне зоны действия главной вентиляционной струи.

Локомотивы

Там, где применяются рудничные дизелевозы или воздуховозы, выхлопы их должны быть выполнены таким образом, чтобы они не способствовали взметыванию пыли в воздух с подошвы или со стенок выработки.

Околоствольные выработки

В рудниках, разрабатывающих месторождения через наклонный ствол или штольню, вагонетки могут откатываться непосредственно на дневную поверхность. При вертикальных шахтных стволах они

могут доставляться на поверхность в клетях или опрокидываться с разгрузкой материала через грохоты с последующей выдачей его на поверхность скипами. В последнем случае требуются специальные устройства на пунктах опрокидывания, которые описаны ниже.

Если при маневровых работах требуется большая площадь для постановки вагонеток перед их опрокидыванием или погрузкой в клети, то там следует избегать излишних столкновений и ударов, предусматривая для этого устройство хорошо профилированных путей и применяя соответствующие стопорные приспособления (ловители). На этих пунктах следует избегать высоких скоростей проветривания путем, если это необходимо, перемены направлений вентиляционных струй.

ОПРОКИДЫВАТЕЛИ У ШАХТНОГО СТВОЛА

Опрокидыватели у шахтных стволов бывают разных размеров в соответствии с количеством поступающего материала; у больших шахтных стволов, по которым производится выдача материала,

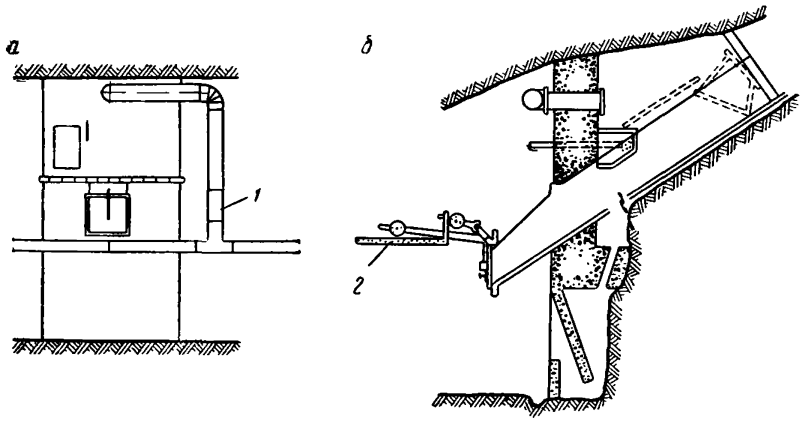


Рис. 93. Вертикальный *а* и поперечный разрез *б* рудоспуска:
1 — задвижка; *2* — полок управления

поступающего от одного главного погрузочного пункта, часто встречаются опрокидыватели с пропускной способностью 200 *т* и более в час.

Несмотря на то, что для поддержания горной массы во влажном состоянии на всех опрокидывателях используются оросители, на больших опрокидывателях этого оказывается недостаточным для ведения борьбы с пылью на должном уровне и требуется включение вспомогательных вентиляционных систем.

При выгрузке содержимого вагонетки или бункера в опрокидывателях из него вытесняется равный объем воздуха, который

выбрасывается наружу из воронки опрокидывателя, увлекая с собой большое количество пыли, которая загрязняет окружающее пространство.

Назначение вспомогательной вентиляции заключается в предотвращении этого мощного выброса воздуха или в снижении его до безопасного уровня. Устройство отсасывающей системы (рис. 93) определяется особыми характеристиками опрокидывателей и окружающими условиями.

ГЛАВНЫЕ РУДОПЕРЕПУСКНЫЕ СИСТЕМЫ

В главных рудоперепускных системах у подъемных шахтных стволов существуют проблемы, подобные тем, с которыми приходится встречаться и на рабочих участках, но только в более крупном масштабе. Вместе с тем здесь могут возникнуть еще и осложнения в силу того факта, что подъемные шахтные стволы часто служат вентиляционными стволами для исходящей струи, и поэтому требуются специальные меры предосторожности, чтобы не допустить превращения рудоспусков в параллельные вентиляционные выработки и замыкания «накоротко» главной вентиляционной струи, что имело бы следствием загрязнение входящего воздуха пылью, образующейся в рудоспусках.

В некоторых случаях материал из рудоспусков выгружается непосредственно в транспортные сосуды скипового подъема, но в других случаях применяются рудные или промежуточные бункера, из которых руда транспортируется к месту скипового подъема при помощи ленточного конвейера. В таких случаях система вытяжной вентиляции должна быть спроектирована так, чтобы обслуживать все контрольные пункты, как равно и выработки для ленточных конвейеров и ходовые отделения. Пыль может отводиться в шахтный ствол для исходящей струи, если это удобно, но в большинстве случаев требуется применение крупных фильтров.

СКИПОВОЙ ПОДЪЕМ

При применении скипового подъема основное внимание следует обращать на главные пункты опрокидывания и рудные бункера, устройства для загрузки скипов и все главные передаточные рудоспуски, связанные с шахтным стволом, а также на образование пыли в самом стволе, что имеет особо важное значение в стволах, подающих воздух.

Пункты загрузки скипов являются возможными источниками значительного пылеобразования, которому следует уделять особое внимание, поскольку они часто расположены в главных шахтных стволах, подающих воздух. Исходя из этих соображений, во всех возможных случаях следует предусматривать устройства для отвода главной вентиляционной струи, чтобы избежать высоких скоростей воздуха у дозаторов скипового подъема, а также снизить возможное загрязнение воздуха.

Погрузочные операции

В металлических рудниках установка для погрузки состоит обычно из бункера, из которого руда посредством коротких скатов подается в мерные бункера или «дозаторы», предусмотренные по одному на каждый скип, находящийся в эксплуатации. Контрольные двери устроены ниже скатов, в нижней части каждого дозатора.

Погрузка охватывает две главные операции: наполнение дозатора и последующую загрузку скипа. Дозаторы наполняются во время подъема скипа, так что при его подходе подлежащий погрузке материал выдается без задержек. В результате передвижения руды и скипа создается перемещение большого количества воздуха, увлекающего за собой пыль, образовавшуюся при падении горной массы. В качестве контрмеры передаточные скаты и дозаторы должны по возможности выполняться пыленепроницаемыми и должны быть предусмотрены достаточно мощные отводы всасывания, чтобы уравновешивать перемещение воздуха и предотвратить попадание пыли в атмосферу.

Просыпание

При наполнении скипа необходим тщательный контроль за количеством загружаемой руды, поступившей из дозатора, чтобы не допускать переполнения, поскольку это может вызвать просыпание материала из скипа во время подъема и в результате пылеобразование в шахтном стволе. Даже капеж загрязненной воды из скипов может вызвать образование отложений на горизонтальных поверхностях шахтного ствола, после высыхания которых пыль может подниматься в воздух.

Однако, несмотря на самое тщательное оборудование загрузочных устройств скипового подъема, известное количество просыпавшегося материала является неизбежным, который иногда доходит до дна шахтного ствола, где необходимо предусмотреть устройство для его удаления.

В большинстве случаев дно шахтного ствола, или зумпф, находится ниже последнего пропускного пункта для вентиляционной струи; поэтому для создания безопасных условий работы для людей, занятых на уборке просыпи, требуется всасывающая вентиляция, которая часто может быть использована в комбинации с той вентиляционной струей, которая подается к дозаторам. В других случаях требуются отдельные устройства.

Надзор

Лица, работающие на загрузочных устройствах скипового подъема, обычно много времени проводят на контрольных пунктах и в силу этого в большей мере подвергаются опасному действию любой пыли. Поэтому большое значение имеют посещения и осмотры этих устройств и отбор проб с тем, чтобы удостовериться

в хорошем рабочем состоянии оборудования и обеспечить удовлетворительные условия работы, в особенности в отношении чистоты.

Заведующий скиповым подъемом должен нести ответственность за удаление просыпавшегося материала и регулярную мойку, чтобы избежать скоплений пыли. Практический опыт показал, что на этих участках необходимы самые строгие меры предосторожности для устранения образования опасных концентраций взвешенной пыли.

Если на дне шахтного ствола производятся какие-либо работы, например уборка просыпавшейся горной массы, то необходимы периодические посещения этого участка лицом, ответственным за мероприятия по борьбе с пылью. При отсутствии постоянного, внимательного отношения и непринятии мер по подавлению пыли такие отдаленные пункты могут представлять собой немалую опасность для здоровья занятых здесь людей.

ПОДЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ МАТЕРИАЛОВ И ОБОРУДОВАНИЯ

Транспортировка материалов и оборудования, таких как крепежный лес, машины, буровые трубы и рельсы, требует большого количества рудничных вагонеток, много перегрузок и складирования. В результате главные откаточные пути, вентиляционные выработки и околоствольные дворы могут оказаться настолько перегруженными, что нарушится нормальное функционирование вентиляции, и пыль может подняться в воздух. Более того, погрузка и перегрузка тяжелых материалов, таких как трубы и рельсы, в особенности бывших в эксплуатации и покрытых пылью и грязью, могут создать густые облака пыли, если к этим работам не будет проявлено должного внимания.

Наряду с обеспечением соответствующих транспортных средств для разгрузки и места для складирования материалов руководство рудника должно следить за тем, чтобы люди, занятые на этих работах, были в должной мере проинструктированы и чтобы они принимали все необходимые меры предосторожности против образования облаков пыли при таких работах.

ГЛАВА XI

ПЕРЕДВИЖЕНИЕ В ПОДЗЕМНЫХ ОТКАТОЧНЫХ ВЫРАБОТКАХ

Если пыль, осевшая в откаточной выработке, взметывается в воздух и образует облако, то она создает в угольных шахтах опасность взрыва и во всех шахтах и рудниках — опасность для здоровья людей. Пыльные откаточные выработки можно встретить в шахтах, где отсутствует естественное увлажнение из водоносных трещин или скопление воды при плохом ее отводе. Некоторое количество пыли может образоваться в результате истирания подошвы выработки или материала, использованного для настила и выравнивания. Значительное количество пыли осаждается вследствие просыпания породы или ископаемого при транспортировке, а в вентиляционных выработках много пыли уносится струей воздуха с последующим ее осаждением. Осевшая пыль может перейти во взвешенное состояние в забоях, пунктах перегрузки и других подобных местах, где приходится иметь дело с большими количествами угля или горной породы. Как уже указывалось в предыдущих главах, нужо принимать все доступные меры, чтобы не допустить попадания пыли в воздух; однако какая-то часть ее всегда будет оставаться во взвешенном состоянии и осаждаться в откаточных выработках, где следует предупреждать ее вторичный переход во взвешенное состояние.

С развитием механизированных методов разработки появилась возможность сокращения количества откаточных путей и использования для перевозки ископаемого мощных и быстроходных транспортных средств. Равным образом стало возможным и желательным производить перевозку людей только в начале и конце рабочей смены, причем наблюдается тенденция исключить случайные передвижения людей вне этих часов пик.

Передвижение больших групп людей по пыльным выработкам вызывает сильное пылеобразование и создает значительную опасность для здоровья и, кроме того, неудобства для самих людей, находящихся в пути. Если выработки, служащие для передвижения людей, не могут поддерживаться достаточно чистыми от пыли или если нельзя достичь удовлетворительного связывания осевшей

пыли, то может возникнуть необходимость обеспечить перевозку людей средствами механического транспорта в существующих выработках или пройти новые выработки, которые будут служить только путями сообщения.

ПЕРЕВОЗКА ЛЮДЕЙ

Во многих современных рудниках и шахтах хождение людей на место и с места работы фактически устранено. При канатном и локомотивном транспорте для перевозки людей применяются вагоны специальной конструкции. В этих случаях при хорошо пройденных выработках и наличии рельсовых путей люди доставляются к месту назначения, не вызывая сильного пылеобразования. Более того, они перемещаются быстрее и тем самым сокращается время действия на них любой присутствующей в воздухе взвешенной пыли.

Особое внимание следует уделять местам посадки и высадки людей из вагонов, чтобы в этих пунктах не поднималась пыль. Вагоны должны содержаться в чистоте, пыль из них должна быть удалена.

Следует также предусмотреть транспортные средства для перевозки людей в наклонных выработках. Вследствие дополнительного расхода сил при движении вверх по наклонной выработке как частота, так и глубина дыхания возрастают очень быстро, в результате чего возникает еще более серьезная угроза здоровью людей, если в воздухе присутствует взвешенная пыль. Для перевозки людей по наклонным выработкам широко используется канатная тяга; одним из недавних нововведений является канатная дорога с индивидуальными сиденьями, подвешенными на движущемся канате, по принципу подъемников горнолыжных станций. При механизированной перевозке людей повышается безопасность движения благодаря отсутствию пешеходов в откаточных выработках, уменьшается усталость и достигается большая экономия времени, затрачиваемого на передвижение.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВЫРАБОТКИ ДЛЯ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ЛЮДЕЙ

Проходка выработок, предназначенных исключительно для передвижения людей, далеко не всегда практична, хотя в некоторых современных шахтах пришли к выводу о необходимости проходки — в дополнение к главным откаточным выработкам — вентиляционных выработок для входящей струи, которые часто могут использоваться для передвижения, имея еще и то преимущество, что люди будут находиться в атмосфере свежего воздуха.

Во многих случаях наиболее целесообразной заменой откаточных выработок в части, касающейся нужд транспорта, может служить вентиляционная выработка для исходящей струи. Если эти выработки используются для перевозки людей, то необходима тщательная проверка и постоянный контроль за состоянием воздуха с целью недопущения загрязнения его частицами взвешенной пыли из рабочих забоев.

Во всех случаях, когда предусматривается оборудование выработки для передвижения, она должна обеспечивать удобное и быстрое передвижение, избегать крутых уклонов и иметь хорошую поверхность, пригодную в известной мере для связывания пыли. При особо интенсивном движении желательно устройство бетонированных или асфальтированных ходков.

УДАЛЕНИЕ ОСАЖДЕННОЙ ПЫЛИ

Несмотря на все возможные меры предосторожности, некоторое просыпание транспортируемого материала часто бывает неизбежным; отсюда необходимость строгого соблюдения предусмотренного распорядка дня по очистке откаточных выработок. Необходимо тщательно следить за тем, чтобы собранная пыль не рассеивалась вновь в рудничной атмосфере; если используются метлы и лопаты, то во время работы ими необходимо обильно увлажнять выработки разбрызгиванием воды. Следует предусмотреть специальные контейнеры для собирания пыли с последующим удалением их за пределы выработки. Не рекомендуется производить погрузку пыли в проходящие вагоны, так как при этом много пыли вновь попадает в откаточные выработки.

В некоторых странах для очистки поверхности откаточных выработок были сконструированы всасывающие установки, работающие по принципу пылесоса. Одна из таких установок отсасывает 20 *м*³/*мин*; она соединена с фильтром, состоящим из 6 циклонов и 108 цилиндрических шерстяных мешков с общей фильтрующей поверхностью 17 *м*². Установка снабжена встряхивающим устройством, обеспечивающим осаждение пыли в контейнеры с последующим их удалением и опорожнением. Всасывающий наконечник прикреплен к гибкому шлангу, что позволяет перемещать его по поверхности выработки, смотря по надобности. Он захватывает материал диаметром до 2,5 *мм* на расстоянии 10 *см* от поверхности. Установка оборудована двигателем мощностью 7,5 *л. с.* и может быть смонтирована на колесах с резиновыми шинами или приспособлена для передвижения по рельсовым путям.

СВЯЗЫВАНИЕ ПЫЛИ В ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТКАХ

Несмотря на все проводимые мероприятия, имеется еще много случаев, когда горные выработки, по которым приходится проходить большому количеству людей, остаются пыльными. В таких случаях присутствующую в выработке пыль необходимо в какой-то мере связать и предупредить ее возможное взметывание в воздух и переход во взвешенное состояние.

Связывание пыли заключается в тщательном смешивании рыхлого материала на подошве выработки с водой, с образованием смеси в виде шлама, который делается плотным и слегка пластичным после трамбовки. Опытным путем было установлено, что если пыль должна

оставаться связанной, то содержание влаги в материале должно поддерживаться на уровне приблизительно 10%. В силу испарения воды, вызываемого вентиляционной струей, пыль в конце концов высыхает и переходит в дисперсное состояние, во избежание чего следует добавлять гигроскопическую соль в количестве, зависящем от влажности воздуха. Такая соль обеспечивает на продолжительное время содержание влаги в связанной пыли на желаемом уровне.

Предложения об использовании гигроскопических солей для сохранения влаги были известны еще до 1880 г. После этого были проведены опыты как с обыкновенной поваренной солью, так и с хлористым кальцием, которые продолжались в разных странах до 30-х годов текущего столетия, когда производство синтетических поверхностно-активных веществ в промышленном масштабе позволило найти удовлетворительное решение проблемы надлежащего смачивания осевшей пыли. Были проведены опыты по изысканию заменителей хлористого кальция, в частности с хлористым магнием и для очень влажного воздуха — с хлористым натрием. Исследовались также другие материалы, например побочные продукты производства целлюлозы.

Методы обработки

Требования в отношении удовлетворительного связывания пыли, осевшей на подошве выработки, сводятся к трем основным положениям.

1. Отложившуюся пыль нужно смачивать быстро и полностью, прежде чем по ней начнется движение людей, чтобы они не поднимали несмоченную пыль вновь на поверхность выработки. Полное смачивание требуется также для равномерного пропитывания отложений пыли, вносимой затем солью. Удовлетворительное увлажнение пыли, осевшей в выработках, с помощью одной только воды достигается лишь в редких случаях; обычно необходимо применение растворов поверхностно-активных веществ.

2. Содержание влаги в смоченных и связанных отложениях пыли должно поддерживаться на достаточно высоком уровне с тем, чтобы отложения не стали слишком твердыми, не высыхали и не превращались еще раз в пыль при движении транспорта.

3. Отложения должны содержаться в хорошем состоянии и периодически подвергаться повторной обработке.

Прежде чем приступить к обработке, горную выработку следует очистить от лесоматериалов и других крупных предметов, а пыль — в особенности ее большие отложения вблизи стенок выработки — в известной мере выровнять. Все поверхности по длине выработки, подлежащей обработке, т. е. стенки, кровля и подошва, должны быть затем хорошо осланцованы. Если предусматривается создание на подошве выработки хорошего поверхностного слоя связанной пыли, толщина его должна быть по меньшей мере 1 дюйм (2,5 *см*).

Смачивание пыли, осевшей на подошве выработок

Если подошва выработки в предшествовавший период не подвергалась регулярному орошению или же если осажденная пыль не относится к числу тех пылей, которые легко смачиваются одной только водой, увлажнение ее следует производить раствором, содержащим около 0,5% поверхностно-активного вещества (смачивающего реагента). Выбор реагента для предстоящего использования и необходимая его концентрация зависят от физических свойств пыли и воды и условий в горных выработках. Эти факторы определяются опытным путем с использованием представительных проб пыли, подлежащей обработке. Часто может представлять интерес опробование нескольких смачивающих реагентов с тем, чтобы на основании сравнения их стоимости и с учетом необходимых концентраций решить, какой из них окажется наиболее дешевым для эффективной обработки данного вида пыли.

Вода или раствор смачивающего реагента для увлажнения пыли подается разбрызгивателем через ороситель с накачиванием из цистерны. Очень тонкое рассеивание струи, такое, например, как у туманообразователя, является неудовлетворительным. Наиболее подходящим способом для применения раствора может служить дозирующее устройство, которое при подаче воды из водопроводной сети смешивает поверхностно-активное вещество с водой для получения заранее заданной концентрации.

Орошение раствором должно быть легким и повторяться до тех пор, пока поверхность не будет смоченной. Следует избегать чрезмерного увлажнения; раствор не должен растекаться в виде протоков или образовывать лужи. Достаточно будет всего 2 *л* раствора на 1 $м^2$ подошвы выработки. Если нет возможности проверить эффективность смачивающих реагентов, следует провести опробование раствора, содержащего 0,5% данного реагента. Расход при этом составит 30 *кг* на 100 *м* выработки шириной 3 *м*.

Увлажненная подошва выработки должна оставаться ненарушенной по меньшей мере в течение 30 *мин*, а затем орошаться водой со скоростью, с какой пыль может поглощать воду.

Пыль, осевшая в выработках, должна смачиваться на глубину около 2—3 *см* или глубже в течение приблизительно одного часа. Если при этом смачивание на такую глубину не произойдет, то следует разбрызгивать больше воды на пыльную поверхность и дать подошве отстояться на один час больше, прежде чем будет вноситься хлористый кальций. В целом на 1 $м^2$ поверхности выработки требуется около 40 *л* воды.

Распределение хлористого кальция

После смачивания пыли по подошве выработки приступают с помощью лопаты к распределению хлопьев хлористого кальция. Мешки с ним, в целях равномерного распределения, расставляются

через соответствующие интервалы вдоль выработки после того, как подошва немного подсохнет.

Количественное соотношение хлористого кальция в связанной пыли (а отсюда и количество, подлежащее распределению), необходимое для сохранения в связанном слое подошвы выработки содержания влаги на уровне около 10%, зависит от влажности воздуха. Для пыли, осевшей на подошве выработки, со средней толщиной слоя от 2,5 до 5 *см*, количественное соотношение потребного хлористого кальция будет следующее:

Относительная влажность воздуха, %	Содержание хлористого кальция в пыли, необходимое для сохранения 10%-ной влаги, %	Вес хлопьев хлористого кальция, *кг/см²*
40	7	3,8
50	6	3,3
60	5	2,7
70	4	2,2
80	3	1,6
90	2	1,1

Распределение хлористого кальция нужно проводить в два приема: три четверти его распределяются через час после увлажнения пыли, а оставшаяся одна четверть вносится приблизительно через неделю. При втором распределении на более сухие участки подошвы выработки нужно насыпать больше соли, чем на влажные.

Если первоначальный слой пыли был очень толстым или если смачивание было очень глубоким, то тогда потребуется большее количество хлористого кальция. Руководствоваться при этом лучше всего общим видом подошвы выработки.

Целью таких работ является создание плотной подошвы в выработках, достаточно пластичной, чтобы переносить вдавливания при воздействии на нее ударов каблуков обуви. Обычным недостатком бывает чрезмерная сухость. Хлористый кальций растворяется за один день и сразу поглощается подготовленной на подошве выработки пылью. В результате образуется рыхлая, неустойчивая пыль. Для достижения требуемой связанности подошва выработки должна быть утоптана или утрамбована, причем чем больше подошва утрамбовывается, тем лучше.

Хлористый кальций в случае длительного соприкосновения с кожей человека может вызвать ее раздражение; он может испортить и кожаную обувь. Поэтому нельзя допускать длительного контакта людей с какой бы то ни было солью или с одеждой, пропитанной солью. Во время работ по связыванию пыли нужно носить резиновую обувь и комбинезоны, которые после употребления перед стиркой их с мылом нужно прополоскать в воде, не содержащей смачивающих добавок.

Уход за выработкой

С течением времени обработанная пыль проявляет склонность к высыханию и возвращению в прежнее, несвязанное состояние. При условии отсутствия просыпания материалов и осаждения вновь образующейся пыли этот процесс ухудшения состояния поверхности происходит медленно. Та свежая пыль, образование которой при транспортировке и по другим причинам неизбежно, должна удаляться, так как в случае соединения этой пыли с подошвой выработки происходит затвердение поверхности. Постепенное твердение поверхности будет иметь место в любом случае по мере проникновения хлорида кальция в глубь подошвы выработки.

Если подошва теряет пластичность и начинает крошиться, следует провести дополнительную обработку; предварительно нужно удалить просыпанный материал и слегка смести щеткой пыль, осевшую на поверхность.

Затем выработку слегка орошают водой и на участках, где произошло высыхание, рассыпают хлористый кальций в количестве, необходимом для восстановления условий пластичности. Для этого достаточно одной четверти количества хлористого кальция, использованного при первоначальной обработке.

При отсутствии большого просыпания или образования свежей пыли обработанная поверхность подошвы может продержаться по меньшей мере шесть месяцев, прежде чем потребуется дополнительное внесение хлористого кальция; целесообразно, однако, проводить промежуточное орошение водой, примерно через три месяца.

Применение хлористого магния

Давления паров насыщенных растворов хлористого кальция и хлористого магния достаточно низки для того, чтобы эти соли могли выполнять роль поглотителей влаги в пределах величин влажности, обычных для рудничной атмосферы.

Опыты, проведенные с хлористым магнием, дали различные результаты. Они подтверждают, что его можно использовать с таким же успехом, как и хлористый кальций, поскольку он поглощает воду приблизительно в тех же пределах влажности рудничной атмосферы. Неудачные опыты применения хлористого магния, о которых говорится в представленных некоторыми странами отчетах, следует отнести за счет условий, в которых проводилась обработка.

Применение хлористого натрия

Хлористый натрий (поваренная соль) поглощает водяной пар только в случае, когда влажность превышает 75%. В более сухом воздухе его раствор теряет воду и со временем кристаллизуется.

Для связывания пыли поваренная соль используется в разных странах. В Соединенных Штатах Америки она применялась для

обработки пыли на поверхности откаточных выработок с движением челночных вагонеток. Эта соль применяется также в Англии, в особенности в Нортумберленде. Выработки, служащие только для передвижения, обрабатываются по всей их ширине. В откаточных выработках, расположенных на свежей струе, обработка проводится только вдоль ходка шириной от 0,6 до 1,2 *м*, на стороне порожняка. Влажность рудничного воздуха превышает 80%. После обработки пыль в откаточных выработках остается влажной и пластичной до 9—12 месяцев, прежде чем потребуется возобновление обработки. Обработка заключается в очистке и выравнивании подошвы выработки или ходка, орошении водой, если имеется много пыли, и сланцевании подошвы, кровли и стенок выработки с последующим распределением по поверхности хлористого натрия слоем толщиной от 2 до 3 *мм*. Связывание пыли на подошве выработки до нужных пределов происходит в течение немногих дней.

Проводились опыты по использованию увлажненного хлористого натрия для нейтрализации угольной пыли в том виде, как она осела, имея при этом в виду не столько связывание пыли в откаточных выработках, сколько достижение безопасности против ее взрывания.

Обработка в этом случае состоит из распределения слоя соли по всем поверхностям выработки с последующим основательным смачиванием всех поверхностей, покрытых солью, с помощью оросителя. После орошения начинается испарение воды с рекристаллизацией соли, которая распределяется по всем отложениям угольной пыли и связывает ее. Через несколько дней поверхность снова орошается с тем, чтобы цикл повторился. Как уже было указано, для успешного применения этого метода влажность шахтного воздуха должна быть ниже 75%.

В результате действия хлористого натрия могут возникнуть опасные явления коррозии медных проводов, а в выработках, где используются контактные электровозы в сети с одним контактным проводом, существует серьезная опасность утечки тока. В некоторых рудниках, где этот способ тяги находит широкое применение, большее внимание уделяют очистке выработок от пыли, чем ее связыванию.

ГЛАВА XII

ОБОГАТИТЕЛЬНЫЕ ФАБРИКИ, МАСТЕРСКИЕ И ДРУГИЕ СООРУЖЕНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Меры предосторожности против пыли на обогатительных фабриках угольных шахт и металлических рудников, других горных разработок и карьеров требуют такого же серьезного к ним внимания, как и на подземных работах. Главная цель во всех этих случаях одна и та же — предотвратить вдыхание пыли рабочими; на некоторых металлургических предприятиях дополнительным стимулом для улавливания пыли служит ее промышленная ценность.

Мероприятия по борьбе с пылью, так же как и в подземных условиях, должны быть направлены на предотвращение или снижение пылеобразования и предупреждение поступления пыли в атмосферу. При тщательном изучении процессов, о которых идет речь, и увязывании с ними схемы расположения фабрики в период планирования не исключается возможность устранения или видоизменения некоторых операций, связанных с большим пылеобразованием, уменьшая этим общее пылеобразование и сокращая значительные расходы на вентиляцию и пылеулавливающие установки.

Планирование и сооружение крупных установок для борьбы с пылью на обогатительных фабриках требует обширных теоретических и практических знаний. Поэтому, как общее правило, выбор их конструкций и монтаж рекомендуется поручать специальным организациям, обладающим соответствующим опытом и располагающим необходимыми данными для расчета деталей оборудования, включая отсасывающие системы трубопроводов, которые на обогатительных фабриках часто бывают очень разветвленными.

Вместе с тем исключительно полезно присутствие на самом горном предприятии лиц, ответственных за борьбу с пылью, и инженерно-технических работников, знакомых с основными понятиями о методах улавливания пыли. Обогатительные фабрики часто реконструируются или в них изменяются пылеотсасывающие системы; в этих

случаях, если никто на предприятии не обладает знаниями основных принципов процесса, изменения могут быть выполнены неправильно, с большой потерей времени и денежных средств.

Вода

Наиболее важным мероприятием для борьбы с пылью является использование воды везде, где это только возможно. Если весь материал, подлежащий обработке или транспортировке, поддерживать во влажном состоянии, то этим будет достигнуто предотвращение образования больших количеств пыли. В то же время регулярная очистка с помощью воды площадей, расположенных вблизи пылеобразующих установок, будет способствовать избежанию скоплений пыли и поможет создать чистую атмосферу. В дополнение к своей сравнительно небольшой стоимости вода, если ее применять правильно, всегда дает хорошие результаты.

Проектирование строений

Проекты строительных работ должны предусматривать в сооружениях наличие достаточного воздушного пространства и хорошего освещения; строения должны быть по возможности выполнены так, чтобы поверхности, которые могли бы служить местами скопления пыли, были сведены к минимуму. Полы должны быть ровными, непроницаемыми для воды, с уклоном в направлении должным образом устроенных водостоков. Свободные пространства и проходы должны содержаться в чистоте и не загромождаться ненужными материалами. В мокрых технологических процессах следует избегать разбрызгивания шламов и туманообразования, а оборудование должно быть установлено таким образом, чтобы его можно было легко смывать и содержать в чистоте.

Общая вентиляция

На всех больших фабриках необходимо специально предусматривать устройство соответствующей вентиляции. Этот объект нужно рассматривать с двух точек зрения: во-первых, общая вентиляция и, во-вторых, вспомогательная отсасывающая вентиляция у определенных источников пылеобразования. При проектировании систем вентиляции для обогатительных фабрик и мастерских будет обнаруживаться, что каждый отдельный проект представляет свои особые проблемы и требует своих особых решений; эти требования изменяются в зависимости от конкретного объекта и зависят как от местных климатических условий, так и от характера операций и материала, подлежащего обработке. Там, где отсутствует сильное пылеобразование, естественная вентиляция часто бывает достаточной для удовлетворения требований воздухообмена общего проветривания.

Вспомогательная вентиляция

С помощью вспомогательной вентиляции надлежит решать следующие проблемы: улавливание пыли и предотвращение ее проникновения в рабочие помещения; транспортировка ее по трубопроводам от отсасывателей, улавливающих определенный процент пыли; удаление ее после отсасывания и выпуск подходящим для этого способом.

Хорошо спроектированная система отсасывания, в которой соблюдены правильные условия протекания, очень сложна (рис. 94). Количество, расположение и конфигурация пунктов отсоса, длина, изгибы и диаметр трубопроводов и производительность вентиляторов определяются с учетом их взаимосвязи. Поэтому нетрудно понять, что любое изменение в одном только месте данной системы будет отражаться на всей системе в целом.

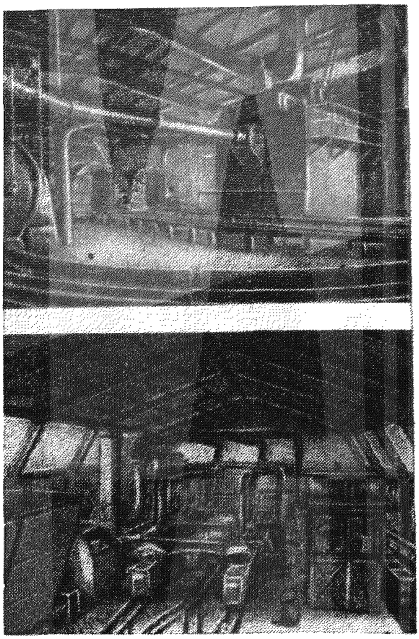


Рис. 94. Схемы вытяжной вентиляции в надземных сооружениях

Распространение пыли вблизи пунктов, где выполняются технологические процессы или рабочие операции, в большей мере зависят от изменения скорости воздуха, происходящего в результате перемещения воздуха при падении материалов или движения каких-либо объектов. Задача, таким образом, состоит в том, чтобы снизить до минимума беспорядочное движение воздуха за счет соответствующего конструктивного выполнения, с последующим отводом воздуха на участок, где происходит технологический процесс, и направлением его затем в систему отсасывания вместе с пылью, используя при этом везде, где возможно, преимущества соответствующих ограждений. Хотя полное укрытие источников пыли и желательно из соображений эффективности вентиляции, однако существует ряд рабочих операций, где практически это не осуществимо, так как необходимо обеспечивать свободное передвижение и беспрепятственное наблюдение за технологическими процессами.

Вытяжные колпаки

Особое внимание нужно обращать на всасывающие отверстия, где улавливается поднятая пыль. Эффективность отсасывания в значительной степени зависит от того, каким образом эти отверстия

ограждены и как выполнены соединения с системой с аэродинамической точки зрения.

Вытяжным колпакам должна быть придана форма, позволяющая им постепенно сливаться с трубопроводом (рис. 95). В противном

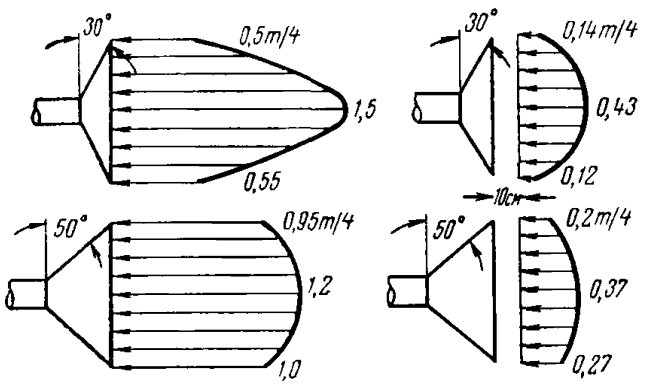


Рис. 95. Приемные отверстия вытяжных колпаков (рисунки показывают влияние угла наклона вытяжных колпаков на распределение скорости у входа)

случае скорость воздуха на внутренних краях значительно упадет и будет недостаточной для надежного отсасывания запыленного воздуха по всей окружности колпака. Широкие отверстия можно

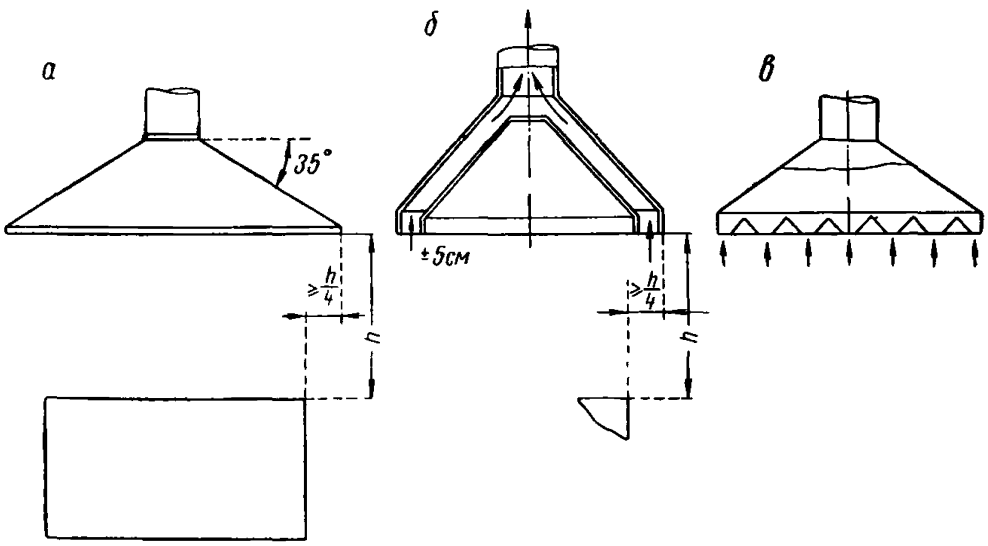


Рис. 96. Вытяжные колпаки зонтичного типа для отвода продуктов сгорания или паров:

а — положение зонта в отношении резервуара, подлежащего проветриванию; *б* — зонт с внутренним колпаком; *в* — зонт, оборудованный отражателями

уменьшить с помощью отклоняющих планок. Образующееся дополнительное завихрение может быть устранено глушителями. У колпаков с отсасыванием по горизонтали, имеющих слишком большие

отверстия, было найдено целесообразным частичное их перекрытие (рис. 96).

Несколько типичных конструкций вытяжных колпаков изображено на рис. 97. Как можно видеть, они выполняются с навесами, в виде боковых колпаков, с всасывающими прорезями, как опрокинутые колпаки, когда пыль затягивается вниз в направлении к нижней части стенда или рабочей площади, а также в виде различных типов гибких или передвижных колпаков.

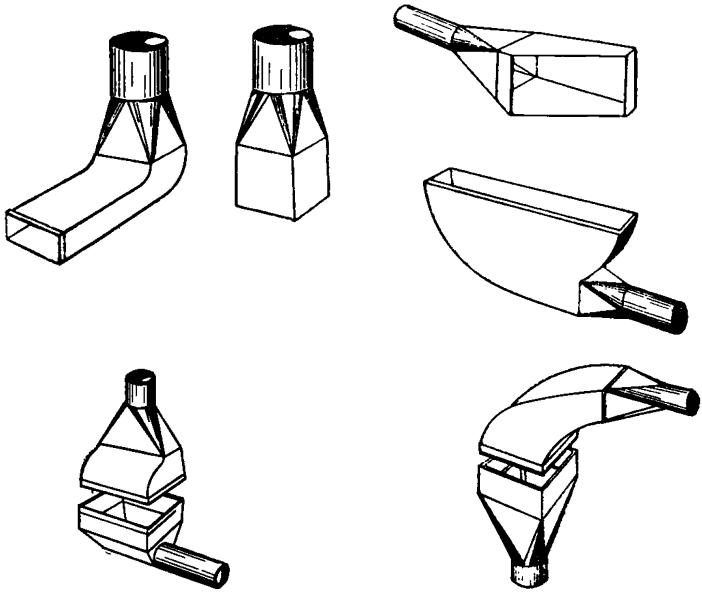


Рис. 97. Несколько типичных конструкций вытяжных колпаков для машин, работающих с пылеобразующим материалом

Скорость улавливания должна быть достаточной для преодоления возникающего при технологическом процессе движения воздуха в наружную атмосферу, но и достаточно низкой внутри ограждения, чтобы избежать взметывания пылевидного материала. Минимальные скорости должны быть выше, чем нормальные скорости воздуха в помещении, которые достигают по меньшей мере 25 *см/сек* и, как общее правило, 75 *см/сек*. Если частицы выбрасываются с большой скоростью в определенном направлении, следует применять фигурные колпаки со скоростью всасывания, превышающей скорость частиц. Рис. 98 дает представление о быстроте, с какой уменьшаются скорости вблизи входного отверстия всасывания.

Объем воздуха, подлежащего отсасыванию, зависит от площади, на которой требуется проводить пылеулавливание, и расстояния, которое отделяет колпак от места технологического процесса.

Поскольку этот объем является произведением скорости и площади, то ясно, что чем меньше будут отверстия, тем больше будет сэкономлено энергии и оборудования для отсасывания пыли.

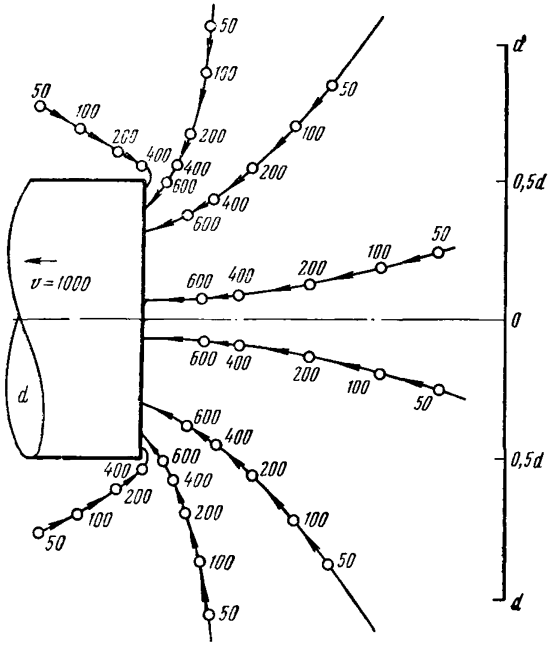


Рис. 98. Падение скорости движения воздуха вблизи всасывающего кругового отверстия по мере увеличения расстояния от входа

Трубопроводы

Пыль, увлекаемая воздухом, отводится от мест ее образования через систему трубопроводов. Трубопроводу по возможности следует придавать обтекаемую форму, избегая резких изгибов или изменений поперечного сечения (рис. 99).

Размеры ответвлений трубопровода должны быть рассчитаны так, чтобы обеспечить потребный объем воздуха в каждом месте, а общее сопротивление системы должно быть определено с учетом требований, предъявляемых к соответствующему вентилятору. Правильные условия протекания воздуха будут зависеть не только от диаметра трубопровода, но и от количества, расположения и конфигурации мест отсоса, длины трубопровода, количества и формы колен и соединений. Несколько примеров правильной и неправильной конструкции трубопроводов приведено на рис. 100.

Скорость движения в трубопроводах должна быть в пределах от 900 до 1200 *м/мин* в зависимости от типа трубопровода. Скорости в главном трубопроводе должны быть немного выше, чем в ответвлениях. Регулирование скорости следует осуществлять путем подбора размеров труб, избегая применения регулирующих демпферов или воздушных заслонок. На практике часто можно использовать имеющиеся в наличии трубы стандартных размеров, хотя в очень крупных сооружениях может оправдать себя применение специально изготовленных труб заданного размера.

Расчет сопротивления системы производится пу-

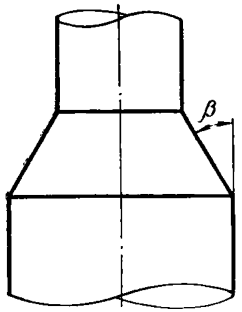


Рис. 99. Изменения диаметра в трубопроводе (для сужения β не должно превышать 30°; для расширения β не должно превышать 10°).

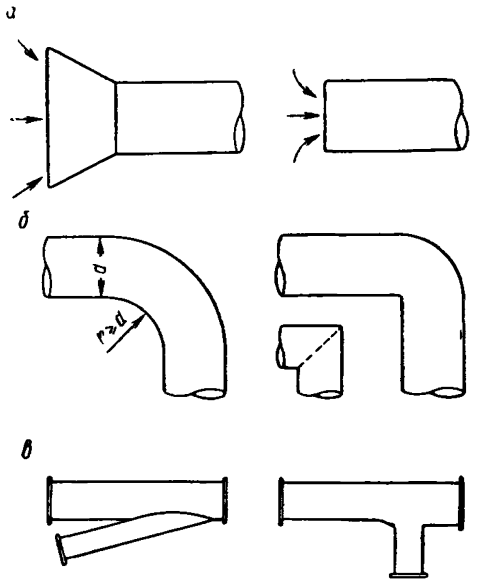


Рис. 100. Примеры правильного (слева) и неправильного (справа) конструктивного выполнения труб:

а — вход в трубопровод; *б* — изгибы; *в* — ответвления

тем определения суммы потерь сопротивления на каждом из следующих мест:

впуск в колпак или трубопровод;

ответвления трубопровода;

главный трубопровод;

пылеулавливающие установки — вход, участок фильтра и выход;

соединение к вентилятору и от вентилятора к выходному отверстию.

В расчет должны быть включены все потери, возникающие в изгибах, переходных деталях и соединениях, и, наконец, из общей суммы следует вычесть величину восстанавливающегося давления на выходе из вытяжной трубы или диффузора.

Конструкция трубопровода должна обеспечивать возможность технического ухода за ним после монтажа системы. Требования в этом

отношении должны включать наличие соответствующих смотровых отверстий и проведение мероприятий против коррозии и истирания.

Мелкие частицы (менее 10 *мк*) могут вызвать очень быстрый износ труб, в особенности в изгибах. В целях его предотвращения было испробовано наращивание толщины стенок в этих местах, применение резиновой футеровки и плоскобортных колен с подвижными планками.

Полезным мероприятием является впуск воздуха через небольшие прорези, сделанные на наружной стороне трубы, что создает свободную от пыли воздушную подушку в местах, подверженных износу.

Отсасывание пыли

В борьбе с пылью при рабочих операциях на дневной поверхности и в подземных условиях существуют два главных различия. Во-первых, количество пыли, подлежащее охвату и отсасыванию, намного больше того, которое встречается в нормальных условиях в подземных выработках; пылевая нагрузка у пылеуловителя на дневной поверхности измеряется уже не в миллиграммах, а может достигать нескольких сотен килограммов в час. Во-вторых, пыль из пылеуловителя может выпускаться через высокую вытяжную трубу в атмосферу, где она разжижается и рассеивается, не причиняя вреда. Из этих соображений можно разрешать выпуск относительно высоких концентраций пыли и могут использоваться пылеуловители, не обладающие высокой эффективностью улавливания частиц вдыхаемой пыли.

Оборудования для улавливания пыли

Выбор пылеулавливающего устройства зависит от количества, вида и гранулометрического состава данной пыли с учетом заданной степени чистоты выпускаемого воздуха. Это, в свою очередь, зависит от таких факторов, как плотность населения в местности, где расположена фабрика, и опасность, которой подвергаются живущие вблизи люди от действия выпускаемой в атмосферу пыли. По принципу действия имеющиеся типы пылеулавливающих устройств могут быть классифицированы следующим образом:

гравитационное осаждение — осадительные камеры;
центробежное осаждение — циклоны (мокрые и сухие);
инерционное осаждение — импинжеры (мокрые и сухие);
фильтры — ткань и другие материалы;
электростатическое осаждение.

В главе V было дано описание принципа действия циклонов, а также механических центробежных скрубберов, которые в большой мере отвечают требованиям, обычно предъявляемым к расположенным на поверхности горнообогатительным фабрикам. В той же главе содержится описание некоторых типов тканевых фильтров, использование которых на обогатительных фабриках является более специализированным, а также упомянуто электростатическое осажде-

ние. Не отмеченными в указанной главе остались пылеосадители гравитационного и инерционного типов. В основу действия первых, примером которых может служить простая осадительная камера, положена функция времени, которое при прохождении пыли через камеру должно быть достаточно продолжительным, чтобы пыль могла опуститься на дно камеры, где она и остается. Размер осадительной камеры для удаления мельчайших частиц сделал бы ее использование как таковой практически неосуществимым, но они часто применяются в сочетании с другими типами фильтров для удаления более крупных частиц.

Группа сепараторов — инерционного типа, в которых пыль осаждается в результате внезапной перемены направления под действием одного или нескольких рядов отражателей, — часто применяется на горнообогатительных фабриках. Коэффициент пылеулавливания этих сепараторов достаточно высок для удовлетворения большинства предъявляемых требований, конструкция их проста, технический уход за ними несложен, а очистка — при условии оборудования их оросителями высокого давления — не представляет затруднений.

Высокая стоимость электростатического осаждения может оправдать себя только в исключительных случаях, а применение тканевых фильтров исключается ввиду высокой пылевой нагрузки и возможности выпуска мелких частиц в атмосферу, кроме случаев, когда пыль улавливается как ценный материал или ввиду ее токсичности. Вместе с тем в случаях рециркуляции воздуха, т. е. когда очищенный воздух будет подаваться в зоны дыхания людей, следует применять фильтры или электростатическое осаждение.

Пылеулавливающие устройства первых трех типов неэффективны в отношении вдыхаемой пыли, и отсасываемый воздух они выбрасывают в атмосферу. Вместе с тем циклоны и различные типы мокрых скрубберов обладают преимуществом в отношении простоты их конструкции и исключительной надежности и долговечности наряду с относительно низким сопротивлением воздушному потоку, вследствие чего они находят применение на обогатительных фабриках металлургических предприятий, равно как и для многих промышленных целей. В случаях высоких пылевых нагрузок рекомендуется предусмотреть непрерывное удаление пыли с помощью таких устройств, как мокрые пылесборники, из которых пыль удаляется в виде шлама. В этих устройствах следует использовать только чистую воду; потребное количество ее составляет от 6 до 12 *л* на 10 $м^3/мин$ воздуха.

На большинстве обогатительных фабрик горнорудных предприятий предпочтение отдают централизованной системе расположения пылеуловителей мокрого типа, хотя и децентрализованные системы, несмотря на их высокую стоимость, могут обладать известными преимуществами в смысле упрощения схем трубопроводов.

Наиболее распространенными пылеуловителями на угольных обогатительных фабриках были до настоящего времени устройства типа циклонов, хотя практика последних лет указывает на

возрастающий интерес к мокрым пылеуловителям типа очистителя Вентури и к механическим скрубберам. Наблюдающаяся повышенная озабоченность в отношении загрязнения воздуха и тенденция к сооружению фабрик в густонаселенных местностях выдвинули требования к разработке более эффективных мероприятий, ведущих к быстрому прогрессу в деле борьбы с пылью.

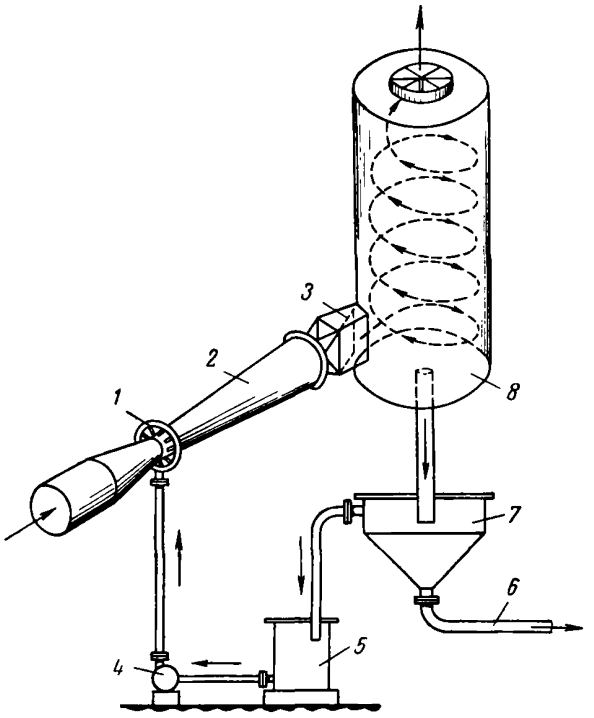


Рис. 101. Простой мокрый пылеуловитель с трубкой Вентури:

1 — оросители; *2* — трубка Вентури; *3* — дроссельный клапан; *4* — циркуляционный насос; *5* — поступление свежей воды; *6* — выпуск шлама; *7* — отстойник; *8* — пылеотделитель

Таким образом, выбор более подходящего оборудования можно сделать среди мокрых сепараторов типа скрубберов или ударного (динамического) типа, в которых сочетается действие вентилятора с очисткой воздуха. Для централизованных систем особенно целесообразно применение пылеулавливающих устройств типа скрубберов с автоматическим выбросом шлама, работающих относительно безаварийно при условии использования больших количеств воды. В большинстве случаев вода со шламом может выпускаться в одну из систем циркуляции воды на обогатительной фабрике. Циклоны требуют к себе больше внимания и подвержены забиванию, если

в них попадают крупные фракции материала или посторонние тела или если они используются во влажных условиях.

Следует отметить также сухой тип ударных (динамических) пылеуловителей, в которых пыль осаждается под действием центробежных и динамических сил, возникающих при использовании большого количества вентиляторных лопаток специальной формы. Собранная пыль удаляется в камеру посредством циркуляции самого аппарата.

В комбинированных мокрых и сухих пылеуловителях используются принципы, заложенные в конструкциях циклонов или инерционных отражателей с применением водяных ванн или распылителей для смачивания частиц пыли с тем, чтобы их можно было смыть. В этих устройствах, как и во всех типах скрубберов, большое значение имеют отделители (элиминаторы) не только для предотвращения переброса влаги, но и для содействия улавливанию еще не связанных частиц пыли. Отделители выполняются обычно в виде зигзагообразных отражателей.

Другим типом устройств является очиститель Вентури (рис. 101), широко применяющийся в небольших установках. Здесь вода, распыляясь, подается в засасывающее отверстие, выполненное в виде трубки Вентури впереди циклона, причем факел распыляемой воды подводится к самому узкому месту трубки Вентури, перпендикулярно к струе поступающего запыленного воздуха под давлением до 2 $кГ/см^2$. Внезапное изменение направления при высокой скорости превращает струю воды в туман, который и смачивает частицы пыли, осаждающейся затем в циклоне.

Одним из устройств является мокрый центробежный обеспыливатель (ротоклон), в котором запыленный воздух отсасывается через воду (см. рис. 70).

Удаление пыли

Решение вопроса удаления собранной пыли и отсасываемого воздуха во многом зависит от местных условий. Во многих случаях шлам или задержанная в сборнике пыль возвращается на горно-обогатительную фабрику и вводится в цикл в соответствующем месте; в противном случае пыль должна удаляться так, чтобы она не могла вновь перейти во взвешенное состояние. Там, где пыль транспортируется на большие расстояния, применяется пневматическое оборудование, уменьшающее опасность вредного действия пыли. Выпуск пыли через вытяжные трубы зависит от местных условий, законодательства, относящегося к предотвращению загрязнения атмосферы, плана улавливания ценной пыли и т. п.

Отложившаяся пыль

Движение воздуха и конвекционные токи на обогатительных фабриках препятствуют полному улавливанию мелкой пыли в различных цехах фабрик. Следовательно, избежать отложения пыли

полностью нельзя, и с течением времени она будет осаждаться на горизонтальных поверхностях, например под лентами конвейеров. Часто она поднимается в воздух при употреблении щеток, что приводит к образованию нежелательных и вредных облаков пыли. Удовлетворительные результаты при удалении отложившейся пыли могут быть достигнуты с помощью передвижных пылесосов промышленного типа, снабженных фильтрами для тонкодисперсной пыли,

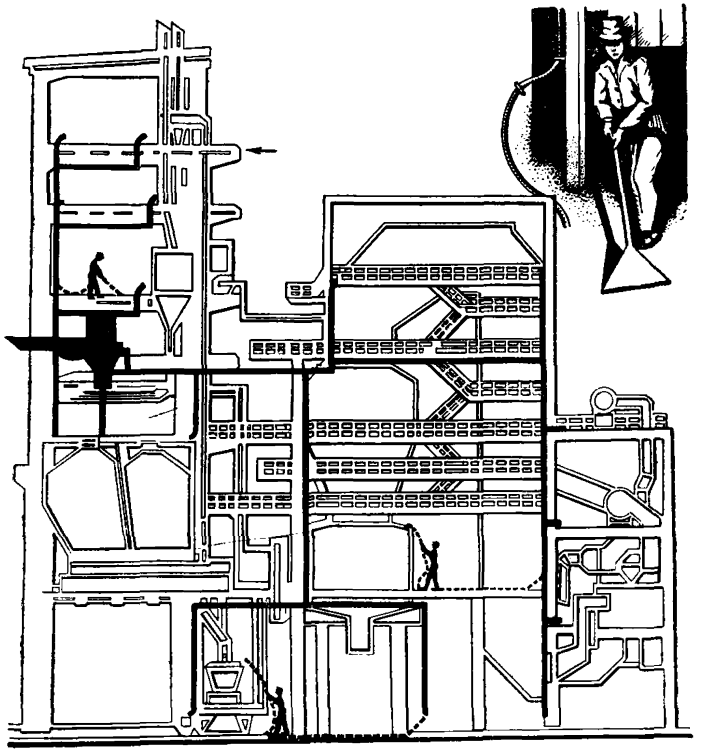


Рис. 102. Схематический план постоянной аспирационной системы пылеулавливания, показывающий применение всасывающей головки

или пневматических пылеотсасывающих устройств стационарного типа (рис. 102); можно также применять воду для смачивания отложившейся пыли с отводом ее в водостоки.

УГЛЕОБОГАТИТЕЛЬНЫЕ ФАБРИКИ

В то время как опасность пыли в подземных выработках известна уже на протяжении многих лет, существовала тенденция не обращать внимания на подобную опасность на дневной поверхности при обработке и обогащении полезных ископаемых. Между тем на

обогатительных фабриках, расположенных на поверхности, эта опасность даже возрастает в связи с тем, что на них работают молодые люди и женщины или случайные рабочие, в отношении которых проведение регулярных медицинских осмотров может быть сопряжено с трудностями. Нужно тщательно следить за тем, чтобы соответствующие мероприятия по борьбе с пылью проводились в указанных ниже местах.

Опрокидыватели

Опрокидыватели, обычно применяемые для разгрузки вагонеток, представляют собой источник большого пылеобразования и поэтому должны быть по возможности закрытыми. В силу их неизбежно больших размеров требуются относительно большие количества воздуха для удаления освобождающейся пыли. В дополнение к боковому отсосу снизу рекомендуется устраивать отвод для отсасывания в верхней части опрокидывателя. При возможности практического осуществления впускное и разгрузочное отверстия следует закрывать резиновыми завесами.

Всасывающее отверстие должно находиться на стороне, противоположной стороне опрокидывания, чтобы обеспечить максимально возможное улавливание облаков пыли, образующихся при опрокидывании.

Для дальнейшего улавливания образующейся из разгружаемого материала пыли успешно применяется следующее устройство. После того как одна вагонетка выходит из опрокидывателя, она задерживается при помощи автоматического устройства и дальнейшее движение может начать только после опрокидывания следующей вагонетки. Во время этого периода ожидания вагонетка находится под вытяжным колпаком, через который отсасывается поднимающаяся из вагонетки пыль. Это устройство в значительной мере способствует снижению концентрации пыли в пространстве, прилегающем к шахтному стволу.

Если уголь после разгрузки в опрокидывателе поступает непосредственно в бункер, то он должен перемещаться по закрытому скату. В этом случае отверстие всасывания должно быть на стороне ската, причем необходимо тщательно следить за тем, чтобы он не был забит углем. Бункера также должны быть соединены с системой отсасывания.

Если уголь из опрокидывателя падает на ленточные конвейеры, то они должны быть закрытыми и соединены с системой отсасывания (рис. 103).

Грохоты

Если при разгрузке угля грохоты устанавливаются непосредственно под опрокидывателем, то при этом происходит много добавочного просыпания угля и в результате поднимается много пыли. При закрытых грохотах можно поддерживать частичный вакуум; если

же грохоты не закрыты, то их нужно оборудовать соответствующими вытяжными колпаками.

Грохоты предварительной сортировки должны быть закрыты и иметь вытяжные отверстия в количестве, соразмерном с величиной площади грохочения, или быть оборудованы вытяжными колпаками. Выход материала под грохотом также должен быть соединен с системой отсасывания.

Если грохоты установлены под бункером для рядового (несортированного) угля, то они, как и бункер, должны быть соединены

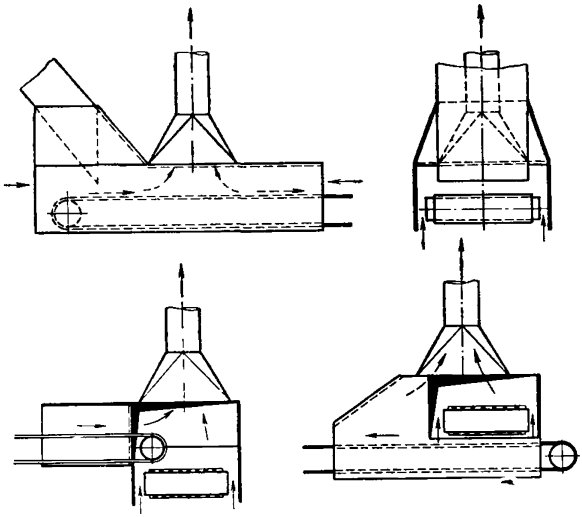


Рис. 103. Ограждение и отсос пыли в местах перегрузки

с системой отсасывания. Количество воздуха, необходимое для отсасывания поднимающейся пыли, должно соответствовать количеству падающего в бункер угля. Качающиеся грохоты создают в бункерах или разгрузочных воронках под ними избыточное давление. Для избежания этого следует предусмотреть более крупные соединения для отсасывания на бункерах или разгрузочных воронках, чем при использовании вибрационных грохотов.

Породоотборные ленты

Укрытия и вытяжные колпаки качающихся грохотов рекомендуется устраивать так, чтобы пыль удалялась и при разгрузке на породоотборные ленты. Здесь пыль, образующаяся главным образом при сбрасывании промежуточного продукта и породы в сборные бункера, лучше всего может отсасываться при разгрузке материала из бункера на ленточные конвейеры. Значительное количество пыли

образуется вследствие сбрасывания кусков дерева и пустой породы, что может ухудшить условия запыленности в окружающем пространстве даже при наличии вполне удовлетворительного улавливания пыли.

Разгрузочный конец породоотборной ленты также должен быть соответствующим образом закрыт и оборудован вытяжными приспособлениями.

Дробильные установки

Там, где уголь транспортируется к дробильной установке, должно быть предусмотрено улавливание пыли; в случае применения валковых дробилок отводы к системе отсасывания должны быть предусмотрены как на загрузке, так и на разгрузке. При дробилках ударного типа отсасывание требуется только на разгрузке, но при этом необходимо, чтобы были установлены вытяжные колпаки достаточно большого размера во избежание улавливания чрезмерного количества крупных фракций материала.

Транспортное оборудование

Важное значение имеет улавливание пыли, поднимающейся в воздух при использовании транспортного оборудования, соединяющего между собой различные цехи и узлы на обогатительной фабрике, в особенности при работе всех видов конвейеров, ковшовых элеваторов, скатов и т. п. Ковшовые элеваторы должны быть закрыты и соединены с системой отсасывания в местах погрузки и разгрузки.

Конвейеры

Вытяжные колпаки должны быть установлены во всех местах разгрузки и перегрузки конвейерного транспорта. Транспортируемый материал должен разгружаться под таким углом и при такой высоте падения, которые обеспечивают улавливание пыли. Удаление большого количества пыли, образующейся при перегрузке материала с конвейерной ленты на транспортные средства на нижележащем горизонте, является более трудным. Как общее правило, эти места должны быть полностью закрыты и присоединены к системе отсасывания (см. рис. 103).

В местах перегрузки пыль лучше улавливается с конца первого конвейера, чем с головной части второго. На рис. 103 можно видеть, что вытяжной колпак смонтирован на укрытии в месте разгрузки в направлении движения. Он должен находиться на достаточном расстоянии от места падения материала, чтобы дать возможность некоторому количеству пыли осесть в укрытии, прежде чем она будет выдана наружу с движущейся лентой конвейера. Все места перегрузки должны быть снабжены легко передвигающимися резиновыми завесами, так как вследствие различной высоты груза на конвейерах

прикрытие над конвейером нельзя пригнать достаточно плотно. Такие завесы на горных предприятиях можно изготовлять из старых конвейерных лент.

Бункера

Бункера могут представлять собой источники значительного пылеобразования; поэтому они должны быть закрытыми и находиться под всасыванием. Вытяжные отверстия должны быть расположены в верхней части бункера или вблизи нее. Количество воздуха, подлежащего отсасыванию, зависит от количества воздуха, перемещаемого падающим материалом и увлекаемого при падении, и определяется величиной, достигающей десятикратного значения объема материала, в зависимости от конкретных условий.

На некоторых фабриках бункера для рядового угля в силу необходимости помещаются между грохотами и углемойкой для создания возможности регулирования потока угля. Конвейерные ленты, проходящие над местами разгрузки, всегда должны быть присоединены к системе отсасывания.

Погрузочные устройства в бункерах, как общее правило, должны быть закрыты. Соединение с отсасывающей системой лучше всего располагать на своде бункера, так как благодаря такому устройству воздух, движущийся с подаваемым материалом, не захватывается и отсасываются только облака пыли.

При скиповом подъеме мерой против пылеобразования может служить оборудование бункера, в который разгружается скип, осадительной камерой, где может быть задержан воздух, перемещаемый при разгрузке материала из скипа, и тем самым предотвращено взметывание пыли. Первое отверстие всасывания для удаления пыли следует предусмотреть при разгрузочном отверстии бункера. Разгрузочный ленточный конвейер должен быть закрыт полностью.

РУДООБОГАТИТЕЛЬНЫЕ ФАБРИКИ

Рудообогатительные фабрики обычно состоят из двух различных по своему назначению отделов. Это — цех дробления и цех обогащения, или извлечения. Цех дробления может находиться под одной крышей с другими отделениями фабрики, расположен вблизи нее или находиться в непосредственной близости от главного подъемного шахтного ствола. Иногда дробление руды производится под землей (см. главу XIV).

Хотя самая большая опасность вредного действия пыли существует в процессе работ дробильного цеха и при транспортировке руды, однако ни один из производственных процессов на современной обогатительной фабрике не должен выпадать из поля зрения в смысле необходимости борьбы с пылью. Отделение тяжелых минералов от более легкой породы достигается с помощью различных типов отсадочных машин, мокрым обогащением, дезинтеграторами, флотацией, разделением в тяжелых жидкостях и другими способами,

которые не представляют большой опасности в отношении пылеобразования, так как при всех этих способах применяется вода. Процессы плавки, которые могут включать в себя операции по обжигу, обработку в печах, рафинирование и обработку побочных продуктов, представляют собой в отношении пылеобразования бо́льшую или меньшую опасность в зависимости от вещественного состава материала. Внимательное отношение и осторожность требуется также при обработке и складировании различных, возможно, пыльных материалов для технологических процессов, например извести, флюсов и других добавок.

Доставка и транспортировка горной массы

В большинстве случаев несортированная горная порода поступает непосредственно в бункера большой емкости, откуда она транспортируется к установке первичного дробления по рельсовым путям, канатной тягой, ленточными конвейерами или дизельными грузовиками. Места разгрузки, опрокидыватели вагонов, приводные головки ленточных конвейеров, желоба, непосредственно питающие бункера — все они являются источниками пылеобразования. Если горная масса поступает очень пыльная, то в указанных местах должны устанавливаться оросители. В зависимости от местных условий для опрокидывателей и желобов может потребоваться укрытие и вытяжная вентиляция, как и на углеобогатительных фабриках.

Камнедробильная установка

Обычная дробильная установка, расположенная на руднике или обогатительной фабрике, состоит из щековых или конусных дробилок, представляющих собой оборудование для первичного дробления, с последующей стадией среднего дробления в конусных дробилках. В прошлом для среднего дробления широко применялись свободно падающие стержни, которые применяются еще и в настоящее время.

Дробилки первой стадии дробления по возможности должны быть закрытыми как на стороне питания, так и на стороне разгрузки и оборудованы вытяжной системой. Поскольку крупная руда обычно собирается в бункере и может высыхать, необходимо предусмотреть устройство оросителей для материала, поступающего в дробилку. Укрытие конусных дробилок не представляет затруднений; они должны быть также оборудованы вытяжными устройствами как наверху, так и внизу.

Мелкое дробление производится с помощью шаровых, трубчатых или стержневых мельниц. Поскольку это измельчение является мокрым процессом, полностью закрытым, в атмосферу попадает немного пыли; любое количество ее, получающееся при этих процессах, образуется вследствие просыпания материала, на что следует обращать должное внимание.

Ленточные конвейеры

Использование оросителей на передаточных пунктах ленточных конвейеров представляет известные трудности, поскольку чрезмерная влажность может вызвать нарушения в протекании процесса как в системе конвейерного транспорта, так и на грохотах, куда подается горная масса. Необходимо тщательно регулировать оросители в соответствии с местными условиями; в необходимых случаях

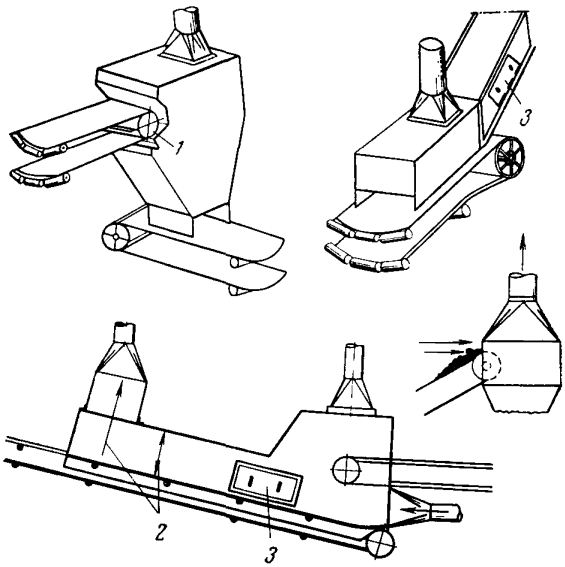


Рис. 104. Типичные конструкции вытяжных колпаков в системе ленточных конвейеров:

1 — скребок ленты; *2* — просвет, достаточный для ограничения высоты материала; *3* — смотровое отверстие

следует обеспечить ограждение с устройством принудительных вытяжных приспособлений. Места отсасывания воздуха должны находиться вблизи разгрузочного конца укрытия с тем, чтобы использовать естественное движение воздуха, создаваемое падающим материалом (рис. 104). Так же, как и на углеобогатительных фабриках, свободное падение материала с одного конвейера на другой следует сводить к минимуму; при этом используют подвижные завесы для сокращения размеров необходимых отверстий.

Бункера

Замечания, касающиеся бункеров на углеобогатительных фабриках, в равной мере относятся и к бункерам рудообогатительных фабрик на дневной поверхности.

Грохоты

На современных рудообогатительных фабриках наиболее распространенными являются грохоты вибрационного типа. Здесь пылеобразование зависит также от количества содержащейся в руде влаги, но в большинстве случаев бывает достаточным укрытие места разгрузки, если это место и пункт питания будут оборудованы отводами к вытяжной системе; если этого окажется недостаточно, следует установить вытяжные колпаки. Количество воздуха принимается равным приблизительно 1,5—2 $м^3/мин$ на 1 $м^2$ площади грохочения. Присоединение к трубопроводам должно осуществляться посредством устройства «немедленного разъединения» (рис. 105).

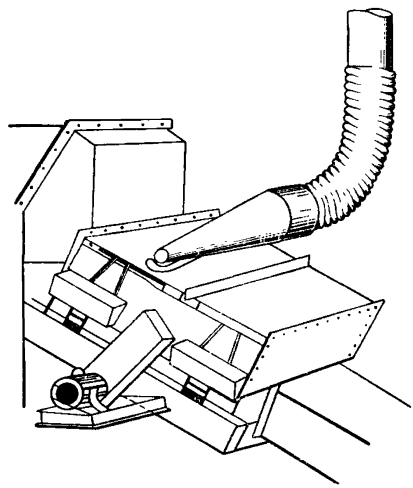


Рис. 105. Отсос пыли на грохоте

Значительное снижение пылеобразования на многих грохотах может быть достигнуто путем уменьшения свободного падения материала, проходящего через них в приемную воронку.

Породоотборные и рудоразборные ленты

На фабриках, где имеются породоотборные или рудоразборные отделения, наиболее удовлетворительное решение будет заключаться в его полной по возможности изоляции и устройстве вспомогательной вытяжной вентиляции для отвода освобождающейся пыли в сторону от занятых здесь рабочих с направлением вентиляционной струи вниз через скаты в сортировочные бункера.

Поскольку выпуск отсортированной пустой породы в бункерах находится обычно на открытом воздухе, этот процесс в большинстве случаев не представляет опасности, так как вся образующаяся пыль в должной мере рассеивается. В особых случаях, однако, может возникнуть необходимость в устройстве вытяжной вентиляции.

Вращающиеся барабанные фильтры

Иногда в цикле работ этих фильтров, в стадии «продувки», происходит освобождение пыли в атмосферу. Хотя в большинстве случаев этого количества пыли недостаточно для создания опасности для здоровья, тем не менее, в случае работы с горячей пульпой,

вредность пыли может возрасти вследствие конденсации. Для рассеивания пыли можно использовать нагнетательную вентиляцию. Если данные анализа проб пыли будут указывать на наличие опасных концентраций освобожденной пыли, необходимо прибегнуть к вытяжной вентиляции.

Плавильные печи

В плавильных и рафинировочных цехах может возникнуть опасность пылеобразования, например при обработке обожженных материалов. В этих случаях рекомендуется использование колпаков с присоединением к вытяжной системе с отдельным фильтром.

Пылеобразование при других рабочих операциях

Среди вспомогательных операций нужно отметить работы по насыпке и разгрузке мешков. Частые перемещения мешков и другие рабочие операции с упакованными в них пылеобразующими материалами требуют полного укрытия или устройства колпаков с вытяжной вентиляцией. Размещение или ремонт мешков, в которых хранились пыльные материалы, требует также контроля в отношении пылеобразования, а в случае необходимости — тех же условий, какие указаны выше.

При смешивании тонко разделенных материалов вручную или машинами требуется вытяжная вентиляция и устройство колпаков или применение соответствующих укрытий.

ПРОБИРНЫЕ ЛАБОРАТОРИИ

Работа в пробирных лабораториях заключается в приеме и сортировке образцов руд или угля, дроблении или измельчении этих образцов, определении их содержания и анализе. Конусные дробилки и дисковые истиратели, применяемые при этих операциях, могут вызвать образование большого количества пыли. Измельченные руды подвергаются взвешиванию, квартованию, смешиванию с флюсами, что также может привести к пылеобразованию.

Дробильные установки для крупного и мелкого дробления должны быть соединены с системой отсасывания для удаления пыли, переходящей во взвешенное состояние. В системе должна быть предусмотрена небольшая фильтровальная установка с выпуском в атмосферу.

При расположении вытяжных устройств в режиме работы дробильных установок необходимо внимательно следить за тем, чтобы вследствие удаления слишком большого количества пыли или в результате загрязнения не нарушалась представительность образцов. Дробилки нужно очищать с помощью пневматических зондов или пик, но при этом необходимо внимательно следить за тем, чтобы сжатый воздух не включался, пока происходит процесс отсасывания пыли от дробильных установок.

В помещениях дробильного цеха должна быть предусмотрена соответствующая общая вентиляция.

Все столы и прочие рабочие места, где проводятся работы с дробленными образцами, должны быть оборудованы вытяжными колпаками или другими пылеотсасывающими устройствами. Целесооб-

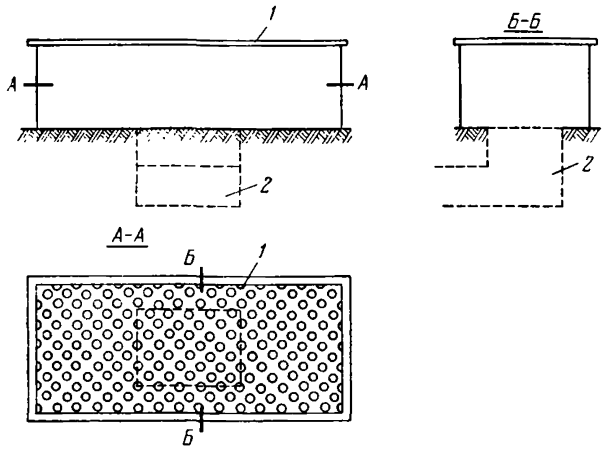


Рис. 106. Стол для проб в пробирной лаборатории:

1 — верхняя часть ствола из перфорированной пластины; *2* — вытяжной трубопровод под полом

разно в качестве заменителей укрытий или вытяжных колпаков применять столы с перфорированной поверхностью, через которую воздух отсасывается в трубопровод внизу стола (рис. 106).

РУДНИЧНЫЕ МАСТЕРСКИЕ

На крупных рудниках имеются различные мастерские, предназначенные для ремонта мельниц, транспортных средств, электродвигателей, для сварочных работ, заточки буров, а также кузнечные и котельные цехи, в которых может иметь место пылеобразование. Здесь находят применение те же мероприятия в отношении чистоты, планировки и технического ухода, которые были уже указаны выше относительно зданий, т. е. использование воды, вытяжная вентиляция и меры по ограждению источников пылеобразования.

Бурозаправочные мастерские

В свое время в бурозаправочных мастерских крупных рудников, куда ежедневно поступали на заточку многие тысячи буров, работа проходила с исключительно большой нагрузкой. Кроме ежедневной транспортировки буров из шахты и доставки их обратно в шахту, эта работа влекла за собой обеспечение контроля, очистку, ковку,

горячую фрезеровку, закалку и отпуск буровой стали. Уменьшение выделения пыли от буров достигалось путем погружения их перед заправкой в воду или в масло, а также за счет устройства вытяжной вентиляции на различных машинах и соответствующего общего проветривания помещений мастерской.

Появление съемных буровых коронок уменьшило количество поступающих на заправку буров, а развитие производства специальных твердых сплавов, используемых в износостойких армированных буровых коронках, устранило необходимость горячей обработки буров, поскольку армированные твердыми сплавами буровые

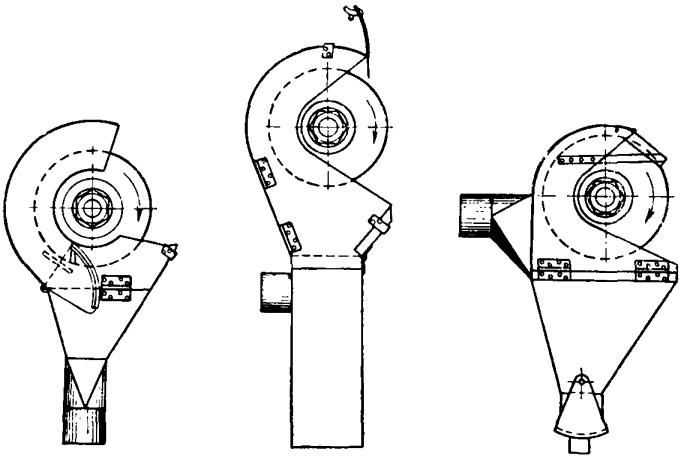


Рис. 107. Вытяжные колпаки для точильных кругов

коронки затачиваются в холодном состоянии с помощью точильных кругов.

Все буры, доставляемые из шахты для заточки, должны быть промыты или очищены от пыли другими способами, прежде чем они поступят на заправку. Наждачные или точильные круги и фрезерные станки должны быть полностью закрыты и оборудованы вытяжной вентиляцией, достаточной для обеспечения скорости движения воздуха, равной от 100 до 120 *м/мин*. Для всех видов оборудования, которое не может быть изолировано, следует предусмотреть устройство вытяжных колпаков (рис. 107).

Наряду с вытяжной вентиляцией в мастерских должно быть обеспечено вполне достаточное общее проветривание.

Кузнечные и котельные мастерские

Виды работ, выполняемых в кузнечных и котельных мастерских, весьма разнообразны в зависимости от типа рудника, его размера и расположения. Здесь также необходимо предусматривать мero-

приятия по борьбе с пылью в процессе всех работ, выполняемых для рудничного хозяйства. Поступающие в ремонт материалы должны тщательно очищаться с удалением ржавчины, окалины или накипи до начала ремонтных работ. При возможности эти работы следует производить на открытом воздухе; в противном случае необходимо принимать меры против пылеобразования в помещениях мастерской. Для этой цели во многих случаях целесообразно использовать передвижной фильтр, описание которого дано ниже при рассмотрении вопроса удаления пыли из электродвигателей.

Сварочные цеха

Здесь необходимы мероприятия по защите рабочих от газов, образующихся в процессе сварочных работ (рис. 108).

Одна из главных трудностей, с которой приходится встречаться при оборудовании соответствующей вытяжной вентиляции в таких мастерских, заключается в том, что в мастерские на обработку и в ремонт поступают узлы оборудования самых разнообразных размеров и формы из различных материалов. Большая часть мелких работ выполняется на сварочных станках, которые должны быть оборудованы подвижными вытяжными колпаками или гибкими соединениями к системе отсасывания, хотя весьма эффективными являются также перфорированные столы с отсосом под ними.

Гибкие вытяжные трубы, доходящие до уровня пола, оказываются весьма полезными в случаях, когда сварочные работы выполняются на крупных или сложных деталях машин (рис. 109).

Мастерские для электрооборудования

Электродвигатели и другое электрооборудование, используемое в подземных условиях, создают серьезную проблему в отношении пылеобразования в процессе их очистки или разборки, поскольку в обмотках скапливается большое количество рудничной пыли. При этом для отделения пыли обычно применяются ручные пневматические форсунки, приводящие к выделению в атмосферу большого количества пыли. Одним из способов избежания загрязнения воздуха является укрытие электрооборудования в изолированной камере с вытяжной вентиляцией и снабжение рабочих, занятых на этих операциях, противопылевыми респираторами. Более целесообразным может оказаться укрытие электрооборудования в складном колпаке, снабженном отверстиями для ввода форсунок и присоединенном к вытяжному вентилятору и фильтру.

Некоторые типы герметичных электродвигателей могут быть присоединены непосредственно к вытяжным устройствам.

Очистка электродвигателей, установленных на дневной поверхности, также требует применения вытяжных колпаков для предотвращения поступления больших количеств пыли в помещение мастерской. Такие устройства можно применять по месту нахождения

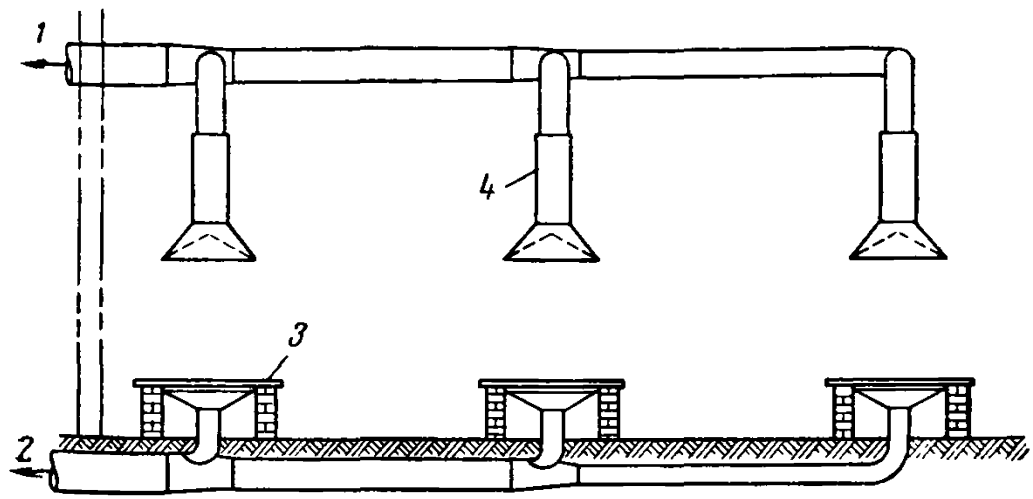


Рис. 108. Схема проветривания сварочного цеха:

1 и *2* — к отсасыванию; *3* — стволы для сварщиков; *4* — телескопические вентиляционные трубы к вытяжным колпакам

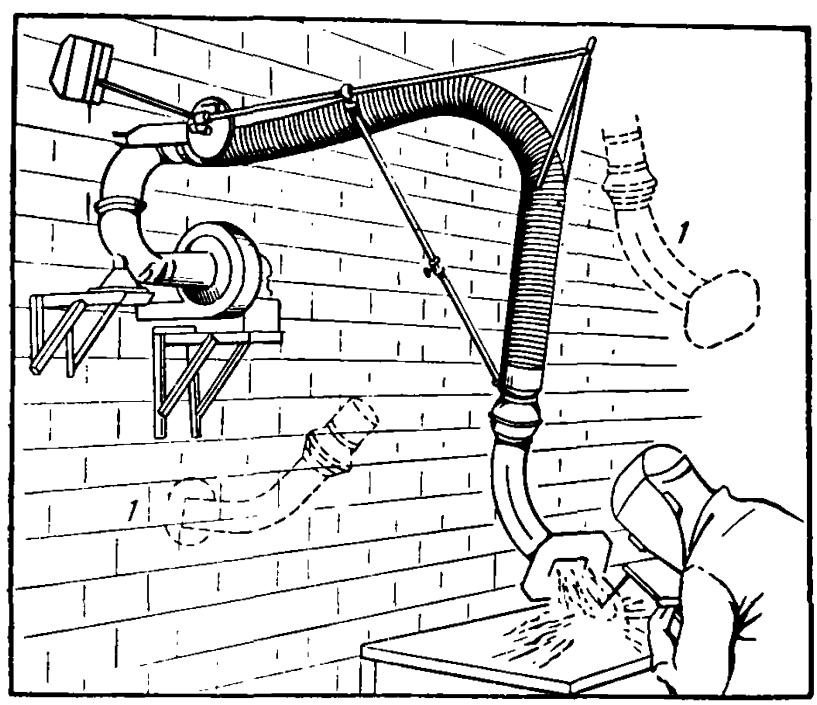


Рис. 109. Местная вытяжная вентиляция для отсоса газов при дуговой сварке с помощью подвижной всасывающей головки:

1 — различные положения всасывающей головки

электродвигателей. От одного двигателя среднего размера может быть собрано от 1 до 1,5 *кг* пыли.

Фильтр, применяемый в пылесборнике, изображенном на рис. 110, является одной из разновидностей рукавного фланелевого фильтра. Камера для пыли устроена внизу, под рукавами, которые оборудованы встряхивающим механизмом для отделения пыли после окончания операции. Вместе с вентилятором, производительность которого

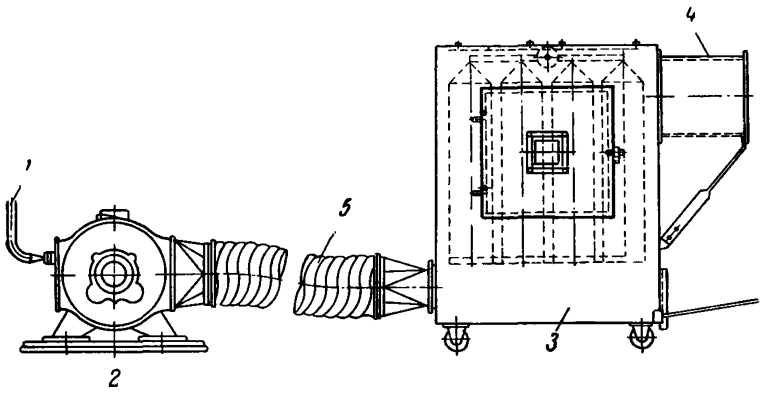


Рис. 110. Устройство для очистки двигателей:

1 — подача сжатого воздуха; *2* — двигатель, подлежащий очистке; *3* — подвижная фильтрационная установка; *4* — вентилятор; *5* — гибкий шланг

должна достигать от 60 до 90 $м^3/мин$ воздуха при давлении от 15 до 18 *см вод. ст.*, все оборудование может быть смонтировано на колесном ходу.

Ремонт трубчатых мельниц

Одной из операций, создающих значительную опасность пылеобразования, является периодическая смена футеровки трубчатых мельниц, которую в известных условиях требуется производить не реже, чем через каждые пять или шесть недель. Поскольку работы производятся внутри мельницы, на ограниченном пространстве и при отсутствии вентиляции, то не исключается возможность образования высоких концентраций пыли.

Для предотвращения пылеобразования во время работы все поверхности должны быть увлажнены. Кроме того, условия работы можно улучшить с помощью нагнетательного вентилятора эжекторного типа или типа воздуходувки, который может быть присоединен к трубчатой мельнице посредством гибкой трубы и обеспечивать таким образом непрерывное поступление воздуха в зону рабочих операций.

ПОМЕЩЕНИЯ ДЛЯ РАЗДЕВАНИЯ И ЛАМПОВЫЕ

Большое количество пыли может образоваться после высушивания мокрой спецодежды горнорабочих в помещениях для раздевания и сушки. В случае отложения пыли на полу и других поверхностях помещения она может при прохождении по ней рабочих подниматься в воздух и перейти во взвешенное состояние. Пыль может поступать в атмосферу также при расстановке, а в особенности при очистке большого количества электрических ламп с помощью сжатого воздуха.

Указанную опасность пылеобразования можно предотвратить путем надлежащего проветривания помещений, частой мойки и содержания их в чистоте.

ОТКРЫТЫЕ ГОРНЫЕ РАБОТЫ (КАРЬЕРЫ)

На фабриках предварительного обогащения в карьерах к числу операций, сопровождающихся пылеобразованием, относятся:

отбойка горной породы вручную и с помощью пневматических инструментов;

механическое дробление, грохочение и сортировка;

обработка для придания формы строительному материалу вручную и пневматическими инструментами;

обработка для придания формы добытому строительному материалу машинами;

погрузка и транспорт.

Отбойка горной породы

При одном из способов отбойки крупных блоков породы или камней в них предварительно бурятся разрезные щели. Этот процесс вызывает сильное пылеобразование; даже если между соседними рабочими местами выдерживается определенное расстояние, облака пыли, образующиеся при работе нескольких бурильщиков, могут привести к появлению плотных концентраций пыли. Распространение пыли можно уменьшить, если сжатый воздух, выходящий из бурильных молотков и взметывающий пыль в воздух, будет отводиться в сторону или назад посредством присоединенного к перфоратору плоского или блюдцеобразного диска.

Другое устройство для применения при бурении разрезных щелей состоит из вытяжного колпака, в передней части которого имеется подвижная цилиндрическая деталь, которую бурильщик, если ему нужно будет взглянуть на щель, может поднять рукой, не отводя перфоратора.

Пылеобразование при отбойке крупных блоков может быть уменьшено за счет использования способа бурения с клиновой отбойкой вместо способа разрезных щелей. Преимуществом этого способа является экономия времени, нахождение бурильщика вне запылен-

ной зоны, чего он не может избежать при нарезании щелей, и возможность использования защитного противопылевого оборудования при бурении.

Механическое дробление, грохочение и сортировка

Как общее правило, машины для дробления горной породы должны быть закрытыми и оборудованы индивидуальными пылеотсасывающими устройствами. У загрузочного отверстия отсос должен осуществляться в направлении потока поступающего материала. Правильное проектирование и конструкция укрытия должны обеспечивать отсутствие помех в процессе рабочих операций, в частности при замене грохотов. Обычно для отсасывания и осаждения пыли на дробильных установках требуется струя воздуха от 60 000 до 1000 *м*^{3}/*мин* при расходе мощности не более 50 *л. с.* Постоянной опасности вреднего действия пыли подвергаются только загрузчики на отверстиях для питания дробилок, тогда как остальные узлы установки не требуют постоянного за ними наблюдения. Места нахождения загрузчиков в должной мере могут быть защищены от пыли путем создания условий свободного протекания воздуха, без тяги и поддержания герметичности загрузочных отверстий машин, при обеспечении вытяжной вентиляции.

Лица, обслуживающие машины и занятые смазкой подшипников, находящиеся в запыленном пространстве внутри установки в течение короткого времени, необходимого для выполнения работы, должны быть обеспечены противопылевыми респираторами.

Недостатком орошения, часто применяемого при работе щековых дробилок, является то, что пыль, приставшая к горной породе и освобождающаяся в процессе дробления, не всегда удаляется. В своем кажущемся плотном состоянии она может достигнуть следующего этапа процесса обогащения и перейти во взвешенное состояние.

Обработка для придания формы добытому камню вручную и пневматическими инструментами

Операции обработки, проводимые вручную, включают раскалывание, обтесывание, шлифование и оторцовку.

Было найдено целесообразным снабжать камнетесов просторными передвижными будками со сквозной вентиляцией. Перемещение будок с места на место упрощается путем создания сборных конструкций. Транспортировка камня облегчается устройством выдвижных дверей на каждом конце помещения. При хорошей погоде двери могут оставаться открытыми в течение всего рабочего времени. В случае необходимости камнетесы могут быть снабжены респираторами.

В помещениях для обработки кровельного сланца рабочие должны работать стоя, а не сидя, чтобы они меньше подвергались опасности

вдыхания пыли. Транспортировка сланцев вручную, связанная с пылеобразованием, с успехом может быть заменена механическими средствами тяги, где это практически осуществимо.

Обработка для придания формы машинами

Там, где камень подвергается резке пилами, измельчению, истиранию или другим видам машинной обработки, под непрерывным потоком воды может образоваться немного взвешенной пыли, но наряду с этим иногда желателен отсос для удаления тумана, образующегося при этих операциях.

При сухом измельчении камня образуются значительные количества крупной и мелкой пыли. Она может быть удалена с помощью вытяжного устройства, смонтированного непосредственно впереди режущего органа. Подобным же образом, близко к рабочему месту, можно устраивать вытяжные колпаки при сверлении, обточке, шлифовке и обдирке точильных кругов из песчаника.

В случаях использования камнерезных пил опасность действия пыли на занятых при этом рабочих может быть сведена до минимума с помощью следующих мероприятий:

улавливание выбрасываемого насыщенного пылью тумана в камере под всасыванием, закрытой сверху и с боков;

быстрое удаление этого тумана струей воздуха, выдувающей его через отверстие в стене на открытый воздух или в вытяжной коллектор;

сохранение контрольного положения пилы по меньшей мере на расстоянии от 1,5 до 2 *м* от полотна пилы;

там, где из соображений имеющегося пространства необходимо применение отражателей, они должны находиться на расстоянии не менее 3 *м* от полотна пилы, а в помещении должна поддерживаться вентиляционная струя в направлении потока. Вытяжные колпаки над полотном пилы эффективны только в том случае, если промежуток между разрезаемым камнем и краем колпака меньше 1 *см*.

Хорошие результаты были получены при применении алмазной пилы с окружной скоростью 40 *м/сек* и использовании устройства, состоящего из оросительной сети размером 4,2 × 4,2 *м*, изготовленной из прозрачного материала, вытягиваемого с ролика, расположенного над пилой. Туман, выбрасываемый под сеткой, отводит пыль в осадительную камеру.

Мастерские для обработки камня должны иметь ровные водонепроницаемые полы, например из плитняка или бетона, с которых пыль и породную мелочь можно смывать водой, или решетчатые полы, через которые мелочь может проваливаться.

В некоторых случаях имеется возможность изолировать машины для обработки поверхностей, которые образуют много пыли, путем установки их на открытом воздухе или отдельно от других помещений. Они могут быть оборудованы органами управления, позволя-

ющими осуществлять контроль за работой машин с любой стороны, благодаря чему машинист всегда может находиться вне досягаемости от пылевых облаков.

Погрузка и транспорт

При погрузочных и транспортных операциях к числу опасных участков относятся элеваторы, упаковочные установки и места погрузки и перегрузки.

Транспортировка дробленого камня часто производится с помощью наклонных элеваторов, которые по сравнению с вертикальными обладают известными преимуществами, но не могут быть закрытыми.

Установки для упаковки дробленого материала, содержащего свободную двуокись кремния, по возможности должны быть изолированы и оборудованы вытяжными устройствами. Для предупреждения просыпания подача материала может регулироваться автоматически, например с помощью указателя уровня наполнения.

Большие количества дробленого кварца можно грузить автоматически в железнодорожные вагоны-цистерны, подаваемые под бункера или даже в танкеры, избегая таким образом необходимости иметь дело с пыльными мешками из-под таких материалов.

Другой способ погрузки сыпучих материалов в транспортные сосуды заключается в использовании закрытых желобов или труб с отсасыванием из них пыли.

КОНТРОЛЬ

Несмотря на все меры предосторожности, осуществляемые в зданиях и сооружениях, расположенных на дневной поверхности, здесь всегда приходится считаться с образованием в том или ином месте опасных концентраций пыли. Здесь так же, как и в любом другом случае, этой опасности можно противопоставить систематический контроль и отбор проб запыленного воздуха.

Это позволит удостовериться в том, что все пылеулавливающие устройства и системы проветривания находятся в рабочем состоянии, что обращается внимание на образование любых опасных концентраций пыли и что соответствующие мероприятия по подавлению этой пыли проводятся. Кроме того, регулярный отбор проб воздуха приобретает особое значение главным образом еще и потому, что рабочие сами убеждаются, что на дневной поверхности опасность существует так же, как и в подземных условиях. В результате не исключена возможность, что они начнут шире использовать защитные приспособления, будут выполнять все предписанные меры предосторожности и вообще делать все, от них зависящее, чтобы избежать излишнего пылеобразования.

ГЛАВА XIII

ПРОХОДКА ТУННЕЛЕЙ

Многое из того, что было сказано в предыдущих главах, в равной мере относится и к операциям по проходке туннелей. Породная пыль, образующаяся при проходке туннелей, в основном та же, что и при подземных разработках; главными средствами подавления пыли являются те же самые: воздух (вентиляция) и вода; применение этих средств осуществляется одинаковым путем, т. е. устройством систем проветривания, использованием оросителей, туманообразователей и т. п.; аналогичными являются и некоторые технологические операции, например буровзрывные работы и транспорт. Поэтому настоящая глава сужена, поскольку практически целесообразно рассмотреть только те аспекты проблемы предупреждения пылеобразования и ее подавления, которые не являются полностью аналогичными таковым при подземных разработках или в силу других причин требуют специального рассмотрения.

Современные схемы гидроэлектрических сооружений, ирригационного строительства и проходки туннелей для обычного и железнодорожного транспорта влекут за собой необходимость выполнения проходческих работ на протяжении многих миль, как равно и экскаваторных работ по выемке грунта в обширных подземных камерах. Поскольку строительные работы иногда рассматриваются как носящие только временный характер, то опасности заболевания силикозом, как и другим опасным для здоровья моментам, здесь уделяется меньше внимания, чем в рудниках, где эти проблемы носят постоянный характер. Хотя принципы, заложенные в основу мероприятий по борьбе с пылью, и практическое применение этих мероприятий в общих чертах здесь те же самые, что и при подземных разработках, проблема борьбы с пылью при проходке туннелей может видоизменяться в связи с высокой скоростью проходческих работ, временным их характером и в известной степени неоднородным составом рабочих кадров, большей частью неквалифицированных, с небольшим только количеством опытных рабочих, отдающих себе отчет в опасности, создаваемой пылью, и в необходимости мер

предосторожности против пыли. Следовательно, при строительстве туннелей следует уделять тщательное внимание всем аспектам борьбы с пылью и добиваться проведения в жизнь важнейших профилактических мероприятий путем строгого надзора.

БУРЕНИЕ

При строительстве туннелей главным источником пылеобразования являются буровые работы, и здесь необходимы соответствующие меры предосторожности. Следовательно, существенным при проходке туннелей является применение метода бурения с промывкой или некоторых способов сухого бурения с использованием отсасывающих устройств.

При мокром бурении могут применяться бурильные молотки с осевой (центральной) или боковой подачей воды. Оба эти типа описаны в главе VII; с точки зрения подавления пыли предпочтение следует отдать молоткам с боковой подачей воды. Если применяются машины с осевой подачей воды, то в них должны быть предусмотрены отверстия для частичного выпуска сжатого воздуха во избежание проникновения воздуха в забой шпура; в обоих типах бурильных молотков должны быть предусмотрены регулирующие устройства, исключающие возможность пуска их в работу до поступления воды. Этим предотвращается сухое забуривание шпуров и устраняется возможность сухого бурения. Конструкции и рабочие характеристики всех бурильных молотков должны быть одобрены компетентными учреждениями или отвечать требованиям правил по борьбе с пылью.

Выхлопные отверстия

Ни в коем случае не следует применять бурильные молотки с осевой подачей без выхлопных отверстий для отработанного воздуха (см. рис. 46). В противном случае будет иметь место пылеобразование, даже если бурение производится с промывкой. Пылеобразование при работе, например, трех или четырех бурильных молотков среднего веса с осевой подачей воды без выхлопных отверстий меняется в соответствии с количеством выпускаемого отработанного воздуха, достигающего вместе с промывочной водой забоя шпура, и в туннелях небольшого поперечного сечения в значительной мере может способствовать интенсификации пылеобразования в забое. Образующиеся при этом концентрации пыли представляют еще более серьезную опасность, если бурение производится тяжелыми бурильными молотками весом от 30 до 60 *кг* без выхлопных отверстий для воздуха. Такие бурильные молотки в количестве десяти и более, смонтированные на буровых каретках, часто применяются одновременно при проходке туннелей больших поперечных сечений.

Смешивание воздуха и воды

Следует избегать встречающегося в практике способа применения бурильных молотков с двойными трубами, которые позволяют воздуху и воде одновременно поступать в забой шпура. Цель, которая этим преследуется — достижение высокой скорости бурения при быстрой очистке забоя, может быть достигнута также путем повышения давления воды. Этот вид мокрого бурения приводит к образованию еще более высоких концентраций пыли, чем при бурении перфораторами без выхлопных отверстий. Концентрации остаточной пыли в воздухе, установленные при испытаниях бурильных молотков среднего веса, составляли от 80 до 90 *мг/м*^{3}.

Водоснабжение

Как и при подземных разработках, мероприятием, в значительной мере помогающим поддерживать воздух в забое во время бурения чистым, является орошение водой всего рабочего участка до начала буровых работ. Равным образом обязательным требованием при всех операциях по проходке туннелей, вне зависимости от того, применяется ли сухое бурение с отсосом или бурение с промывкой, является обеспечение работ системой водопроводов с регулярным ее наращиванием и оборудование системы соответствующим количеством отводящих соединений. Необходимо обеспечить подачу в систему чистой воды.

В местностях, где в порядке сезонного явления не исключается возможность замерзания труб, на опасных участках водопровода следует устанавливать обогревательные приборы.

Сухое бурение

При применении сухого бурения с отсасывающими устройствами последние должны отвечать требованиям, изложенным по данному вопросу в главе VII.

ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ

Борьба с пылью, образующейся во время взрывных работ при проходке туннелей, может осуществляться с помощью мероприятий, подобных тем, которые применяются в шахтах при проходке квершлагов и других горных выработок по крепкой породе.

Как следствие форсирования скорости проходки туннелей, на этих работах часто практикуется взрывание двух или трех комплектов шпуров за одну смену, и в силу этого быстрое удаление пыли и продуктов взрыва приобретает особо важное значение, поскольку вероятность их вредного действия на рабочих здесь более велика, чем при других горных работах. Поскольку концентрации пыли в данном случае могут достигать 2000 *мг/м*^{3} и более при содержании частиц размером менее 5 *мк* до 85—90% и эти частицы могут обра-

зовывать концентрации до 200 000 на 1 $см^3$, является совершенно очевидной абсолютная необходимость обеспечения соответствующей защиты рабочих от действия веществ, переходящих во время взрывания во взвешенное состояние.

Первейшим требованием для защиты рабочих от этого опасного действия во время проходческих работ в туннелях является обеспечение хорошего проветривания. Устройства, необходимые для осуществления соответствующей вентиляционной системы, описаны в общих чертах в последующих разделах настоящей главы. Наряду с этим полезным может быть знакомство и с обычной практикой проветривания в горных выработках. Поддержание вентиляции на высоком уровне не только уменьшает опасность вредного действия пыли на занятых здесь рабочих, но во многом способствует также подвиганию работ с минимально возможными задержками.

В связи со взрывными работами следует обратить внимание на одну операцию, часто практикуемую при заряжании шпуров, а именно: на продувание шпуров сжатым воздухом для их очистки перед заряжанием. Эта практика приводит к образованию значительных и очень опасных концентраций пыли, и ее не следует разрешать даже в условиях естественной влажности. Применяя медную трубку достаточной длины, доходящую до конца шпура и соединенную со шлангом, шпур можно очень быстро промыть. Если в силу каких-либо причин это окажется недостаточным, то медная трубка может быть снабжена трехходовым краном, с помощью которого в шпур может подаваться или вода, или воздух и вода, но не один воздух.

В заключение следует вновь подчеркнуть важное значение воды. Ее использование рекомендуется в виде тумана для улавливания пыли и увлажнения окружающих поверхностей как перед взрыванием комплекта шпуров, так и после отбойки горной породы.

ВЕНТИЛЯЦИЯ

Подача на рабочие места свежего воздуха в достаточном количестве является существенным условием защиты против пыли при проходке любого рода туннелей и других аналогичных работах. В некоторых странах существуют законоположения, предусматривающие, как и в шахтах, допустимые нормы-минимум количества воздуха на человека, которое должно подаваться на рабочие места.

Хотя эти обязательные нормы и служат руководством в отношении создания надлежащих условий работы, тем не менее их следует рассматривать лишь как минимальные требования и в каждом отдельном случае требуется тщательное ознакомление с характером предстоящих работ и типами принятых при этом машин. Так, например, применение дизелевозов требует более высокой нормы проветривания, которая в различных странах установлена в пределах 4,5—6 $м^3$ на тормозную *л. с.*, хотя в некоторых странах в случаях гражданского строительства допускаются и более низкие нормы.

Удовлетворительный уровень вентиляции может быть достигнут при условии, если содержание составляющих компонентов в атмосфере не будет превышать следующих пределов: двуокись углерода — 0,5%; окись углерода — 0,01%; окислы азота — 0,0025%; кислород — не менее 20%. Сильный запах и раздражение, возникающие в связи с эксплуатацией дизелевозов, вызываются содержанием альдегида, одна миллионная часть которого достаточна для создания ощутимого запаха и раздражающего действия.

При планировании вентиляционных установок следует исходить из расчета количества воздуха, равного 9—12 *м*³/*мин* на 1 *м*² поперечного сечения туннеля.

Схемы проветривания

Вентиляция в туннелях может быть нагнетательной, всасывающей или комбинированной. Нагнетательная вентиляция обладает тем преимуществом, что свежий воздух подается в принудительном порядке прямо к забою, где занято большинство рабочих,

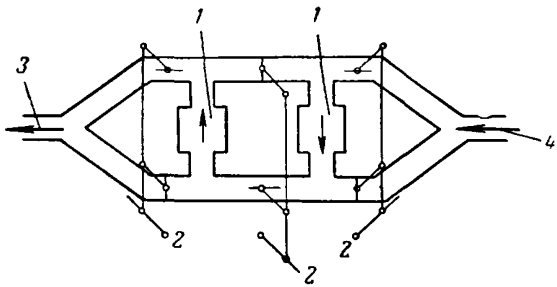


Рис. 111. Схема проветривания туннеля с применением двух последовательно работающих центробежных вентиляторов:

1 — вентиляторы; *2* — ряды клапанов; *3* — к туннелю; *4* — из атмосферы (путем изменения положения каждого ряда клапанов или отверстий схема проветривания туннеля может быть переключена с нагнетательной на всасывающую)

и в случаях высоких температур окружающих горных пород температура воздуха в месте подачи струи из вентиляционного трубопровода остается относительно низкой. При вытяжной вентиляции, в силу медленного движения воздуха, свежая струя доходит до забоя при температуре, близкой к температуре окружающих пород. При этом до забоя будут доходить и выделения любых газов в туннеле (суфляры). Вместе с тем вытяжная вентиляция позволяет очень быстро удалять воздух из забоя вместе с образовавшейся здесь пылью и продуктами взрыва. Преимущества и недостатки этих способов рассматривались в главе IV.

В условиях высокоскоростной проходки отсасывание воздуха после взрывов часто является совершенно необходимым для эконо-

мии времени и предотвращения опасного действия пыли и продуктов взрыва на рабочих; этим объясняется возрастающая популярность комбинированной схемы проветривания, которая может быть осуществлена с помощью реверсивных осевых вентиляторов или простой системы клапанов и затворов, помещаемых в трубопроводе (рис. 111).

Для проветривания туннелей могут быть применены вентиляторы центробежного или осевого типа. Главное требование заключается в возможности создания достаточного давления для подачи более или менее постоянного объема воздуха на максимальную длину трубопровода. Поскольку сопротивление с момента начала операций будет нарастать медленно, необходимо применять переменные ременные передачи или другие способы регулирования скорости; при применении осевых вентиляторов некоторое количество их можно устанавливать последовательно, чтобы получить нарастание давления по мере увеличения длины трубопровода.

В забое во время взрывных работ в дополнение к соответствующей вспомогательной вентиляции следует применять оросители. Эти устройства в виде специальных форсунок распыляют под давлением смесь воздуха и воды, направляя факел на забой и отбитую горную массу. Эти «водяные оросители», как их называют, описаны в главе III.

Трубопроводы

Нормальные условия работы могут быть созданы только при наличии удовлетворительных трубопроводов. Наиболее подходящим соединением труб является фланцевое, которое при условии правильной прокладки труб всегда сохраняет герметичность. Трубопровод следует подводить по возможности ближе к забою выработки, чтобы обеспечить наилучшее проветривание в этом месте (см. главу IV).

ПОГРУЗКА, ТРАНСПОРТИРОВКА И РАЗГРУЗКА

Погрузка

Во время погрузки отбитой породы в туннелях всегда нужно ожидать пылеобразования, какой бы метод ни применялся. Основным правилом при этом должно быть обеспечение применения достаточного количества воды с учетом скорости перемещения горной массы. В последние годы при проходке туннелей общепринятым стало применение механических средств погрузки; использование же ручного труда, навалка лопатами встречаются в виде исключения, кроме зачистки подошвы после работы механизмов.

При механизированной погрузке сухих материалов в воздух поднимается много пыли, количество которой зависит от типа погрузочной машины. Еще большие количества пыли образуются

при перегрузке разрыхленной горной массы на транспортные средства. Это в особенности относится к механическим лопатам.

Лучшая защита от пыли может быть осуществлена с помощью автоматических разбрызгивающих приспособлений, встроенных в погрузочные агрегаты, но в случае отсутствия таковых горная масса после взрывания шпуров немедленно должна быть тщательно увлажнена, прежде чем начнутся какие бы то ни было рабочие операции. Смачивание следует время от времени повторять в процессе погрузки, обращая особое внимание на места проникновения рабочих органов погрузчика в горную массу, так как в течение погрузочной операции в этом месте непрерывно обнажается сухой материал.

Если встречается надобность вторичного дробления в забое крупных кусков породы, то необходимо использовать для этой цели бурильные молотки с промывкой.

Транспортировка

Во время транспортировки материала, в особенности на большие расстояния или в случаях, когда груженым вагонам приходится простаивать в течение долгого времени, достаточного для высыхания их содержимого, будет происходить поступление пыли в атмосферу. Если в данных условиях наблюдается склонность горной массы к высыханию, следует предусмотреть орошение ее в пути следования транспорта с помощью автоматических приспособлений или вручную (см. рис. 42). Возникновение этой проблемы менее вероятно при использовании дизельных грузовиков.

Разгрузка

Опасность пылеобразования существует и в местах опрокидывания. Однако, поскольку эти места находятся на открытом воздухе, пылеобразование обычно не влечет за собой особых последствий при условии принятия мер, исключающих возможность проникновения поднятой пыли в здания или в зоны дыхания людей, занятых на работах.

ВРЕМЕННАЯ КРЕПЬ

Если физические свойства породы требуют крепления, то возведение временной крепи может сопровождаться значительным пылеобразованием. Источниками пыли могут служить бурение лунок под стойки или других гнезд в стенках выработки, перемещение и транспортировка крепежного леса и других материалов, используемых для крепления. В плане общих мероприятий против пылеобразования при этих операциях следует обеспечивать достаточное увлажнение рабочих участков и обмывание крепежных материалов перед началом работ. Бурение, насколько возможно, должно производиться с промывкой.

ТОРКРЕТИРОВАНИЕ

Поверхность туннеля часто упрочняется путем покрытия цементным раствором тех участков, где в силу хрупкого характера породы не исключается возможность его растрескивания или распадания. При этих операциях, известных под названием «торкретирования», образуется значительное количество пыли. Исследования показали, что содержание тонкодисперсной пыли здесь может составлять 300 *мг/м*^{3}. Для защиты рабочих, занятых разбрызгиванием цементного раствора, необходимо достаточное проветривание. Рабочие-торкретировщики должны стоять всегда навстречу струе, т. е. при нагнетательной вентиляции торкретирование следует начинать с места, наиболее отдаленного от забоя, и продолжать по направлению к нему; при вытяжной вентиляции работы ведутся в обратном направлении. Если эти мероприятия окажутся недостаточными, следует применять индивидуальные средства защиты в виде респираторов.

ЧИСТОТА НА РАБОЧИХ МЕСТАХ

Поддержание максимально возможной чистоты на всех рабочих местах, или «хорошее домоводство», как это часто называют, является в высшей степени необходимым. Этот вопрос требует к себе внимания на дневной поверхности и в два раза больше в подземных условиях. Накопления остатков породы и осыпи должны регулярно удаляться; вместе с тем особое внимание следует уделять всякого рода перемещениям бывших в употреблении рельсов, шпал, труб, опалубок для бетонных сооружений, которые по мере высыхания, в случае небрежного с ними обращения, могут стать источниками значительного пылеобразования. Материал, просыпающийся из вагонов и грузовиков, а также отслоения пород с кровли и стенок выработок должны удаляться немедленно по мере их появления; для этой цели должны быть предусмотрены специальные контейнеры. Важно также предусмотреть в системе водоснабжения, в соответствующих местах, ответвления водопровода с клапанами для того, чтобы промывать подошву, стенки и кровлю туннеля на всех участках, где производятся работы или где скапливается чрезмерно большое количество пыли.

НАДЗОР

Инструктаж, проводимый работниками надзора с лицами, занятыми на данных операциях, следует осуществлять так, чтобы все рабочие подробно ознакомились с опасностями, которые несет с собой взвешенная в воздухе пыль. Если необходимость принятия мер предосторожности будет хорошо усвоена, задача инспекторского надзора по обеспечению выполнения мероприятий по борьбе с пылью и соответствующих инструкций будет значительно упрощена. Сменные мастера и другие работники на смежных должностях, находящиеся в силу ограниченного пространства рабочих участков в тесном контакте с рабочими, могут благодаря этим условиям с успехом проводить обучение рабочих и следить за тем, чтобы не создавалась опасность пылеобразования там, где это не является неизбежным.

ГЛАВА XIV

НЕКОТОРЫЕ СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БОРЬБЫ С ПЫЛЬЮ

Некоторые особые проблемы возникают в связи с различными типами горных разработок или в процессе специальных рабочих операций, отражающих специфику данной шахты или данной категории шахт. Проблема борьбы с пылью в таких случаях в общих чертах характеризуется тем же подходом и теми же мероприятиями, которые описаны в настоящем руководстве. Однако в некоторых случаях, когда опасность пылеобразования особенно велика или когда наличие других факторов создает еще бо́льшую угрозу, необходимы специальные меры. В настоящей главе приводятся некоторые данные практического опыта по существу вопроса.

ОСЛАНЦЕВАНИЕ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

Если целью осланцевания в угольных шахтах является уменьшение содержания взрывоопасной пыли в выработках, то другие пути решения той же проблемы включают меры предупреждения образования и накопления, а также связывания или удаления указанной пыли. Все мероприятия этого порядка обладают тем преимуществом, что они могут проводиться в сочетании с мероприятиями, направленными на борьбу с кварцевой пылью.

Одним из важных вопросов в связи с осланцеванием является выбор пыли, пригодной для этой цели. Для достижения действенной защиты от опасности взрыва необходимо, чтобы данная пыль обладала удовлетворительной дисперсностью. Опыты показали, что некоторые пыли обладают меньшей, а другие большей способностью рассеивания, в то время как на основании других опытов было установлено, что при удалении из инертной пыли мелких частиц размером менее 5—10 *мк* ее эффективность как средства предупреждения взрывов снижается. В то же самое время нужно учитывать содержание свободной двуокиси кремния в породе, из которой получается инертная пыль. В некоторых странах высший предел допустимого

содержания свободной двуокиси кремния в пыли установлен в 5%, исходя из принципиальной предпосылки, что каждая пыль, имеющая частицы размерами менее 5 *мк* и содержащая более 5% свободной двуокиси кремния, является опасной для здоровья.

В связи с осланцеванием к мерам предосторожности относится использование респираторов для защиты людей, занятых на работах с инертной пылью; далее, следует обеспечить выполнение этих работ только в часы, когда в выработках остается небольшое количество людей и никому не угрожает опасность действия пыльного облака. Необходим постоянный тщательный контроль за источниками, из которых поступает инертная пыль, наряду с регулярными анализами содержания в ней свободной двуокиси кремния. Часто может оказаться полезным объединение некоторого количества шахт с целью централизованного снабжения их инертной пылью.

Важным моментом, который нельзя упускать из вида, является использование пылеотсасывающих установок или принятие других мер защиты рабочих, занятых на измельчении породной пыли.

АБСОЛЮТНАЯ ВЫСОТА МЕСТНОСТИ

В странах, где горные работы проводились на большой высоте над уровнем моря, возникали известные проблемы, относящиеся к борьбе с пылью, а именно: низкое содержание кислорода в воздухе, внезапные изменения температуры, которые могут происходить в любое время дня, и некоторые явления, которые могут отразиться на машинном оборудовании, вызывая в известных условиях потери мощности.

Главное, в чем выражается влияние низких атмосферных давлений и пониженного содержания кислорода в воздухе на таких высотах, — это необходимость более глубокого дыхания людей, вдыхающих при этом большее количество воздуха. Отсюда и необходимость установления соотношения между концентрацией пыли и данным количеством воздуха и соответствующего снижения уровней запыленности, обычно считающихся допустимыми. Пересмотру подлежат и общепринятые минимальные нормы количества воздуха, подаваемого в выработки. Так, например, в Перу, где горные разработки ведутся обычно на высоте 4000—5200 *м* над уровнем моря, правила технической эксплуатации предусматривают как минимум подачу воздуха на одного человека в количестве 3 $м^3/мин$ на высоте до 1500 *м*, на высоте в пределах 1500—3000 *м* этот минимум повышается на 40%, на высоте 3000—4000 *м* — на 70% и на высоте свыше 4000 *м* — на 100%. Внезапные изменения температуры, которые имеют место в горных районах, вызывают изменения депрессии естественной тяги, приводящие к нарушениям в системе проветривания, а отсюда к снижению объема проходящего воздуха и опрокидыванию вентиляционной струи; это может послужить причиной опасного действия на рабочих продуктов взрыва и пыли.

Другую опасность, которой следует остерегаться, представляет замерзание водопроводных линий, в особенности там, где ими

пользуются для пылеосаждения или мокрого бурения. Не следует упускать из вида влияние абсолютной высоты местности и на вентиляционное оборудование.

ТЕМПЕРАТУРА И ВЛАЖНОСТЬ

Если подземные разработки или проходка туннелей ведутся в массивах с высокой температурой пород, то возникающие в результате этого высокие температуры вентиляционного воздуха могут оказывать на рабочих вредное физиологическое влияние. Это влияние может выразиться в еще более резкой форме, если наряду с высокой температурой воздуха имеет место высокая относительная влажность.

В шахтах с высокой температурой пород желательно не иметь свободной воды, что позволило бы поддерживать относительную влажность вентиляционной струи на низком уровне. К сожалению, там, где для осаждения пыли используется вода, невозможно поддерживать влажность в низких пределах; для устранения вредного действия пыли необходимо пропускать через выработки большее количество воздуха; в особо трудных условиях приходится прибегать к кондиционированию воздуха.

Там, где существует эта проблема, некоторое улучшение условий работы может быть достигнуто путем поддержания в сухом состоянии вентиляционных выработок для входящей струи и шахтных стволов, подающих воздух, не создавая, таким образом, контакта воздуха с водой, пока он не достигнет рабочих забоев.

Важно также не допускать избыточного расхода воды для осаждения пыли и бурения шпуров в забоях. Например, в одной стране, где разработки ведутся по крепким породам в условиях, требующих применения воды для осаждения пыли, наблюдения показали, что объем использованной воды колебался в пределах от столь малого количества, как 50 *л* на 1 *т* добычи, до 800 *л* на 1 *т*, и это при отсутствии данных, говорящих о большем пылеобразовании в том или в другом случае. Отсюда, по-видимому, ясно, что в некоторых случаях для осаждения пыли расходуется чрезмерно большое количество воды, выходящее далеко за пределы необходимого; в таких случаях некоторое снижение расхода воды может благоприятно сказаться на условиях атмосферы подземной выработки (в отношении влажности).

Чрезмерно низкая температура, равно как и чрезмерно высокая, может создать дополнительные трудности в деле борьбы с пылью: вода не может быть использована в выработке с температурой ниже точки ее замерзания. Такая обстановка не является необычной для неглубоких шахт в странах с холодным климатом. Нагревание воздуха сопряжено со значительными расходами, но иногда приходится прибегать и к этому. В зонах вечной мерзлоты успешно применялись незамерзающие растворы (антифризы) для мокрого бурения взамен сухого бурения с отсосом пыли.

УДАЛЕНИЕ ПЫЛИ И ГАЗОВ ПОСЛЕ ВЗРЫВОВ

Опасность, которую представляют пыль и ядовитые газы, образующиеся в результате взрывных работ, была уже омечена выше и было указано на наиболее безопасный способ их удаления путем надежного отсасывания воздуха исходящей вентиляционной струи из выработки, где происходили взрывы, на дневную поверхность, не допуская прохождения этого воздуха по каким бы то ни было рабочим участкам, где существует опасность вдыхания его рабочими. Особая опасность возникает при подземных разработках и проходке туннелей в крепких породах, где применение взрывчатых веществ типа гелигнита и динамита связано с образованием окислов азота, которые не только ядовиты сами по себе, но в некоторых случаях представляют — по мнению многих авторитетных учреждений — еще и усиление вредного действия пыли на легкие, даже если они присутствуют в атмосфере в очень незначительных количествах.

Известны случаи, когда в силу требований эксплуатационного характера после взрыва бывает трудно или невозможно избежать распространения исходящей струи по другим рабочим участкам; поэтому предпринимались попытки создать эффективные фильтры для улавливания пыли и газов с целью поддержания безопасных условий работы в таких случаях.

Основным требованием к такого рода фильтрам является их способность удалять пыль и пропускать большой объем воздуха (приблизительно 2,5 $м^3/сек$) и эффективно противостоять исключительно мощной волне ядовитых газов и пыли, образующихся при взрыве. Они должны выполнять свое назначение и в неблагоприятных условиях, часто встречающихся в подземных условиях, и отвечать требованиям надежности и защиты от неосторожного обращения.

Одна из таких фильтровальных установок работает со щелочным раствором марганцовокислого калия в фильтрующем слое расщепленного вермикулита — для удаления газов, совместно с рядом фланелевых рукавных фильтров — для удаления пыли. В сообщениях в утвердительной форме говорится о положительных результатах, полученных с объемом воздуха порядка 170 $м^3/мин$; однако и при этом — согласно отчетам — воздух после очистки в фильтрах содержит до 0,01% азотистых соединений, что вызывает необходимость его разжижения по меньшей мере в пять раз, чтобы концентрации газов удерживались в безопасных пределах.

Детали конструкции и эксплуатационная характеристика фильтровальной установки приведены в приложении 3.

ПОДЗЕМНЫЕ ДРОБИЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

С точки зрения борьбы с пылью расположение дробильных фабрик на дневной поверхности более целесообразно, так как здесь пылеулавливание и удаление пыли могут быть осуществлены способами,

указанными в главе XII. Однако могут встретиться случаи, когда дробильное оборудование приходится размещать в подземных выработках, в частности там, где происходит дробление породы для использования ее в качестве закладки выработанных пространств, описание которых уже приведено выше.

Проблема пылеулавливания у источников ее образования в условиях подземных разработок остается в основном той же, что и на фабриках, расположенных на дневной поверхности, и здесь нет необходимости в дальнейшем рассмотрении этого вопроса в рамках настоящего раздела, за исключением указания на то, что на всех этапах процесса дробления следует широко использовать воду. Главное затруднение заключается в удалении пыли после ее улавливания, и именно здесь требуется особая тщательность. Напомним, что на дневной поверхности крупные фракции пыли, собранной мокрыми пылеуловителями, циклонами и тому подобными устройствами, обычно возвращаются на фабрику в виде неосажденного шлама, тогда как мелкие фракции, содержащие частицы тонкодисперсной вдыхаемой пыли, выводятся в атмосферу. В подземных же условиях выбрасывание таких мелкорассеянных частиц в воздух возможно только тогда, когда они могут быть направлены непосредственно в исходящую вентиляционную струю или в вытяжной шахтный ствол с гарантией, что они не попадут в зону дыхания людей. Отсюда ясно, что целесообразно лишь такое расположение дробильных установок, при котором будет обеспечена их непосредственная связь с исходящей вентиляционной струей, захватывающей воздух от дробильных установок.

В случаях, когда такая схема неосуществима, или если есть основание предполагать, что люди, занятые на подземных работах, могут оказаться в условиях опасного состава отработанного воздуха, поступающего от дробильных установок, необходимо в дополнение к циклонам или мокрым пылеосадителям предусмотреть дальнейшую очистку воздуха в фильтрах с целью эффективного улавливания мелких вдыхаемых частиц пыли. Для этого следует применять тканевые или электростатические фильтры, описание которых дано в главе V.

Для удаления более крупных фракций пыли, собираемой в больших количествах на дробильных установках, может применяться откачка ее на поверхность в виде шлама, путем смешивания с водой, отгрузка в форме плотной грязи или затаривание в бумажные мешки с укладкой их позади породных стенок или в выработанном пространстве.

В последнем случае мешки должны быть нервущимися, наполнение их должно производиться особо тщательно, во влажных условиях. Если такие мешки используются в сочетании с бутовыми стенками, то они во многом содействуют созданию герметичности закладки.

РАДИОАКТИВНОСТЬ

Еще одним фактором, который необходимо учитывать, в особенности при подземной разработке богатых месторождений урана, является присутствие в рудничном воздухе радиоактивных газов и пыли. Радиоактивный газ радон образуется в урановой руде непрерывно, как следствие естественного процесса радиоактивного распада. Диффузия радона через рудное тело происходит постепенно, с последующей эманацией его в рудничную атмосферу.

При распаде радона и его дочерних продуктов образуется ряд радиоактивных элементов; некоторые из них являются твердыми, а из их числа многие излучают альфа-частицы. Главным видом опасности радиоактивного излучения, который следует учитывать, является возможность попадания этих материалов в легкие или другие органы при вдыхании зараженного ими рудничного воздуха. Вообще же для контроля и поддержания величины радиоактивного излучения на приемлемом уровне в качестве наиболее целесообразного средства можно рекомендовать проветривание.

В большинстве случаев при наличии соответствующей вентиляции, достаточной для поддержания в допустимых пределах количества нерадиоактивной пыли во взвешенном состоянии, образование случайных концентраций указанных элементов не будет иметь места.

Тем не менее следует пристальное внимание уделять тем зонам, где проветривание может оказаться не на должной высоте, где воздух застаивается в карманах или где в забоях имеются большие обнаженные поверхности рудного тела.

Не следует упускать из вида, что радон, помимо разработки урановых руд, может присутствовать и в других рудниках.

ГЛАВА XV

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ

Несмотря на самое тщательное выполнение различных мероприятий по предупреждению пылеобразования и пылеподавлению, описанных в предыдущих главах, при подземных разработках и проходке туннелей могут создаться условия, при которых изоляция персонала от действия сильных концентраций пыли иногда невозможна, особенно в случае неисправностей или аварий в системе пылезащитных устройств. Иногда могут возникнуть еще и другие исключительные обстоятельства, когда люди бывают вынуждены входить в сильно запыленный воздух. Такие обстоятельства могут возникнуть, например, при испытании новых приемов ведения горных работ или новых типов машин; необходимость в использовании индивидуальных средств защиты может встретиться также у лиц горного надзора, которым приходится проверять фильтры и другое оборудование для борьбы с пылью.

В таких случаях должна быть обеспечена защита дыхательных органов людей; другими словами, люди, работающие при наличии в атмосфере высоких концентраций пыли, должны носить респираторы. Это обеспечит снабжение их обеспыленным воздухом.

Существовавшее ранее известное предубеждение рабочих против респираторов в последнее время несколько рассеивается, вероятно, ввиду весьма существенных улучшений этих аппаратов. Однако все респираторы страдают тем недостатком, что они причиняют значительные неудобства тем, кто их носит, в частности в условиях высоких температур; кроме того, применение их мешает работе и снижает производительность труда. Наконец, помощь респираторов в отношении снижения опасности от пыли не является независимой функцией, а скорее зависит от доброй воли людей носить эти аппараты.

Таким образом, хотя главное внимание должно быть, как всегда, обращено на борьбу с пылью при помощи ранее описанных способов, индивидуальная защита иногда может оказаться единственно доступным средством защиты от вдыхания пыли.

Средства индивидуальной защиты от пыли подразделяются на две группы: фильтрующие аппараты и аппараты с подачей сжатого воздуха.

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К РЕСПИРАТОРАМ

Конструкция респиратора или маски должна быть такой, чтобы создавать минимальные неудобства для лица, пользующегося этим аппаратом. В частности, респиратор не должен ограничивать поле зрения, что особенно важно в горных работах, где многие рабочие операции требуют направления взгляда вниз; поэтому приходится обращать внимание на положение респиратора. Ношение большинства существующих респираторов связано с известными неудобствами и помехами в работе, с чем, однако, приходится мириться в интересах безопасности.

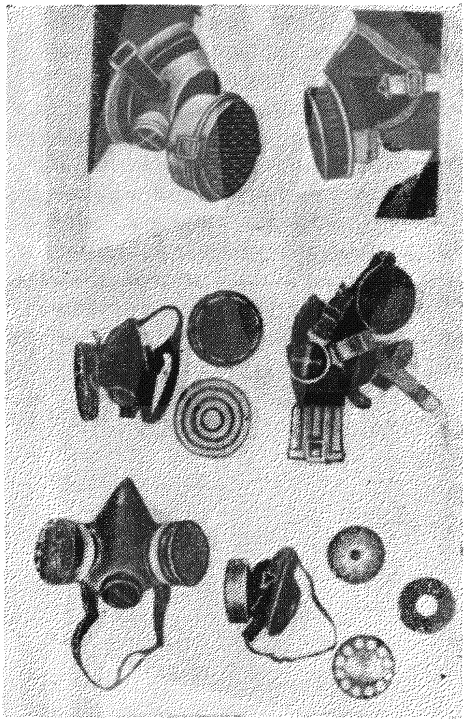


Рис. 112. Противопылевые респираторы для применения в подземных условиях

Эффективность очистки и сопротивление дыханию являются наиболее важными характеристиками, которые необходимо учитывать при заказе респираторов и которые должны быть ясно указаны во всех официальных технических условиях на данные аппараты.

Дальнейшим требованием является удобство обращения с респиратором. Поскольку любой из них после каждого использования нуждается в тщательной проверке и очистке, то требование простоты конструктивного оформления респиратора в данном случае является существенным.

Знания, накопленные за последние годы относительно тонкодисперсных пылей, помогли популяризировать различные типы фильтрующих респираторов. Эти аппараты в основном состоят из плотно пригнанной лицевой части, фильтра для мелкой пыли (часто в комбинации с фильтром для крупных фракций) и клапана вдыхания и выдыхания. Для использования в горной промышленности имеются различные типы респираторов.

На рис. 112 показаны некоторые образцы типов респираторов, разработанных в последнее время и удовлетворяющих современным требованиям.

Испытания и разрешение к применению респираторов

Совещание экспертов при Международном бюро труда в 1952 г. рекомендовало допускать к применению только те типы респираторов, которые прошли испытания и были признаны годными к эксплуатации соответствующими компетентными учреждениями. Только таким образом может быть получена гарантия в том, что респираторы будут изготовляться в полном соответствии с существующими в настоящее время стандартами.

В общих чертах противопылевой респиратор должен удовлетворять следующим требованиям: его начальное сопротивление вдыханию не должно превышать 20—25 *мм вод. ст.* при притоке воздуха, равном 90 *л/мин.* При использовании в практических условиях его сопротивление не должно превышать 25 *мм* в течение любого периода времени до 4 *ч.* Сопротивление его выдыханию, также подлежащее проверке, не должно превышать 10—12 *мм* в тех же условиях притока воздуха.

Эффективность фильтрующей способности респиратора устанавливается также в условиях, аналогичных тем, которые встречаются на практике. При этом особое внимание следует обращать на то, чтобы испытания гарантировали получение действительно показательных результатов в отношении мельчайших частиц пыли, обнаруженных в условиях, которые фактически существуют при имеющихся в виду рабочих процессах.

Общая проверка респиратора на годность его к эксплуатации должна включать и такие пункты, как пригонка маски к лицу носящего ее и герметичность при ее применении.

Общая конструкция

Конструкция респиратора должна быть такой, чтобы его можно было носить довольно продолжительное время, испытывая минимальные неудобства. Маска должна герметически закрывать лицо и быть сконструирована таким образом, чтобы при нахождении в правильном положении маска оставляла минимальное «мертвое пространство» на внутренней стороне. Респиратор должен выдерживать грубое с ним обращение, а материал, из которого он изготовлен, должен позволять периодическую мойку его, если потребуется и с дезинфецирующими средствами, или стерилизацию, без возникновения каких-либо повреждений. Материал должен быть негорючим и не раздражать кожу.

Важным фактором является вес аппарата, который для большинства респираторов составляет 100—400 *г.* Поскольку излишний вес может, по-видимому, еще больше влиять на нежелание рабочих

носить респираторы, рекомендуется, чтобы их общий вес в рабочем состоянии не превышал приблизительно 225 *г*.

Во многих странах разработаны технические условия для приемочных испытаний респираторов, с предъявлением к ним в некоторых случаях более строгих требований, чем те, которые указаны выше. Здесь не ставится целью детальное рассмотрение этих испытаний и приводятся только главные пункты, которые необходимо учитывать при оценке респираторов, а именно:

вес;
герметичность и пригонка лицевой части;
удобство и отсутствие раздражения кожи;
качество клапанов вдыхания и выдыхания;
отвод влаги;
вредное пространство;
головные лямки;
достаточное поле зрения;
конструкция фильтра;
фильтрующая способность;
сопротивление дыханию;
удобство очистки и стерилизации;
портативность и прочность футляра.

Лицевая часть

Лицевая часть служит для поддержания фильтра с клапанами вдыхания и выдыхания перед лицом рабочего; эта часть изготовляется из резины, синтетических заменителей резины или легкого металла. Плотная посадка на лицо обеспечивается специальными изолирующими ободками. Пригонка в соответствии с различными формами лица может быть осуществлена различными способами, например с помощью регулирующих лямок, путем применения гибких, податливых лицевых частей или изготовления лицевых частей разного размера, с разными лямками, плотно прилегающими к лицу. Они могут быть выполнены с пригонкой под подбородок или над подбородком; как общее правило, предпочтение отдается первому из этих двух видов пригонки.

На удобство ношения респиратора влияют головные лямки, посадка маски на голове и нагревание лица. Следует учитывать удобство применения их лицами, носящими очки.

Клапаны

В современных конструкциях принцип возвратно-поступательного дыхания — вдыхание и выдыхание через один и тот же клапан — больше не применяется, и респираторы снабжаются отдельными клапанами вдыхания и выдыхания. Клапаны должны оказывать дыханию малое сопротивление, причем при выдыхании меньше, чем при вдыхании; они должны плотно закрываться и быть

легко доступными для очистки. Клапан вдыхания обычно изготовляется из резины, которая должна быть предельно эластичной, тонкой и гладкой. Клапаны выдыхания выполняются главным образом как откидные клапаны из легких металлов, синтетических материалов, резины, листовой слюды.

Для уменьшения сопротивления выдыханию некоторые маски стали снабжать двумя выдыхательными клапанами. В этих случаях в отношении герметичности к ним предъявляются более строгие требования, чем к одному клапану; они должны быть очень плотно пригнаны и быстро закрываться, чтобы гарантировать абсолютную герметичность во время вдыхания.

Влагоуловители

Удаление влаги, накапливающейся во всех герметически пригнанных масках в результате потения и испарения теплого влажного воздуха, достигается различными путями. В некоторых моделях пробуют удалять влагу через дыхательный клапан. В других случаях в нижней части маски, под подбородком, помещается влагоуловитель, который время от времени можно открывать.

Головные лямки

Наряду с лицевой частью на плотную пригонку маски на лице, а также и на распределение веса оказывают влияние и головные лямки. Они могут быть выполнены различными способами, но всегда должны допускать возможность их регулировки и не вызывать чрезмерного давления на голову, когда они затянуты. Они изготовляются из резины или прорезиненного материала и могут быть одинарными или двойными.

Фильтры

Большинство современных противопылевых респираторов снабжается специально изготовленными бумажными фильтрами. Им придаются различные формы, чтобы обеспечить максимальную фильтрующую поверхность при наименьшем размере. При изготовлении фильтров прилагается немало усилий для выполнения двух противоречивых требований: наибольшая эффективность очистки и наименьшее сопротивление дыханию. Чтобы отвечать своему назначению, фильтры должны обладать большой начальной фильтрующей способностью, а забивание фильтра, ведущее к увеличению сопротивления, должно происходить очень медленно, после продолжительного периода отложения пыли.

Среди различных способов выполнения фильтров встречаются формы гармоникой, гофрированные с бантовыми складками и регулируемые, которые различаются по назначению: для респираторов с одним или двумя фильтрами (рис. 113). В некоторых из описанных респираторов предусмотрены предфильтры из хлоп-

ковой ваты или шерсти для улавливания крупной пыли, чтобы избежать преждевременного забивания фильтров, предназначенных для улавливания мелких фракций.

Выше было уже отмечено возрастание сопротивления дыханию, возникающее по мере увеличения продолжительности пребывания фильтра в эксплуатации. Чтобы свести к минимуму связанную с этим потерю трудоспособности рабочих, предпринимались различные меры, из которых наиболее целесообразной в настоящее

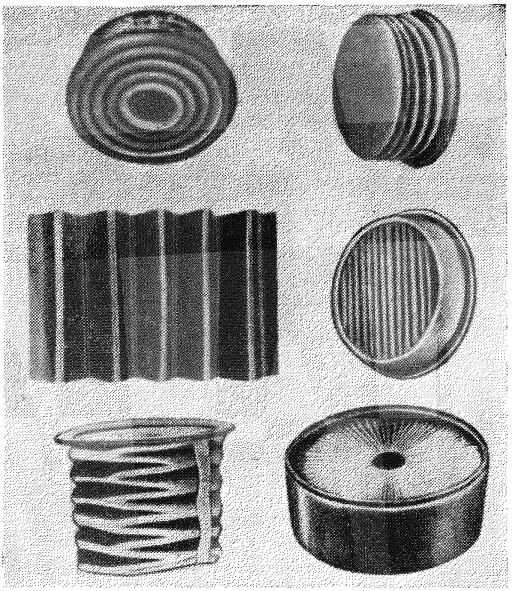


Рис. 113. Фильтры противопылевых респираторов

время является, по-видимому, вариант с двумя фильтрами. Респираторы с двойным фильтром обеспечивают более широкое поле зрения и снижают сопротивление дыханию — по сравнению с аппаратами с одним фильтром — вдвое. Это может оказаться решающим фактором там, где требуется продолжительная работа в очень пыльной среде.

Другое решение данной проблемы — это применение фильтров для разового использования, которые в случае надобности могут заменяться самим рабочим. Такие фильтры требуют меньшего обслуживания и облегчают очистку аппаратов. С гигиенической точки зрения они также обладают преимуществом по сравнению с фильтрами неоднократного использования, что имеет особо важное значение в случаях, когда респиратором пользуются несколько

человек. При этом играет роль и психологический фактор, когда рабочий, носящий такой респиратор, заменяя фильтр, сам видит, насколько эффективно было улавливание пыли и как велико то ее количество, которое не попало к нему в легкие.

ПРИМЕНЕНИЕ СЖАТОГО ВОЗДУХА

Из числа различных приспособлений, работающих со сжатым воздухом, так называемая «шланговая маска», представляющая собой наиболее простой тип этих устройств, во многих случаях

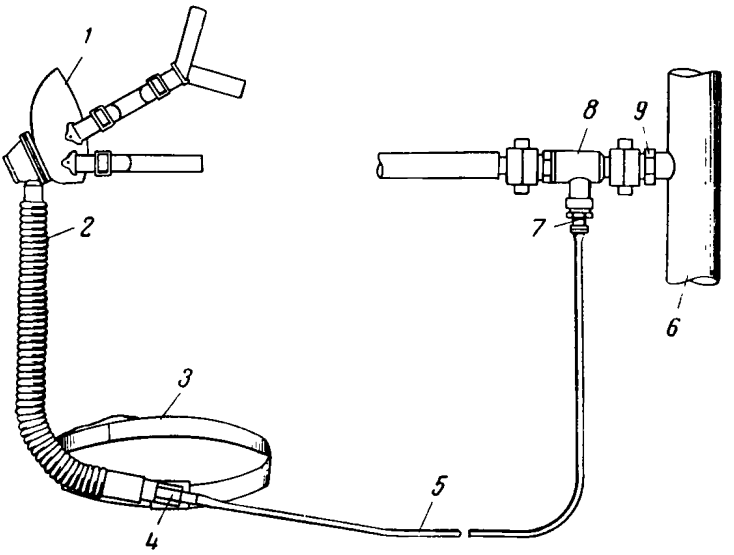


Рис. 114. Противопылевой респиратор с применением сжатого воздуха:

1 — лицевая часть; *2* — гибкая трубка; *3* — лента; *4* — присоединение трубки; *5* — подача сжатого воздуха; *6* — магистраль воздухопровода; *7* — муфта; *8* — тройник; *9* — быстро размыкающееся соединение

используется при подземных работах. Она состоит из облегченной лицевой части, к которой из распределительной сети сжатого воздуха подается воздушный поток, омывающий под нормальным давлением нос и рот рабочего, обеспечивая его дыхание (рис. 114).

Конструкция этого типа противопылевых респираторов разрабатывалась в различных вариантах. Имеются маски с резервуаром и без резервуара воздуха, служащего для выравнивания пиковых величин дыхания. Воздух со сниженным давлением поступает в камеру в полумаске, откуда расходуется по потребности. Воздух подается в камеру со скоростью 120 *л/мин*, что позволяет удовлетворять пиковые потребности. В некоторых случаях предпочитают шланговые маски без воздушных камер, так как они представляют собой меньшую помеху для рабочего.

Шланговая маска устраняет зависимость рабочего от очистки рудничного воздуха, что особенно важно при высоких температурах окружающей среды. Тем не менее, несмотря на их преимущества с точки зрения пылезащиты, шланговые маски практически могут быть использованы лишь в особых условиях и, конечно, только при наличии сети трубопроводов сжатого воздуха. Нельзя не учитывать также немаловажного значения того состояния человека, когда он чувствует себя как бы «на привязи» к шлангу, тем более, что шланг в значительной мере сокращает «радиус действия» рабочего. Тот факт, что сжатый воздух перед использованием его для дыхания должен быть очищен от масла, также играет известную роль. Вместе с тем шланговая маска с успехом может использоваться там, где люди заняты на определенных рабочих местах, например в местах погрузки и перегрузки, при чистке машинного парка в подземных мастерских.

ТЕХНИЧЕСКИЙ УХОД

Соответствующий уход за респираторами играет немаловажную роль в отношении привлечения рабочих к использованию этих индивидуальных средств пылезащиты при подземных работах. Для того

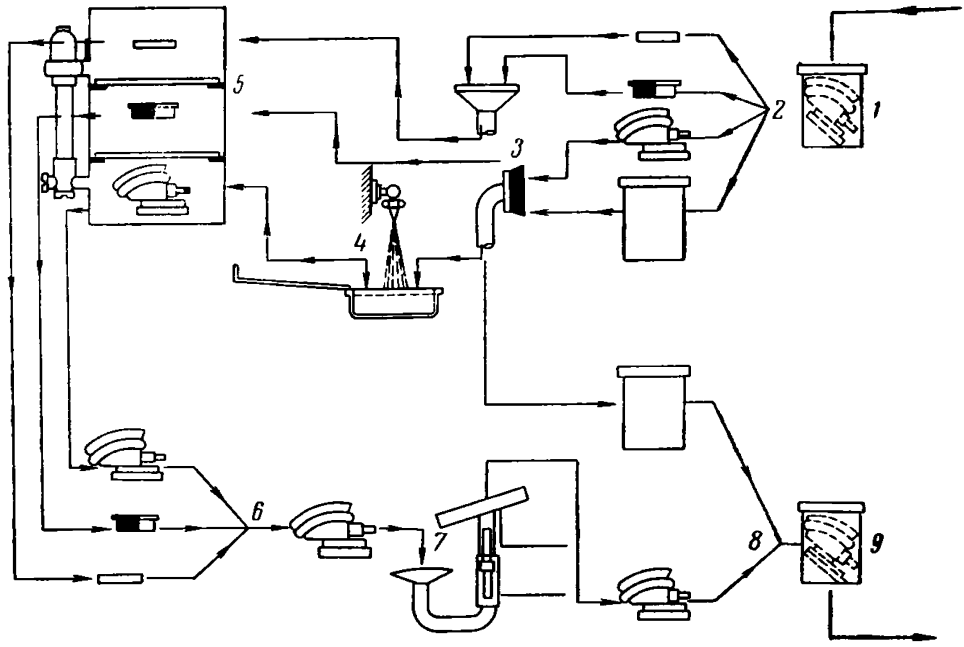


Рис. 115. Схема помещения для хранения противопылевых респираторов:

1 — прием респираторов; *2* — разборка; *3* — очистка фильтра; *4* — мойка лицевой части и т. п.; *5* — дезинфекция; *6* — сборка; *7* — определение объема и испытание под давлением; *8* — упаковка; *9* — выдача

чтобы каждый рабочий был уверен в том, что применяемые им средства защиты безусловно надежны и гигиенически безукоризненны, их нужно постоянно поддерживать в должном состоянии. Каждый

рабочий, которому в силу условий работы нужно пользоваться респиратором, должен иметь таковой только в своем личном пользовании. На респираторе должна быть сделана соответствующая отметка, что им пользуется только одно лицо. Каждая маска респиратора должна быть тщательно пригнана по форме головы и лица рабочего при непременном условии плотного прилегания. Маски должны выдаваться со склада и доставляться на место только в пыленепроницаемой таре — в жестяных коробках или сумках и выниматься из них только в непосредственной близости от места работы. Во избежание недоразумений тара должна иметь ту же маркировку, что и респиратор.

Наблюдение за техническим уходом следует поручать соответственно подготовленному работнику. В шахтах, где требуется большое количество противопылевых респираторов, следует предусмотреть специальное помещение для технического ухода и текущего ремонта респираторов, лучше всего недалеко от ламповой. Помещение для технического ухода за респираторами должно быть оборудовано соответствующими стеллажами, обеспечено холодной и горячей водой для промывки аппаратов, верстаком для разборки, очистки, проверки и замены фильтров, а также запирающимся складом для запасных частей, материалов для чистки, журналов наблюдений и инструментов. В наличии всегда должно быть некоторое количество запасных респираторов. В случаях, когда используется большое количество респираторов (порядка 35—40 штук), рекомендуется иметь специальную сушильную камеру. На рис. 115 показана схема соответствующего помещения. Каждый респиратор, выдаваемый в начале рабочей смены, в конце смены должен быть возвращен, если он не был сдан в другое складское помещение, разрешенное к хранению респираторов.

Очистка респираторов

Респираторы или маски должны очищаться после каждого пользования. Сначала с маски и ее футляра следует удалить пыль с помощью влажной тряпки или продувания сжатым воздухом. Продувание нужно производить непосредственно вблизи соответствующего вытяжного зонта, и отсосанный запыленный воздух следует отводить прямо в атмосферу. Если футляры после обдувания сжатым воздухом остаются слишком загрязненными, их следует промыть в слабом мыльном растворе, прополоскать в теплой воде и просушить.

После продувания сжатым воздухом маска разбирается и все ее части, за исключением фильтра, тщательно промываются в теплой мыльной воде и затем прополаскиваются в чистой проточной воде. Промытые части должны быть на несколько минут опущены в раствор соответствующего дезинфицирующего средства и после этого их следует прополоскать в чистой воде.

Сушка

После очистки все части маски должны быть высушены на воздухе. Следует избегать лучистого тепла и сквозняка, но применение сушильного шкафа допустимо. В отношении резиновых частей необходимо следить за тем, чтобы температура воздуха при сушке их была ниже 50° С (122° Ф), чтобы они не стали хрупкими. Сборку маски нельзя начинать, пока все части ее не просохли.

Хранение

После очистки и сушки маски должны храниться в пыленепроницаемых шкафах или в ящиках до следующей выдачи. Помещение для хранения масок должно быть прохладным, сухим и не содержать газов и паров, которые могут повредить лицевые части маски и фильтры. Маски следует ограждать от попадания солнечных лучей и лучистого тепла и не хранить их вблизи печей и нагревательных элементов центрального отопления.

Проверка фильтров

Для обеспечения меньшего сопротивления дыханию применяемых респираторов и повторно используемых фильтров на возможно продолжительное время рекомендуется чаще заменять предфильтры (которыми маски снабжаются почти всегда), а фильтры для улавливания тонкой пыли прочищать с помощью одного из следующих способов: щеткой, остукиванием, продувкой или просасыванием чистого воздуха, при надобности с очистными и проверочными приспособлениями. При этом должны соблюдаться правила, изложенные в прилагаемых инструкциях по использованию этих устройств. Если такие устройства не применяются, то очистка, как изложено выше, должна происходить перед вытяжным зонтом. Применяемый для очистки сжатый воздух не должен содержать воды и масла. Ввиду этого полезно применять масляный фильтр. Иногда практикуется дезинфекция фильтров паром при температуре 120° С в автоклаве, но обычно этот способ считается очень сложным, и он может оказать отрицательное влияние на некоторые типы фильтров; в то же время дезинфекция формальдегидом не всегда достаточно эффективна. Поэтому в случае необходимости более целесообразно менять фильтры. После очистки нужно проверить плотность клапана выдыхания.

Фильтры с очень большим сопротивлением дыханию должны выбраковываться; следовательно, какова бы ни была очистка фильтра, сопротивление должно проверяться. Обычно это производится с помощью простого датчика сопротивления. Если проверка показала чрезмерное увеличение сопротивления дыханию, фильтр бракуется. Если же после многократного использования фильтра сопротивление его не возрастает или если оно даже ниже того, каким должно быть, то фильтр поврежден и он должен быть заменен другим.

Поврежденные маски не должны ремонтироваться персоналом технического обслуживания, а должны списываться с учета или возвращаться предприятию-изготовителю.

СЛУЖБА НАДЗОРА

Эффективность и экономичность использования респираторов могут быть улучшены путем ведения картотеки, содержащей данные о приобретении аппаратов, смене лиц, пользующихся ими, дезинфекции, ремонте и замене отдельных частей.

Успех применения индивидуальных средств защиты зависит от того, в какой мере персонал осознает их назначение. Поэтому люди должны быть ознакомлены работниками по борьбе с пылью с той опасностью, которую представляет вдыхание пыли, и причинами возникновения повреждений противопылевых респираторов и шланговых масок. Хорошо зарекомендовали себя инструкции, вывешиваемые на рабочих местах и поясняющие, например, правила пользования имеющимися в распоряжении фильтрами. Во всех случаях нужно особо подчеркивать высокую эффективность защитных средств, которые в состоянии оградить пользующихся ими лиц от вредного действия пыли в данных условиях.

ГЛАВА XVI

ОТБОР ПРОБ ВЗВЕШЕННОЙ ПЫЛИ, ЕЕ ИЗМЕРЕНИЯ И АНАЛИЗЫ

НАЗНАЧЕНИЕ КОНТРОЛЯ

Для эффективной защиты людей от действия взвешенной пыли прежде всего нужно собрать как можно больше информационных материалов о присутствующей в воздухе пыли и для этой цели производить отбор проб воздуха с последующим замером и анализом находящейся в них пыли. Для определения того, какие именно мероприятия по предупреждению пылеобразования и подавлению пыли необходимо провести на каждом данном участке, и обеспечения контроля за эффективностью фактически проводимых мероприятий требуется установить, какой вид пыли имеется в воздухе, в каких количествах и какими вредными химическими и физическими свойствами она может обладать.

Таким образом, определению подлежат: концентрация пыли; качество пыли; гранулометрический состав; минералогический состав; форма частиц.

Отбор проб пыли, ее измерения и анализ дадут возможность получить данные по таким вопросам, как существование общей опасности заболеваний в различных областях горнорудного дела, запыленность воздуха в специфических условиях горных работ, колебания уровня запыленности на протяжении одной рабочей смены, наиболее опасные горные породы и ископаемые, действенность различных профилактических мероприятий.

Концентрация пыли

С практической точки зрения следовало бы иметь данные о минимальном уровне концентраций взвешенной пыли, который можно было бы считать безвредным; прилагалось немало усилий для определения универсального предела применимости низшего уровня для различных видов рудничной пыли, но общего решения по этому

пункту до сих пор еще не найдено. Трудность оценки концентраций пыли заключается в существовании различных параметров, которые используются при подсчетах и которые изменяются в зависимости от типа приборов, служащих для отбора проб. Например, двумя наиболее общепринятыми параметрами являются вес (в *мг/м*^{3}) и количество (число частиц в 1 *см*^{3}). Трудность установления взаимоотношения между этими двумя величинами легко понятна, поскольку при постоянном весе пыли количество частиц может меняться в широких пределах в зависимости от гранулометрического состава пыли. Для кварцевой пыли более подходящим показателем могла бы служить суммарная поверхность частиц, но с помощью имеющихся в настоящее время приборов эта величина не может быть достаточно надежно измерена при пробоотборе в широких масштабах.

Среди современных методов пылеопробования, в частности угольной пыли, наблюдается тенденция рассматривать вес пыли как наиболее соответствующий параметр для обычного опробования пыли в шахтах при условии, что учитываются только частицы размером до 5 *мк*, а все другие, более крупного размера, исключаются.

Гранулометрический состав

Для более точного измерения пыли важно знать ее гранулометрический состав. Однако на пути получения этих данных встречаются затруднения.

Частицы пыли, будучи неравномерными, не обладают одним диаметром, который мог бы полностью определить их размер. Приходится использовать различные приведенные диаметры, которые зависят от статистической обработки известного количества измеренных величин. Определение размеров частиц требует применения оптического микроскопа с нижним пределом разрешающей способности приблизительно до 0,2 *мк* или электронного микроскопа для более мелких частиц.

Размер частиц пыли в подземных выработках по большей части заключается в диапазоне величин от 100 до 0,1 *мк*.

Важным фактором является и форма частиц пыли. Исследования, основанные на поведении сферических тел одной плотности, показали, что изометрические частицы, например кварца, карбонатов и пирита, могут проникнуть в альвеолы легких только в случае, если они не крупнее приблизительно 5 *мк*, а плоские частицы, например слюды, глинистых материалов и высоко карбонизированных углей, — если они не крупнее приблизительно 10 *мк*. Кроме того, плоские частицы в силу их формы остаются во взвешенном состоянии более продолжительное время, чем изометрические частицы равного веса; отсюда тенденция их преобладающего присутствия в воздухе.

Исследования запыленного воздуха после его вдыхания и последующего выдыхания показывают, что не все частицы в диапазоне вышеуказанных размеров остаются в легких и что это зависит в большей или меньшей степени от количественного соотношения вды-

хаемых частиц. Способность легких задерживать частицы пыли представлена графически на рис. 116. Здесь можно видеть, что эта способность достигает максимального значения для частиц размером 1—2 *мк* и что кривая круто падает по обеим сторонам этого наибольшего значения.

Однако даже перед вдыханием частиц существуют изменения в гранулометрическом составе пыли, которые являются функцией расстояния от источников ее образования и скорости движения воздуха вследствие естественного осаждения пыли в силу ее плотности и формы. В условиях спокойной воздушной среды время осаждения частиц достигает максимальной величины, тогда как при возрастающей скорости и большей турбулентности воздушного потока скорость падения более крупных частиц снижается.

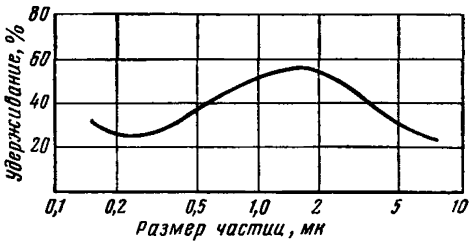


Рис. 116. Удерживание альвеолами частиц одной плотности

Необходимо отметить, что пыль, которая обычно представляется в виде отдельных, независимых друг от друга частиц, взвешенных в воздухе, в некоторых случаях может представлять собой агрегаты из нескольких частиц. Переход в агрегатное состояние по большей части обусловливается взаимным притяжением, существующим между частицами. Если несколько частиц вдыхаемой пыли представляют собой в совокупности агрегат размером более 10 *мк*, то это новое образование частиц с точки зрения здоровья является безвредным. Некоторые измерительные приборы нарушают монолитность подобных агрегатов, разлагая их на составные части, вследствие чего не исключаются погрешности в результатах измерений.

Минералогический состав

Наряду с определением концентраций пыли, ее гранулометрического состава и формы частиц особое внимание с точки зрения промышленной санитарии следует уделять минералогическому составу пыли. Определение содержания кристаллической двуокиси кремния главного фактора заболевания силикозом имеет первостепенное значение при оценке пыли по ее силикозоопасности.

Кристаллическая свободная двуокись кремния включает кварц, тридимит и кристобалит, из которых в угольных шахтах только кварц встречается в более или менее значительных количествах; чаще всего он встречается во вмещающих породах, но в том или ином количестве имеется и в угольных пластах. Причиной заболевания силикозом является в основном кварц, тогда как другие минералы — слюды, глины, уголь, пириты, ильменит, сидерит, анкерит без

кварцевых включений — считаются значительно менее опасными. Однако присутствие даже самых малых количеств кварца в этих минералах может привести к заболеванию силикозом или ускорить процесс его развития в силу их способности осаждаться и накапливаться в легких, а также их каталитического действия.

Прочие составные части пыли

Кроме минеральных компонентов, пыль содержит частицы сажи, капельки масла и там, где относительная влажность воздуха высока, капли воды или тумана, а также органические вещества — бактерии и другие микроорганизмы, которые заносятся в шахту поступающим в нее наружным воздухом. В образовании пневмокониозов значительной роли они не играют.

Факторы, влияющие на пробоотбор

Для получения точного представления об условиях запыленности в шахте необходимо учитывать тот факт, что пласты угля и окружающая порода подвержены изменениям как в отношении их минералогического состава, так и их структуры и крепости. Кроме того, в шахте имеют место меняющиеся условия проветривания и другие особые местные обстоятельства. Эти факторы обусловливают постоянные изменения гранулометрического состава пыли, ее концентраций и составных частей; следовательно, соответствующие измерения нужно производить по возможности в самом широком диапазоне интервалов времени для того, чтобы обеспечить возможность получения представительных средних величин.

Идеальный прибор для опробования пыли должен был бы обладать таким же избирательным действием, как и человеческие легкие, сосредоточивая при этом внимание на наиболее опасных частицах пыли в воздухе. Некоторые исследователи прилагали усилия для отыскания величин этого действия, эффект которого, вероятно, достигает порядка 100% при размерах в 1 *мк*, падая до 50% при 3—5 *мк* и до нуля при размерах более 6—7 *мк*. Практически же всем имеющимся в распоряжении приборам присущи известные недостатки; так, например, те из них, которые работают по принципу столкновения частиц (импинжеры), имеют тенденцию разрушать агрегаты частиц взвешенной пыли и приводят к ошибочным результатам. Трудности возникают и при определении нижнего предела при подсчете частиц, когда он ограничивается разрешающей способностью оптического микроскопа около 0,2 *мк*, хотя некоторые исследователи утверждают, что этот недостаток в известной мере компенсируется за счет уменьшения задерживающей способности легких в отношении частиц размером менее 1 *мк*.

При выборе метода опробования прежде всего необходимо решить, будет ли оно производиться на основе определения веса пыли в воздухе или путем подсчета частиц, которые признаются лежащими в диапазоне опасных размеров.

Вместе с тем необходимо учитывать характерные особенности различных приборов и процессов для опробования пыли. Эти особенности создают затруднения в смысле получения сравнимых результатов.

Различные приборы обнаруживают не только отличную друг от друга эффективность улавливания, но обладают и различной избирательной способностью по отношению к частицам опробуемой пыли. Это становится понятным на примере одной серии опытов. Так, при параллельном отборе проб с помощью термопреципитатора и кониметра были получены следующие результаты исследования пыли, образовавшейся в процессе различных операций в подземных выработках:

Операция	Концентрация пыли, отобранной термопреципитатором	кониметром
1	1230	182
2	360	87
3	440	103
4	490	85
5	370	118
6	350	89
7	210	66
8	240	217
9	380	161

Как можно видеть, согласно данным термопреципитатора наиболее опасными для здоровья являются операции 1 и 4, тогда как по показаниям кониметра самой опасной является операция 8.

Основные принципы

Очень большое внимание как на международном уровне, так и в отдельных странах уделялось не только тем данным, которые необходимы для целей предупреждения пылеобразования и подавления пыли, но и путям и средствам получения этих данных. Оборудование, необходимое для отбора проб, измерений и анализа пыли, будет рассматриваться в дальнейшем.

Общие правила пользования этим оборудованием, по мнению многих экспертов, сводятся к следующему:

1. Пыль, находящаяся в воздухе в тех местах, где люди работают или передвигаются, должна подвергаться контролю путем отбора проб, измерений и анализов в регулярные промежутки времени. Результаты измерений должны отражать средний уровень запыленности за соответствующий период отбора проб.

2. Каждое горное предприятие — рудник, шахта, карьер, строительство туннеля — должно разработать инструкцию о методах отбора проб, измерений и анализа с указанием места, времени и интервалов отбора проб и приборов, которые следует при этом применять.

3. Отбор проб пыли, подсчеты, измерения и анализы должны поручаться лицам, прошедшим соответствующую для этой цели подготовку.

4. Результаты отбора проб пыли, измерений и анализов подлежат регистрации, и зарегистрированные данные должны быть доступны для контроля.

Все эти вопросы будут рассмотрены в соответствующих разделах настоящей главы.

ОТБОР ПРОБ ПЫЛИ

А. Приборы

Количество различных приборов для отбора проб пыли, которые находят применение в горной и смежных отраслях промышленности, очень велико. Методы, которые положены в основу использования тех или иных из этих приборов, могут быть подразделены на следующие шесть групп:

метод осаждения;
оптические методы;
метод ударного столкновения;
фильтрация;
электропреципитация пыли;
термопреципитация пыли.

Обычно считают, что для большинства пылей существенным является отбор проб только вдыхаемых компонентов и что приборы для пылеопробования должны быть оснащены селекторами, например типа камер осаждения, для удаления невдыхаемых частиц пыли. В некоторых случаях, когда приходится иметь дело с пылями, образующимися, например, из хромитов или урансодержащих руд, необходимо производить анализы, выходящие за рамки полного диапазона взвешенной пыли, поскольку вредное влияние их не ограничивается действием только на легкие, частицы асбеста, имеющие иглообразную форму, достигают по длине 40 *мк* и более, и камеры осаждения до сих пор не применялись при отборе проб асбестовой пыли.

Настоящий раздел посвящен описанию приборов, пригодных для отбора проб в подземных условиях, однако рассмотрение их будет ограничено лишь теми из них, которые являются наиболее распространенными.

Пылеосадительные приборы

Принцип осаждения, используемый при методе изготовления пылевых препаратов для исследования под микроскопом, применяется только для приблизительных подсчетов. Не обработанные или обработанные таким вяжущим веществом, как вазелин или кедровое масло, предметные стекла помещаются горизонтально или с уклоном против воздушного потока на время от 1 до 30 *мин* в зависимости от концентрации пыли.

Предпосылкой применения данного метода отбора проб является наличие скорее высоких, чем низких, концентраций пыли, наимень-

шее по возможности движение воздуха и продолжительный период опробования, вследствие чего оседает только небольшой процент вдыхаемых частиц пыли, обладающих низкой скоростью осаждения. Поэтому данный метод используется только для приближенного определения минералов и притом большей частью крупных агрегатов.

Пылеопробователь со щелью

Одним из вариантов приборов является пылеопробователь со щелью, действие которого основано на том, что при прохождении ламинарного потока запыленного воздуха через горизонтальный канал (трубу) прямоугольного сечения пыль регулярно оседает на нижней части канала в зависимости от скорости падения частиц. Щель, находящаяся в нижней части канала, позволяет улавливать опускающуюся пыль на вращающуюся пылеотборную пластинку, на которой регистрируется концентрация пыли за истекший промежуток времени. Этот прибор может оставаться в работе без наблюдения за ним в течение нескольких дней. Прибор поставляется с насосной установкой постоянной скорости, с приводом от батареи и может быть оборудован фильтром, с помощью которого бо́льшая часть поступающей вдыхаемой пыли может улавливаться для анализа.

Оптические приборы

Учебным измерительным прибором для повседневного опробования пыли является тиндаллоскоп. Так он назван по имени Тиндалла, который приблизительно 100 лет тому назад использовал явление рассеяния светового потока при прохождении его через запыленный воздух, установив при этом зависимость этого явления от количества присутствующей пыли. Луч света пропускается через камеру со стенками из черного стекла, где он рассеивается частицами пыли. Рассеяние наблюдается с помощью микроскопа под углом в 30°. Луч освещает одну половину поля зрения окуляра. Другая половина поля освещается непосредственно от источника света с помощью вращающейся призмы. Регулирование призм Николя позволяет снижать освещение с получением на обеих половинах поля одной и той же степени яркости. Вращение призмы, необходимое для этой цели, отсчитывается на шкале, градуированной от 0 до 30° с точностью ±0,1°. Тарирование производится со стандартным источником света. В случае превышения диапазона измерений может быть установлен светопоглощающий предфильтр. Интенсивность рассеяния света частицами менее 1 *мк* пропорциональна их поверхности, тогда как частицы размерами, превышающими 1 *мк*, дают более высокие значения, чем это соответствовало бы их поверхности. Кроме того, на результаты оказывают влияние и показатель преломления света при данных частицах, вследствие чего, например, угольная и породная пыль дают различные величины. В некоторых учреждениях эти величины принято выражать в безразмерной

форме, иногда им придают выражение в *мг/м*^{3}, что допускает грубое приближение.

Преимуществом оптического метода измерения является то, что он не нарушает условий запыленности во время их замеров; кроме того, прибор удобен в обращении и позволяет осуществлять непосредственное измерение пыли.

Поскольку капельки воды и тумана также рассеивают свет, что могло бы привести к погрешностям в отсчетах, предусмотрено устройство для нагревания пылевой камеры тиндаллоскопа.

Недостатком этого прибора является то, что показания шкалы нельзя считать вполне достоверными, если заранее не были получены другие данные относительно минерального состава и концентрации пыли, подлежащей опробованию. Если состав и размеры частиц пыли, концентрации которой измерялись, оставались неизменными, то данные измерений с помощью прибора будут пропорциональны количеству, массе и суммарной поверхности вдыхаемой пыли размером более 0,5 *мк*.

В горных работах от некоторых видов пород могут образовываться пыли, содержащие более или менее неизменные количества тонкодисперсных частиц. Наиболее вероятно, что это имеет место чаще в мягких породах, чем в твердых, и встречается часто при измерениях угольной пыли. В твердых же породах, как например кварциты, имеются значительные колебания количества тонкодисперсных частиц в общем объеме пыли. Не исключена возможность искажений отсчетов и в силу присутствия в воздухе дыма от дизельных локомотивов или тонкорассеянных частиц масла и воды при работе бурильных молотков.

Импинжеры

В приборах, называемых импинжерами, струя запыленного воздуха с силой отбрасывается на улавливающую поверхность. В результате возникающей при этом внезапной и резкой перемены направления воздушного потока, наряду с силой инерции, частицы пыли выпадают из воздуха и остаются на предметном стекле или в жидкости.

Портативный импинжер

Этот прибор был сконструирован в США, где он широко используется для отбора проб пыли (рис. 117).

При отборе проб воздух пропускается через импинжер с неизменной скоростью в течение 10—20 *мин* с помощью насоса с ручным или электрическим приводом.

Воздух, выходящий из отверстия с большой скоростью, ударяется о дно прибора, поднимается вверх через бурлящий столб жидкости и отводится через выпускное отверстие трубки. Чатицы пыли улавливаются жидкостью, когда они ударяются о дно прибора или когда они проходят через жидкость. Воздух подается в количестве около 3 *л/мин* и выходит из выпускного отверстия со скоростью 60 *м/сек*.

Зная количество поступившего воздуха, концентрацию пыли можно определить путем подсчета или взвешивания после выпаривания или фильтрации собравшей пыль жидкости. Эффективность прибора быстро падает в отношении частиц размером менее 1 *мк*, и, таким образом, целесообразность его применения является в известной мере ограниченной.

В силу сравнительно низкой скорости столкновения опасность разрушения или потери частиц в данном случае не так велика, как при использовании сухих импинжеров. Однако этот прибор,

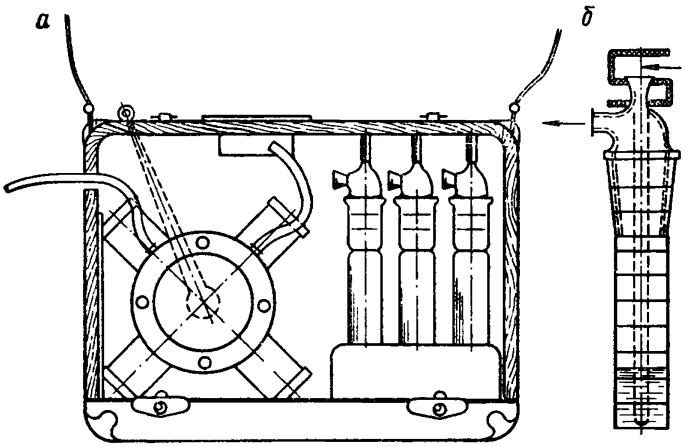


Рис. 117. Портативный импинжер:
а — воздушный насос в сборе; *б* — пробоотборный сосуд

как и кониметр, может вызвать разрушение агрегатов, в результате чего не исключена возможность завышенной оценки количества частиц взвешенной пыли.

Портативный скруббер

На этом же принципе основан прибор, называемый портативным скруббером, в котором воздух подвергается сильному перемешиванию со скрубберной жидкостью. Жидкость засасывается в небольшую цилиндрическую камеру, в которой создается бурное перемешивание, обеспечивающее достаточно полное улавливание. Приток воздуха составляет приблизительно 6 *л/мин*; нижний предел эффективности улавливания — около 0,2 *мк*.

Оба прибора имеют то преимущество, что позволяют собирать довольно большое количество пыли в течение продолжительного периода времени; более того, пыль может быть использована для микроскопических анализов и, следовательно, могут быть определены не только концентрации пыли, но и ее состав. Тот факт, что скорость

засасывания превышает скорость вентиляционной струи, упрощает проведение количественных измерений более крупных частиц. Недостатком является невозможность использования инжектора для присоединения к трубопроводу сжатого воздуха или вакуум-насоса.

Обращение с приборами требует большой тщательности. Агрегаты взвешенной пыли могут распадаться на их составные части, что при некоторых обстоятельствах может привести к завышенным показателям количества частиц против фактического наличия их во взвешенной пыли.

Предимпинжеры

Так называемый предимпинжер хорошо зарекомендовал себя при отборе проб более крупных, невдыхаемых частиц пыли. Его сферическая стеклянная колба имеет отверстие шириной от 4 до 6 *мм*, с наклоном в 45°. Она наполовину наполнена водой, нефтью или изопропиловым спиртом. Эффективность прибора при улавливании пыли определяется выбором диаметра в свету, количеством засасываемого воздуха, применяемой жидкостью и удельным весом частиц пыли. Прибор с успехом применялся для разделения частиц по размерам при работе с импинжером и скруббером.

Предимпинжер в комбинации со скруббером позволяет осуществить полное разделение частиц по размерам на вдыхаемую и невдыхаемую пыль. Было установлено, что наилучшее разделение частиц по размерам получается при следующих технических условиях:

поток воздуха 6 *л/мин*; внешний диаметр сферы 30 *мм*; диаметр сферы в свету 4,2 *мм*; скрубберная жидкость — изопропиловый спирт.

При комбинации предимпинжер — скруббер частицы пыли, осажденные в скруббере, довольно точно соответствуют гранулометрическому составу пыли в легочных альвеолах. По мере уменьшения размера процентное содержание частиц, задержанных в скруббере, возрастает, тогда как тонкодисперсные частицы размером менее 0,2 *мк* проходят не задерживаясь.

Кониметры

Кониметр для опробования пыли состоит из всасывающего насоса, работающего под давлением пружины и с большой скоростью выбрасывающего струю запыленного воздуха на предметное стекло. Обычно это стекло, покрытое вяжущим веществом, вращается, что позволяет получить несколько проб пыли. В силу инерции частицы пыли не следуют внезапному изменению направления воздушной струи и падают на предметное стекло, образуя на нем пыльное пятно, которое можно наблюдать под микроскопом и определять в нем число частиц.

Имеется много типов кониметров, из которых первым был прибор Котце, сконструированный в Южной Африке. С течением времени

эта первая модель заменялась в некоторых странах другими, в частности кониметрами «Витватерсранд», Цейсса и Сарториуса. К числу прочих относятся приборы Гаслама и некоторые американские и японские модели.

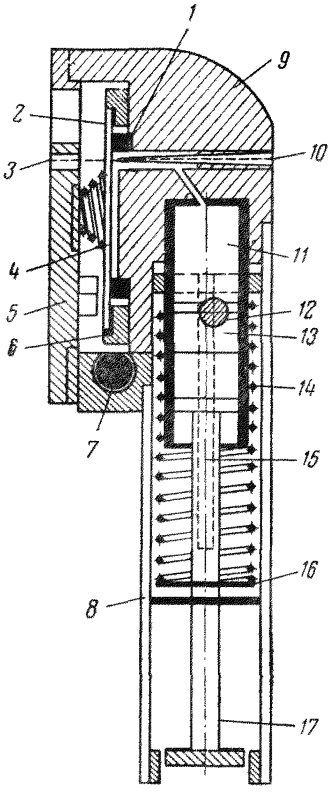


Рис. 118. Кониметр «Витватерсранд» (вид в разрезе сбоку):

1 — резиновое кольцо; *2* — предметное стекло; *3* — смотровое отверстие для наблюдения за форсункой; *4* — пружина-держатель предметного стекла; *5* — покровная пластинка; *6* — держатель предметного стекла; *7* — ходовой винт; *8* — муфта; *9* — головка; *10* — форсунка; *11* — цилиндр; *12* — защелка; *13* — поршень; *14* — пружина; *15* — шток поршня; *16* — направляющая поршневого штока; *17* — толкатель

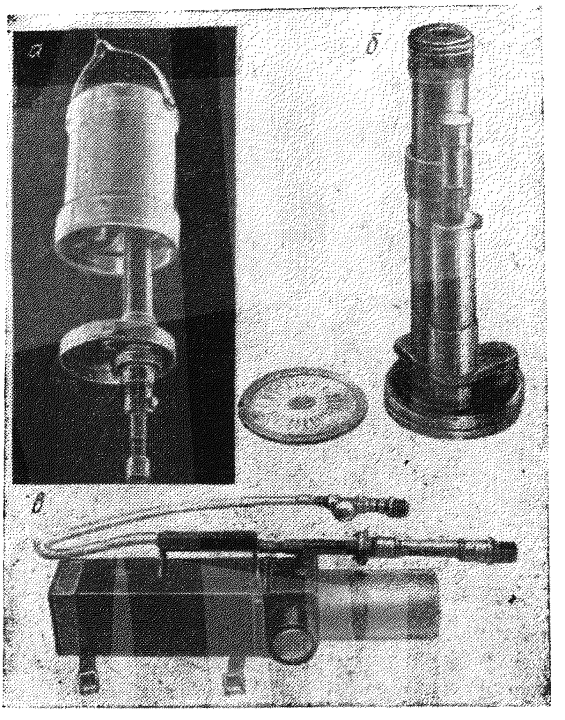


Рис. 119. Общий вид кониметров:

а — Бергбау; *б* — Цейса; *в* — аппарат для отбора проб

Кониметр обладает большими практическими преимуществами для использования в подземных горных работах. Он может быть изготовлен для тяжелых условий работы, с простыми, прочными и надежно защищенными движущимися частями. На предметном стекле может быть получено большое количество проб без открывания прибора. Объем воздуха, поступающего для опробования, довольно велик; отсюда возможность использования прибора в условиях низкой запыленности воздуха с получением, однако, отложений пыли с плотностью, достаточной для подсчета частиц. По своим размерам прибор удобен

в обращении и, приведенный один раз в рабочее состояние, всегда готов к употреблению.

Однако прибору свойственны и большие недостатки, наиболее существенным из которых является невозможность заранее определять его производительность или эффективность в меняющихся условиях работы. Разные типы приборов дают результаты со значительными расхождениями. Другим их недостатком является склонность к разрушению агрегатов пыли ввиду высокой ударной скорости и трудность подсчета очень плотных отложений, получающихся в условиях высоких концентраций пыли (например, при взрывании шпуров). Ввиду быстроты получения пробы — около 0,1 *сек* — приборы дают значения величин, имеющих ценность только в течение короткого промежутка времени, которые могут значительно отклоняться от средних показателей. Далее количество улавливаемой пыли в большой мере зависит от физических свойств и толщины пленки вяжущего вещества.

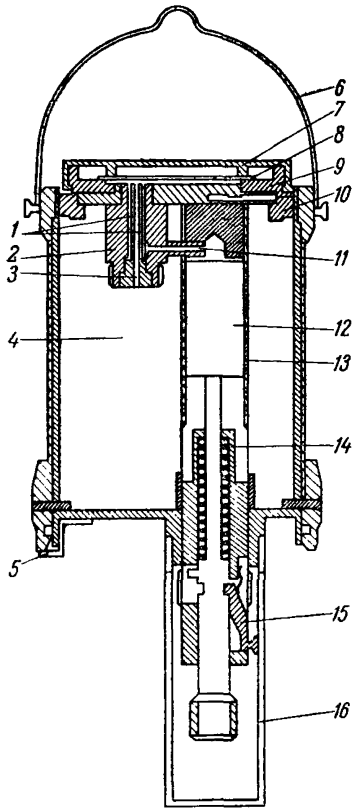


Рис. 120. Разрез кониметра Бергбау:

1 — кольцеобразный всасывающий канал; *2* — корпус форсунки; *3* — конусообразная форсунка; *4* — осадительная камера; *5* — указатель количества проб; *6* — ручка; *7* — покровная пластинка; *8* — предметное стекло для 36 проб; *9* — уплотняющее кольцо; *10* — установочное кольцо; *11* — канал к цилиндру; *12* — стальной поршень; *13* — цилиндр; *14* — пружина; *15* — освобождающая кнопка; *16* — кожух

Для точных измерений пыли кониметр не вполне подходит, однако он имеет важное значение в случаях использования его вместе с другими приборами, которые дают более точную характеристику физических свойств пыли, например в случае определения соотношения горная порода — уголь при использовании совместно с тиндаллоскопом.

Основными частями кониметра «Витватерсранд» являются головная и цилиндрическая части из алюминиевого сплава (рис. 118). Внутри цилиндрической части находится всасывающее устройство, состоящее из стального поршня в латунном цилиндре; поршень приводится в действие пружиной и оборудован спусковым приспособлением. Емкость составляет 5 $см^3$, скорость струи — 75 *м/сек*. Поршень при освобождении выталкивает воздух через форсунку и направляет его с силой на предметное

стекло, на котором пыль задерживается в виде небольшого пятна. Герметизация осуществляется с помощью резинового кольца, надавливающего на стекло, которое удерживается в таком положении прочной накладной пружиной. На держателе предметного стекла выштампованы числа, и он может вращаться, позволяя получать до 50 проб пыли на стекле без открывания прибора.

Кониметр Цейса (рис. 119), широко применяемый в ФРГ, состоит из всасывающего насоса, работающего под давлением пружины, с емкостью в 5; 2,5 или 1 $см^3$, который подает запыленный воздух через форсунку со скоростью около 100 *м/сек* на вращающееся предметное стекло с 30 или 36 квадратами.

Другой кониметр Сарториуса, или Бергбау, также применяемый в угольных шахтах ФРГ, оборудован добавочной осадительной камерой (рис. 120). Камера открывается снизу, давая доступ запыленному воздуху. После этого она закрывается, и по истечении времени, потребного для осаждения, которое вычисляется в соответствии с заданным размером частиц (60 *сек* для частиц размером более 5 *мк*), приступают к отбору проб. Однако при этом четкое разграничение частиц по размерам невозможно, так как более мелкие частицы осаждаются также вне радиуса всасывающего действия форсунки в течение времени ожидания. Подсчет частиц пыли производится так же, как и в обычном кониметре.

Отверстие всасывающей форсунки кониметра Цейса имеет круглую, а кониметра Сарториуса — кольцеобразную форму.

Приборы фильтрующего действия

Существует ряд приборов, которые применялись и применяются для улавливания пыли с использованием фильтрующих материалов. Обычно пыль после удаления с фильтра взвешивается, и это определение запыленности воздуха известно как весовой метод анализа. Такие приборы часто применяются при отборе проб для минералогических анализов.

Существует много типов приборов фильтрующего действия, но в шахтах фактически используются только немногие из них. Одной из причин этого является трудность проведения микроскопических исследований пыли в том виде, как она улавливается при использовании большинства применяемых фильтрующих материалов, ввиду чего определение запыленности воздуха возможно только путем весового анализа или сравнительных анализов плотности. Нежелательной является и тенденция недооценки при этом частиц размером менее 5 *мк*. Собирание пыли для минералогических анализов обычно связано с трудностями, которые возникают вследствие недостаточного отделения пыли от фильтра. Более того, по мере возрастания запыленности воздуха заметно повышается и сопротивление фильтра, а отсюда и его изменяющаяся проницаемость в отношении тонкодисперсных частиц. Метод отбора проб с мембранным фильтром особенно целесообразен для улавливания

радиоактивных альфа-излучающих частиц ввиду их слабого проникновения в мембранный фильтр, что уменьшает радиационное поглощение.

Пылеопробователь Ле Буше

В этом приборе применяется фильтр из тетрахлорнафталина, растворяющегося в бензине. Фильтр снабжен винтовым прессом, придающим ему равномерную толщину, от которой зависит его эффективность, но которая, конечно, вместе с тем определяет его сопротивление воздушному потоку. Воздух всасывается посредством вмонтированного инжектора. Дифференциальный манометр позволяет измерять количество всасываемого воздуха, а вакуумметр показывает возрастание сопротивления фильтрации по отношению к уровню запыленности, создавая, таким образом, возможность определения количества отложившейся на фильтре пыли.

Модель «Сершар»

Этот прибор, созданный Научно-исследовательским центром угольной промышленности Франции, работает на том же принципе, что и прибор Ле Буше. Он независим от внешнего источника энергии для создания воздушного потока и снабжен улучшенным держателем фильтра. В нем применяются мембранные фильтры с порами диаметром приблизительно 0,2 *мк*. Держатели фильтров легко заменяются, что позволяет получить несколько проб.

Фильтр Гёте

Фильтр Гёте представляет собой прибор, предназначенный для опробования довольно больших количеств пыли, и снабжен бумажным корзинообразным фильтром весом около 45 *г* и двумя зондами, расположенными рядом (см. рис. 119). Запыленный воздух может свободно проходить через один зонд, тогда как другой находится под всасыванием и проводит воздух через фильтр. Оба зонда сконструированы так, что служат путями для замеров и соединены с расходометром. Эжектор, управляющий подачей сжатого воздуха, отрегулирован так, что стрелка анемометра показывает нуль. Таким образом, скорость потока во всасывающем зонде может удерживаться на одном уровне со скоростью наружного воздуха.

Фильтр Фюсселя

Фильтр Фюсселя был создан на базе мембранного фильтра с использованием нитроцеллюлозы, обладающей высокой удерживающей способностью даже в отношении самых мелких частиц. Заранее определенное количество воздуха поступает через всасывающую головку, снабженную мембранным фильтром диаметром 47 *мм*,

причем сопротивление фильтра регулируется с помощью манометра (вакуумметра). Количество всасываемого воздуха может достигать 40 *л/мин.* Поскольку в этом приборе вакуум остается постоянным, количество всасываемого воздуха уменьшается по мере возрастания сопротивления фильтра вследствие отложения пыли.

Описанные выше приборы фильтрующего действия могут быть использованы только путем присоединения их к трубопроводу сжатого воздуха. Обычно отбор проб длится несколько часов, и таким образом имеется возможность получить достаточно большое количество пыли для минералогических анализов и определения гранулометрического состава. С помощью фильтра Гёте можно собрать от 5 до 10 *г* пыли, тогда как двумя другими приборами может быть получено менее 1 *г*.

Ртутный насос Зурло

Ртутный насос Зурло представляет собой прибор фильтрующего действия, который не зависит от подачи извне сжатого воздуха для всасывания. С помощью этого прибора определенный объем воздуха может засасываться вследствие перепада данного объема ртути из одной части прибора в другую. В нем используется микропористый фильтр из нитроцеллюлозной мембраны. Преимуществами прибора являются его компактность и удобство в обращении при всех встречающихся в практике условиях.

Ручной насос ПРУ

Конструкция этого хорошо известного прибора была разработана научно-исследовательской станцией по изучению пневмокониозов в Англии. Он создает на фильтрующей бумаге пятно, непрозрачность которого пропорциональна количеству отложившейся пыли. Оценку производят с помощью денсиметра, принимая поглощение света за функцию отложения пыли. Существенное значение имеет однородность пыли, подлежащей измерению; прибор тарируется в соответствии с характеристикой данной пыли.

Вследствие затруднений в отношении тарирования и получения надежных оценок собранной пыли приборы, работающие на этом принципе, в значительной мере вытеснены более точными методами отбора проб рудничной пыли.

Ручной насос Дрегера

Этот прибор, созданный в последние годы, позволяет производить подсчет частиц пыли. Он работает ручным меховым насосом, который растягивается пружиной, и может засасывать 100 $см^3$ воздуха. Насос снабжен металлическими лапками, между которыми может быть натянут мембранный фильтр. Фильтры имеют диаметр около 20 *мм* и плотную структуру с порами диаметром приблизительно 0,2 *мк*. Ввиду относительно небольшой скорости воздуха

частицы пыли остаются на ровной поверхности фильтра в условиях, во многом схожих с теми, когда частицы находились во взвешенном состоянии. Капельки воды, тумана или масла абсорбируются фильтром и не являются помехой при исследовании образца. При использовании зеленых мембранных фильтров темные частицы пыли, как и светлые частицы горных пород, легко распознаются и различаются при исследованиях под микроскопом в затемненном поле.

Фильтр Сокслета

В этом удобном в обращении приборе применяются фильтры в виде наперстка, позволяющие собирать относительно большие количества пыли для исследований. Он состоит из трех главных частей: кожуха фильтра, анемометра и пневматического эжектора для создания необходимого движения воздуха.

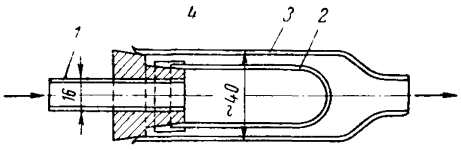


Рис. 121. Приемник фильтра Сокслета:
1 — впускная трубка; *2* — фильтр; *3* — приемник фильтра; *4* — муфта для крепления фильтра

Кожух фильтра (рис. 121) выполнен так, чтобы служить опорой фильтра при отборе проб и предотвращать потери пыли или загрязнение фильтра при транспортировке. Прибор, изображенный на рисунке, предназначен для обеспечения входной скорости, по возможности близкой к скорости движения наружного воздуха, в то время как соответствующая скорость движения выбирается. Для скоростей порядка 1—2 *м/сек* желательны величины в пределах от 700 до 1500 *л/ч*, которые можно удобно замерять с помощью небольшого стандартного газового счетчика.

Пробоотборник Гекслета

Исследования механизма отмучивания привели к созданию горизонтального отстойника, улавливающая способность которого очень сходна с таковой в системе дыхательных путей человека. В пробоотборнике Гекслета применяется горизонтальный отстойник в сочетании с наперсткообразным фильтром Сокслета, который собирает представительные пробы вдыхаемой пыли. Прибор оборудован вакуум-насосом или эжектором и контрольной диафрагмой для обеспечения правильного движения воздуха.

Сравнение теоретической кривой проникновения частиц по их размеру в человеческие легкие и кривой воздушного анализатора по крупности показывает достаточно хорошее совпадение. Возможность подобных сравнений является характерной особенностью данного прибора для получения образцов с целью проведения анализов состава вдыхаемой пыли, в противоположность способу отбора проб всей взвешенной пыли, как это имеет место при применении других приборов фильтрующего действия.

Пробоотборник Гаста

Пробоотборник Гаста представляет собой портативный прибор, применяющийся в некоторых горных районах для постоянного отбора проб пыли урановых руд. Воздух пропускается через фильтрующую бумагу толщиной 29 *мм* с помощью ротационной воздуходувки без смазки с приводом от электродвигателя, питающегося от батареи. Прибор обеспечивает устойчивое протекание воздуха в количестве до 14 *л/мин* в течение периода времени, равного обычно 10 *мин*, и гарантирует получение достаточно больших проб для проведения химического анализа.

Приборы с длительным режимом работы

В последнее время были разработаны конструкции приборов для продолжительных, непрерывных измерений. Они позволяют обеспечивать постоянное наблюдение за условиями запыленности на данном рабочем участке и дают надежные показания о колебаниях этих условий за известный период времени. Таким образом, они способствуют получению более полной информации относительно пылевого режима и облегчают исследования в отношении пылеобразования в связи с выполнением отдельных видов работ.

Спрос на приборы для продолжительного отбора проб пыли возрастает по мере увеличения добычи и концентрации горных работ вследствие внедрения механизации и других мероприятий, осуществляемых за последнее время. К этим приборам предъявляются требования полной автоматизации и отсутствия необходимости наблюдения за ними в течение длительного времени, с исключением возможности возникновения каких-либо помех в их работе во время отбора проб.

Селективный пробоотбиратель Конисайкла

Существенной особенностью этого прибора является пробоотборочная головка, работающая по принципу центрифуги с осаждением частиц взвешенной пыли в порядке спектрального распределения в соответствии с их конечной скоростью, т. е. с осаждением частиц, близких друг к другу по форме и плотности, в соответствии с их крупностью. Задерживаются только те частицы, конечная скорость которых лежит в заранее определенном диапазоне. Все частицы, конечная скорость которых превышает этот диапазон, выбрасываются, тогда как частицы с конечной скоростью ниже указанного диапазона собираются только частично, до известного предела, который может быть вычислен. Таким образом, теоретически этот прибор может быть сконструирован с желаемой избирательной способностью, которая могла бы идеально совпадать с отрезком кривой пробоотборника Гекслета. Прибор работает от батареи и имеет прочное конструктивное выполнение для эксплуатации в подземных условиях.

Практически при отборе проб следует считаться с неточностями в силу различий в составе пыли и соотношения вес — количество частиц пыли. Тем не менее этот прибор заслуживает быть отмеченным ввиду существующего ныне спроса на селективные гравиметрические пробоотбиратели и тех преимуществ, которыми обладает данный прибор для постоянного отбора проб в угольных шахтах.

Гравиметрический прибор Симгард

Прибор Симгард, разработанный Научно-исследовательским центром по технике безопасности в горной промышленности Англии, предназначен для отбора в течение одной представительной рабочей смены в подземных условиях проб вдыхаемой пыли, достаточно тяжелой для возможности взвешивания, которые могут служить объектом некоторых измерений по составу. Прибор является независимым от внешних источников питания энергией.

Воздух, из которого отбираются пробы, пропускается через параллельнопластинчатый воздушный анализатор по крупности и затем через мембранный фильтр с помощью эжектора, приводимого в действие с помощью углекислого газа из двух легких цилиндров. Игольчатый клапан и расходомер, расположенные за фильтром, допускают регулировку воздушного потока. Струя углекислого газа может быть отрегулирована на подачу воздуха в количестве 3 *л/мин* в течение 12 *ч.* В пределах нагрузки до 10 *мг* пыли сопротивление фильтра меняется весьма незначительно, и таким образом поток воздуха остается фактически постоянным.

Прибор помещается в ящике из стекловолокна: вес его с полным оборудованием составляет около 5 *кг.*

Термопреципитатор продолжительного действия

В этом приборе используется тот же принцип, что и в стандартных образцах данных аппаратов, причем он позволяет производить отбор одной пробы, охватывающей одну или несколько рабочих смен. Особенностью его конструкции является возможность исключения частиц размером более 7 *мк* (приблизительно). Помимо значительного сокращения исследований проб под микроскопом данный прибор почти полностью исключает возможность нечеткого определения фракций. Во многих случаях он постепенно вытесняет стандартные образцы приборов, применяемые в повседневной работе.

Пылеопробователь со щелью

Этот прибор продолжительного действия для отбора проб пыли, о котором речь уже шла выше в подразделе «Осадительные приборы».

Электростатические преципитаторы

Принципы электростатического осаждения были изложены в главе V. Применение приборов этого типа для отбора проб пыли можно считать целесообразным в условиях шахтной атмосферы при отсутствии опасности воспламенения и взрыва газов. Они требуют присоединения к источнику электроэнергии. Пыль осаждается непосредственно на предметных стеклах, пригодных для исследований под микроскопом. Приборы обладают высокой эффективностью в отношении частиц размером менее 5 *мк*.

Электростатический пробоотборник

Хорошо известный в практике электростатический пробоотборник изображен на рис. 122. Пробоотборочная головка этого прибора состоит из металлической трубки, по оси которой пропущен и укреплен металлический стержень. Трубка служит собирательным

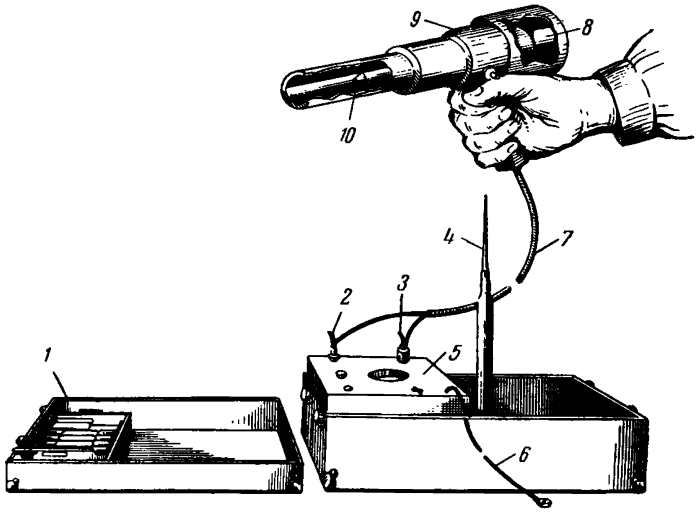


Рис. 122. Электростатический пробоотборник:

1 — пробоотборные трубки и электроды; *2* — присоединение к двигателю воздуходувки; *3* — присоединение тока высокого напряжения; *4* — выдвигающийся стояк; *5* — силовой узел; *6* — присоединение к питанию электроэнергией; *7* — высоковольтный кабель длиной 3,6 *м*; *8* — воздуходувка; *9* — пробоотборная головка; *10* — центральный электрод с ионизирующим проводом

электродом, в то время как стержень, находящийся под напряжением 13—20 *кв* постоянного тока, является ионизационным электродом. Воздух в количестве около 85 *л/мин* пропускается через трубку с помощью воздуходувки или вентилятора с электроприводом.

Частицы пыли в воздухе при прохождении через трубку получают заряд и осаждаются на ее внутренней поверхности в силу действия электростатического поля. Пробоотборочная головка,

состоящая из пробоотборочной трубки и вентилятора, весит около 1,8 *кг* и может обслуживаться вручную, а также устанавливаться в любом желаемом положении.

С помощью кабеля высокого напряжения пробоотборочная головка соединена с блоком питания, который в основном состоит из трансформатора высокого напряжения частотой 60 *гц* и двух ламповых выпрямителей тока. Прилагаются запасные собирательные электроды (трубки). Вес прибора вместе с ящиком для транспортировки составляет около 13,5 *кг*.

Весы Гаста

В этом приборе пыль проходит через электрическое поле высокого напряжения, около 10 *кв*, и осаждается в осадительной камере, из которой падает на электрод, присоединенный к коромыслу самопишущих микровесов. Время осаждения пыли составляет от 1 до 4 *мин*, прибор автоматически работает в течение неограниченного времени. Небольшой нагнетательный вентилятор постоянной скорости подает фиксированный объем воздуха за определенный отрезок времени. На рис. 123 показан принцип действия данного прибора.

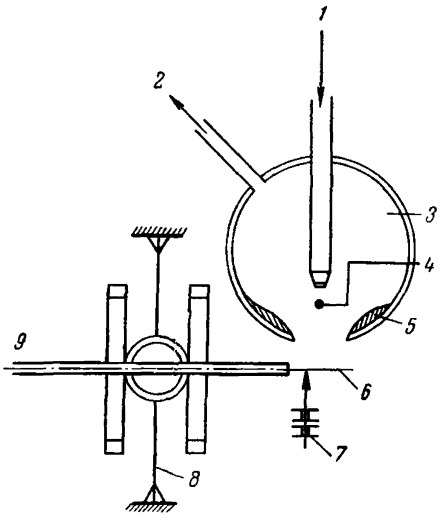


Рис. 123. Принцип работы весов Гаста для пылеотбора:

1 — впуск запыленного воздуха; *2* — присоединение к газовому счетчику и всасывающему насосу; *3* — осадительная камера; *4* — провод, создающий электрическое поле; *5* — изоляционный слой; *6* — собирающая пластинка; *7* — стопорное устройство; *8* — натяжная лента; *9* — коромысло весов

Термопреципитатор

Термопреципитатор является одним из наиболее надежных приборов для пылеопробования и может быть использован для отбора проб всех видов частиц взвешенной пыли как органического, так и неорганического происхождения в высоких и в низких концентрациях. Эффективность прибора в отношении частиц, размер которых не превышает 5 *мк* и ниже пределов разрешающей возможности оптического микроскопа, близка к 100%. Прибор может с успехом использоваться для постоянного отбора проб в шахтах, как равно и для научно-исследовательских работ и специальных исследований (рис. 124). Кроме того, имеется возможность использовать пробы пыли для последующего исследования под электронным микроскопом. Прибор может применяться во всех шахтах, включая газовые.

В основу процесса термопреципитации заложено явление, в силу которого мельчайшие частицы пыли не могут проникнуть в пространство, непосредственно прилегающее к нагретому телу, при наличии здесь высокого температурного градиента. Практическое применение этого принципа можно видеть на рис. 125, где изображен нагревательный элемент между двумя покровными стеклами микроскопа. Воздух медленно (140 *см/мин*) пропускается между покровными стеклами через элемент. Пыль осаждается узкой полосой на каждом покровном стекле, противоположном пространству, свободному от пыли.

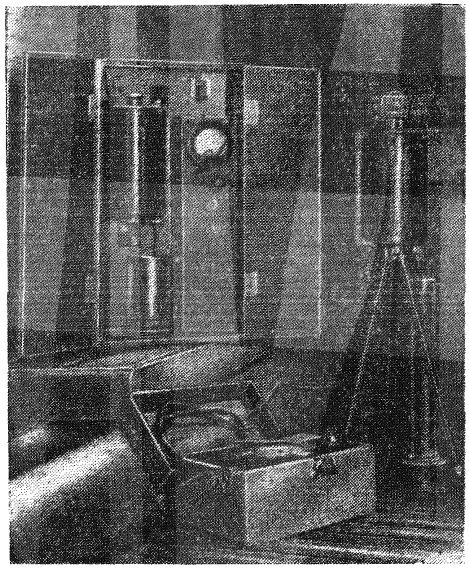


Рис. 124. Термопреципитатор для опробования пыли в подземных условиях

Частицы пыли осаждаются в тех же условиях, какие встречаются в воздухе. Частицам не приходится претерпевать каких-либо сильных изменений, если только они не образуют ядра капелек тумана, так как в этом случае испарение воды может нарушить размер частиц и, следовательно, предположительную патогенность пыли.

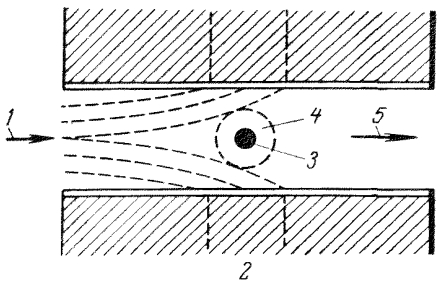


Рис. 125. Принцип работы термопреципитатора:

1 — запыленный воздух; *2* — зона осаждения; *3* — нагретый провод; *4* — пространство, свободное от пыли; *5* — чистый воздух

Главной особенностью прибора (рис. 126) является пробоотборочная головка (рис. 127), которая состоит из кубического латунного блока, изготовленного из двух половин, разделенных прокладкой из изоляционного материала с образованием вертикальной щели, через которую проходит в горизонтальном направлении нагреваемый электричеством провод. Имеющиеся в каждой половине блока два отверстия позволяют удерживать покровные стекла в правильном положении с помощью плотно пригнанных затворов (пробок). Нижняя часть латунного блока удлинена и снабжена резьбой для соединения с эксга-

устером в целях создания возможности прохождения воздушного потока через щель. Предусмотрены водоотсос и небольшая батарея для нагревания проволочного элемента до температуры около 100° С.

Существует несколько вариантов устройств указанных составных частей в соответствии с особыми требованиями.

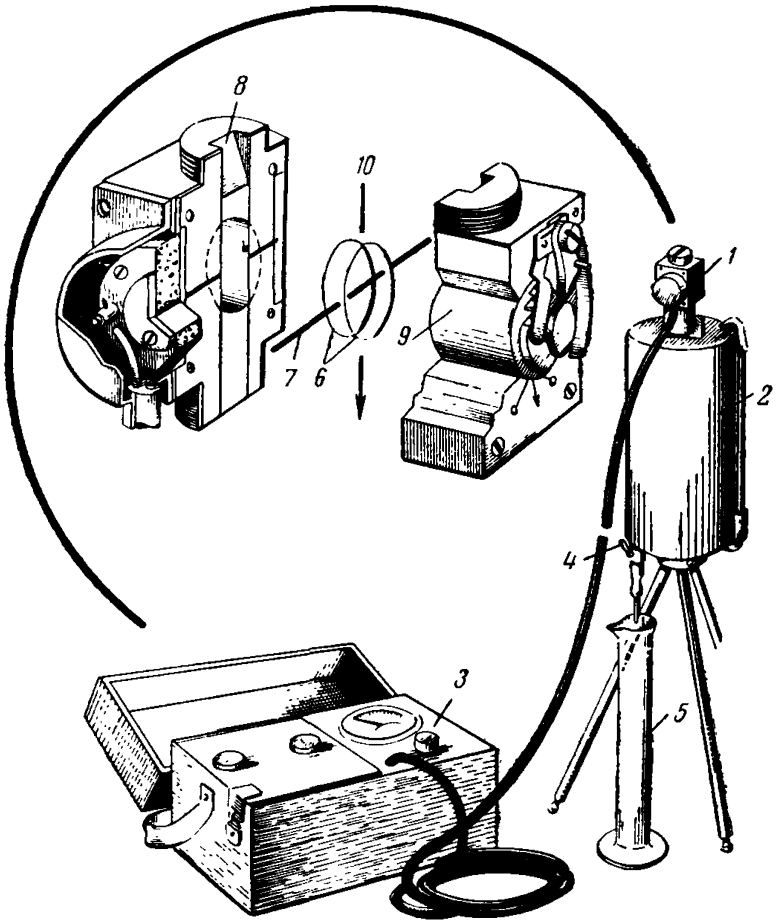


Рис. 126. Термопреципитатор:

1 — пробоотборочная головка; *2* — аспиратор; *3* — контрольный ящик; *4* — кран; *5* — измерительный сосуд; *6* — покровные стекла; *7* — проволочное сопротивление; *8* — отверстие для пробоотбора; *9* — стопор; *10* — рудничный воздух. (Головная часть термопреципитатора *1* плотно ввинчивается в аспиратор *2* и включается ток силой 1,2 *а* из контрольного ящика *3*. Когда открыт кран *4*, вода поступает в измерительный сосуд *5* и регулирует поток, который не должен превышать 7 *см*³/*мин*. После отбора проб вода отключается и тщательно определяется объем. После отключения тока головная часть термопреципитатора удаляется и вынимаются покровные стекла *5* для последующей оценки препарата под микроскопом)

Известны различные модификации стандартной пробоотборочной головки. К ним относятся пробки-защелки и специальные пробки, создающие возможность исследования образцов под электронным микроскопом. Пробки с защелками могут вращаться, занимая шесть разных положений и позволяя получать шесть проб на каждом покровном стекле. При другой модификации можно обеспечить получение четырех полос в форме квадрата, которые не пересекают друг друга.

В некоторых типах термопреципитаторов конструкция пробоотборочной головки была полностью видоизменена. В одном из этих типов имеется возможность получения нескольких проб без замены при этом покровных стекол. В другом типе предусмотрено получение непрерывных показаний на подвижном покровном стекле. Полезным приспособлением можно считать осадительный канал, через который пропускается воздух и где происходит осаждение более крупных частиц размером свыше 5 и до 10 *мк*, прежде чем воздух поступит в преципитатор. В числе других вариантов можно отметить термопреципитатор продолжительного действия конструкции Национального совета по углю (Англия), термопреципитатор «Витватерсренд» и осциллирующий термопреципитатор, в котором пыль осаждается на более широкой полосе для облегчения исследований под электронным микроскопом.

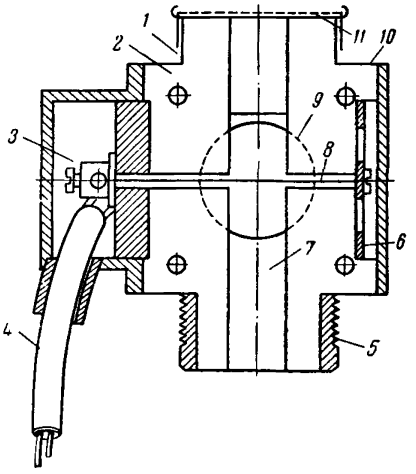


Рис. 127. Поперечный разрез головной части термопреципитатора:

1 — цилиндрическое удлинение; *2* — бакелитовые прокладки; *3* — изолированный зажим; *4* — двужильный провод; *5* — цилиндрическое удлинение с резьбой; *6* — пружина с язычком; *7* — воздушный канал; *8* — проволочное сопротивление; *9* — цилиндрические отверстия для покровных стекол; *10* — латунный блок; *11* — колпак из сетки

Приборы для исследования

Большое количество различных типов приборов для отбора проб пыли было разработано и сконструировано в научных учреждениях, занятых проблемой исследования пыли. Многие из этих приборов созданы в результате спроса на них для получения определенного вида информации, которую применяемые в обычной практике аппараты не могут обеспечить. Здесь не приводятся описания разнообразных типов приборов, основанных на том или ином принципе, которые уже были рассмотрены выше.

В табл. 1 приведены данные о характерных особенностях ряда приборов для отбора пыли, используемых для этой цели в подземных условиях. В некоторых случаях (например, в отношении кониметров) существует большое количество типов приборов, в которых детали могут быть различными. Здесь не предполагается перечислять все эти варианты.

Б. Отбор проб пыли

Отбор проб пыли может проводиться для различных целей: отбор может быть частью общей пылевой съемки в горном предприятии для получения сведений, на основе которых планируются

Таблица 1

Характеристика приборов для отбора проб пыли

Прибор	Метод	Измеряемые параметры частиц	Определяемые размеры частиц, *мк*	Опробованный объем воздуха	Максимальная концентрация пыли, при которой прибор может применяться	Наиболее крупная проба, которая может быть отобрана, *мг*	Время отбора проб	Удобство в обращении	Приблизительный вес прибора, *кг*	Источник энергии	Возможность минералогического анализа
Тиндаллометр (с приспособлением для нагрева или без него)	Оптический	Безразмерно или *мг/м*³	Все частицы или 10—0,1	Около 50 *см*³	Не ограничено	—	1 *мин*	Хорошее	1,0	Батарея —	Нет
Кониметр	Ударный	*Частиц/см*³	0,2	1,0; 2,5 или 5,0 *см*³	1000 *г/см*³	—	0,1 *сек*	То же	Около 2	Никакого	»
Портативный импинжер	То же	*Частиц/см*³ или *мг/м*³	1	По желанию	Не ограничено	100	До 3 *ч*	Среднее	То же	Пневматический эжектор или вакуумный насос	Да
Портативный скруббер	»	То же	0,2	То же	То же	50	Не ограничено	То же	Около 1	То же	»
Портативный скруббер в комбинации с предимпинжером	»	*г/см*³ или *мг/м*³	5—0,2	»	»	50	То же	»	То же	»	»
Фильтр Ле Буше	Фильтрация (растворимый фильтр)	*мг/м*³	0,2	»	»	100	»	»	4	Вмонтированный инжектор	»
Ручной насос ПРУ	Фильтрация (бумажный фильтр)	Суммарная поверхность	0,5	80 *см*³ за один ход поршня	»	—	1 *мин*	Хорошее	2	Никакого	Нет
Фильтр Гёте	То же	*мг/м*³ или *частиц/см*³	0,5	По желанию	»	Несколько граммов	Не ограничено	Среднее	10	Вмонтированный инжектор	Да
Гекслета	»	*мг/м*³	5	50 *л/мин*	»	То же	То же	Хорошее	5	Пневматический эжектор или вакуумный насос	»
Ручной насос Дрегера	Фильтрация (мембранный фильтр)	*Частиц/см*³	0,1	100 *см*³ за один ход поршня	5000 *г/см*³	—	1—5 *мин*	То же	1	Никакого	В ограниченной мере
Аппарат Зурло с мембранным фильтром	То же	*г/см*³	0,1	100—1500 *см*³	12 000 *г/см*³	—	3—15 *мин*	—	3	Вмонтированный ртутный аспиратор	То же
Сершар 857	»	*мг/м*³ или *частиц/см*³	0,1	200 *см*³/*мин*	Не ограничено	1	Не более 4,5 *ч*	—	4,1	Батарея	»
Прибор Фюсселя с мембранным фильтром	»	То же	0,1	По желанию	То же	50	Не ограничено	Среднее	7	Вмонтированный инжектор	Да

Продолжение табл. 1

Прибор	Метод	Измеряемые параметры частиц	Определяемые размеры частиц, *мк*	Опробованный объем воздуха	Максимальная концентрация пыли, при которой прибор может применяться	Наиболее крупная проба, которая может быть отобрана, *мг*	Время отбора проб	Удобство в обращении	Приблизительный вес прибора, *кг*	Источник энергии	Возможность минералогического анализа
Симгард	Фильтрация (мембранный фильтр)	*мг/м*³	5	3 *л/мин*	Не ограничено	50	10 *ч*	Хорошее	5	Вмонтированный цилиндр с двуокисью углерода	В ограниченной мере
Конисайкл	Циклон	*мг/м*³	1—5	10 *л/мин*	То же	100	8 *ч*	»	10	Вмонтированные батареи	Да
Весы Гаста	Электростатический	*Частиц/см*³	Вся пыль	Около 100 *см*³	»	Несколько граммов	Не ограничено	Среднее	10	Батарея	Нет
Стандартный термопреципитатор	Термический	*г/см*³	0,2	По желанию	Зависит от объема, взятого для опробования	—	2—60 *мин*	То же	4	»	Только визуальные методы
Термопреципитатор продолжительного действия	То же	*г/см*³	0,2—5	До 1000 *см*³	То же	—	До 8 *ч*	Хорошее	10	»	Нет

мероприятия по борьбе с пылью; он может проводиться для некоторых специальных исследований (например, в отношении особых типов бурильных молотков) или для осуществления обычного, постоянного контроля условий запыленности.

Общая пылевая съемка

Горное предприятие, которое планирует мероприятия по борьбе с пылью, должно начинать свои изыскания с генеральной съемки условий запыленности в выработках с тем, чтобы получить соответствующие фактические данные, на основе которых и можно приступить к составлению плана. Имеется целый ряд моментов, по которым необходима подобная информация: например, в отношении количества и характеристики поднимающейся в воздух пыли; операций, рабочих участков и оборудования, создающих наибольшую запыленность; изменений концентрации пыли в течение рабочей смены и в периоды между сменами. Полученная информация должна обеспечить руководству предприятия возможность не только выработать план эффективных мероприятий для предупреждения пылеобразования и подавления пыли, но и составить схему постоянного отбора проб пыли на основании детального ознакомления с изменениями и частотой возникновения концентраций; это позволит осуществлять постоянный контроль за выполнением и эффективностью принятых к внедрению мероприятий по предупреждению пылеобразования.

Обоснованные данные могут быть получены двумя путями:

продолжительным отбором проб, который может дать точную среднюю величину, если период времени отбора достаточен;

промежуточным отбором, когда пробы отбираются через определенные, регулярные промежутки времени, что дает менее точную среднюю величину, но позволяет следить за колебаниями в содержании пыли.

Прежде чем приступить к измерениям пыли, необходимо знать, каким целям должны служить данные измерения, какие имеются в наличии кадры и аппаратура для измерений и оценки их результатов, какие размеры частиц пыли представляют интерес, подлежит ли определению концентрация пыли в *мг/м*^{3} или в частицах на *см*^{3}, должно ли быть проведено определение гранулометрического состава, потребуются ли и в какой мере минералогические анализы, в какие промежутки времени должны повторяться измерения и следует ли регистрировать материалы измерений в форме, допускающей сравнение с другими техническими приемами замера пыли.

Ранее было уже указано, что проведение эффективных мероприятий по борьбе с пылью требует большого количества информационных материалов в отношении образующейся пыли: ее количества, состава, распределения по крупности и т. д.; при этом не следует упускать из вида, что ни один метод отбора проб не в состоянии обеспечить получение всей этой информации в одно и то же время. Например, наперстковый метод фильтрации Сокслета, который является одним

из наиболее точных способов определения веса пыли в данном объеме воздуха, не в состоянии дать какую-либо информацию относительно гранулометрического состава, тогда как термопреципитатор, позволяющий производить отбор проб и исследование мельчайших частиц пыли, оказывается весьма малопригодным для крупных частиц.

Обычный отбор проб пыли

Существует много категорий шахт и методов разработки полезных ископаемых; условия эксплуатации меняются в значительной мере не только в соответствии с видом разрабатываемого ископаемого, но и самой шахты. Вследствие вытекающего отсюда отсутствия однообразия в образовании и концентрации пыли на различных рабочих участках и в разное время невозможно разработать точные правила, охватывающие собой обычный отбор проб в порядке установившейся практики, которые соответствовали бы требованиям в каждом отдельном случае. Здесь излагаются некоторые общие соображения и замечания по данному вопросу, за которыми следует описание методов обычного отбора проб, принятых в практике разработки некоторых месторождений полезных ископаемых.

Поскольку основной целью проведения обычного, повседневного отбора проб пыли является установление степени опасности, которой подвергаются от действия пыли разные группы рабочих, занятых на разнообразных операциях по всем выработкам шахты, и поддержание контроля за методами борьбы с пылью, которые здесь применяются, то отсюда следует, что сборники правил для отбора проб пыли должны быть составлены для каждого типа рабочих участков, которым требуются данные информационные материалы. В этих правилах, предназначенных для применения в одной или нескольких шахтах с приблизительно одинаковыми условиями, должен быть предусмотрен прибор для отбора проб, определены места, где должен происходить отбор проб с учетом местонахождения рабочих или операций, которые имеются в виду, и частота проведения пробоотбора.

Выбор прибора

Идеальным прибором был бы такой, с помощью которого можно было бы отбирать представительную пробу пыли в том виде, в каком она существует в окружающем пространстве, т. е. не изменяя ни в каком отношении частицы пыли или их распределение, и который обеспечивал бы быструю и легкую оценку получаемых результатов. Он должен отбирать пробы только вдыхаемых фракций пыли, с такой же избирательной способностью, какой обладают дыхательные органы человека, и обеспечивать получение информации за продолжительный период времени с учетом не только средних концентраций, но и преходящих колебаний. Прибор должен иметь простую и прочную конструкцию для работы в шахтных условиях; весьма желательно, чтобы прибор действовал автоматически.

В настоящее время ни один из имеющихся приборов не в состоянии удовлетворить всем этим требованиям. Большинство из них являются избирательными или дробящими агрегатами пыли, дающими преувеличенные показания о количестве присутствующих мелких частиц, тогда как другие являются слишком громоздкими или требующими квалифицированного ухода и неослабного внимания, вследствие чего они непригодны для постоянного отбора проб в шахтных условиях. Таким образом, выбор прибора весьма ограничен; можно остановить выбор на пробоотборнике, который позволял бы брать большое количество проб на различных участках в возможно более короткое время, или на одном из приборов продолжительного действия, сконструированных специально для использования в подземных условиях. Необходимо также не упускать из вида вопрос о сравнимости результатов, а также то обстоятельство, что статистические данные, основанные на записях показаний пылеопробователя за период времени, охватывающий несколько лет, необходимы для выявления возникающих тенденций в отношении вредного действия пыли как фактора профессиональных заболеваний; поэтому замену одного прибора другим нельзя производить без вдумчивого отношения к этому вопросу.

Места отбора проб пыли

Постоянный отбор проб имеет целью определение характеристик пыли, которую люди вдыхают, находясь на своих рабочих местах. Таким образом, место отбора проб определяется передвижениями и деятельностью этих людей. Дополнительно необходимо также знать о количестве пыли, присутствующей в воздухе, поступающем к рабочим местам, и о количестве ее в воздухе, отводимом от этих рабочих мест.

Опыты показывают, что в воздушном потоке имеет место заметное смешивание пыли и что кратковременные колебания концентрации пыли быстро исчезают по мере удаления воздуха от источника возникновения этих колебаний. Так, на расстояниях, превышающих 30-кратную величину диаметра вентиляционной выработки от источника пылеобразования, концентрации становятся приблизительно однообразными по всему поперечному сечению вентиляционной выработки. При наличии в вентиляционной выработке в результате препятствий, изгибов и т. п. значительной турбулентности однообразность концентрации пыли может установиться на более коротких расстояниях от источника пыли, составляющих 10-кратную величину диаметра выработки. При обычных скоростях воздуха, на расстояниях приблизительно до 90 *м*, отложение пыли не оказывает заметного влияния на концентрацию вдыхаемой пыли. Таким образом, подходящим местом для отбора проб использованного воздуха можно считать пункт, находящийся в пределах приблизительно от 13 до 90 *м* от источника пылеобразования или рабочего места.

Местоположение для отбора проб входящего воздуха, подаваемого к рабочему месту, следует выбирать так, чтобы на него

не могли влиять никакие операции, свойственные исключительно только этому рабочему месту. К таким операциям могут относиться транспортные работы или работы на опрокидывающих устройствах, с помощью которых руда или уголь доставляются с рабочего места.

На рабочих участках в ограниченном пространстве, таких как в подготовительных выработках у забоя или в очистных выработках (камерах) при системе разработки короткими столбами, пробы должны отбираться вблизи находящихся там рабочих, на среднем уровне дыхания, как и на других рабочих местах; в случаях, когда воздух подается к забою по трубе, пробы входящего воздуха должны отбираться внутри трубы на расстоянии, по меньшей мере равном диаметру трубы, считая от ее выпускного отверстия. Пробы использованного воздуха следует отбирать по меньшей мере в 14 *м* позади пункта (по направлению вентиляционной струи), где выдается свежий воздух. Если применяется всасывающая система вентиляции, пробы следует отбирать внутри всасывающей трубы.

Частота отбора проб

Частота отбора проб зависит от количества пыли, обычно образующейся на данном участке, количества занятых здесь людей и состава пыли. Многие компетентные учреждения устанавливают максимальные сроки обычного отбора проб пыли порядка от одного до 12 месяцев в зависимости от условий.

Частота отбора проб будет зависеть, помимо количества присутствующей пыли, еще и от закономерности ее образования. Если зарегистрированные цифровые данные отражают значительные колебания, то для получения более полных сведений отбор проб пыли следует проводить чаще, чем в тех случаях, когда уровень запыленности остается относительно постоянным.

Сведения, подлежащие регистрации

Все полученные и относящиеся к делу данные подлежат регистрации. Наряду с описанием рабочего места эти сведения должны включать в себя данные о характере производящихся работ, занятом здесь персонале, применяющемся оборудовании, типе угля, горной породы и закладочного материала (где он применяется), мощности пласта, схеме проветривания, скорости и количестве воздуха, поперечном сечении выработки или туннеля, температуре и относительной влажности воздуха, устройствах для пылеподавления и применении воды. К этим данным прилагается эскиз, на котором отмечаются места производства измерений.

Специальные исследования

В тех случаях, когда в подземных условиях производятся исследования новых типов бурильных машин или проводятся испытания опытных образцов какого-либо оборудования, необходимы специаль-

ные исследования для получения данных о пылеобразующих характеристиках этих машин. Подобного рода исследования бывают необходимы и для определения эффекта, вызываемого изменениями, вносимыми в конструкцию бурильных агрегатов и пылеулавливающих устройств в процессе научно-исследовательских работ. Для этих целей обычно требуются более точные данные, и отбор проб в таких случаях должен производиться в строго определенных условиях. В приложении 2 описаны специально оборудованные для этих целей подземные камеры.

Среди других вопросов, относящихся к области специальных исследований, осуществляемых путем отбора проб пыли, следует назвать определение эффективности пылеподавляющих устройств, таких как оросители и туманообразователи, определение оптимальной формы разбрызгивающих форсунок, квалифицированная оценка различных схем проветривания для очистки воздуха от пыли, эксплуатационные характеристики разных приборов для отбора проб, характеристики пылеобразования при различных типах буровых коронок, выбор взрывных работ. Иногда встречается необходимость определения опасности пыли в данной рабочей операции или суммарного вредного действия пыли на рабочего данной профессии. Для этой цели сконструированы специальные пробоотбиратели, которые может носить сам рабочий или сопровождающие его лица, получая при этом данные о вредном действии на него пыли за определенный период времени.

Методы отбора проб пыли в разных странах

Приведенные ниже информационные материалы были получены из разных стран, где имеется горная промышленность; рекомендуемые ими методы и предъявляемые к обычному отбору проб требования изложены и с достаточной ясностью пояснены в приводимых сообщениях.

Франция

Во Франции предписывается следующий порядок отбора проб.

1. Пробы должны отбираться в регулярные интервалы времени в течение рабочей смены в периоды наиболее интенсивной работы, исключая периоды остановок и перерывов, как равно и период после взрывания, при условии, что возможность вредного действия на людей пыли, образующейся после взрыва, исключается.

2. Пробоотбор должен охватывать собой определенную площадь для специфических типов рабочих мест, а именно:

а) рабочие места, проветриваемые вспомогательной вентиляцией: при всасывающей вентиляции — между забоем и передней частью трубопровода; при нагнетательной вентиляции — по направлению вентиляционной струи от конца трубопровода на расстоянии от него, не превышающем 10 *м*;

б) рабочие места, проветриваемые главной вентиляционной струей: не более чем в 15 *м* от забоя и на расстоянии от входа, превышающем в полтора раза ширину входа;

в) в местах выемки целиков, находящихся на главной вентиляционной струе; в рабочих выработках и, если удобно, в вентиляционных выработках для использованного воздуха по направлению вентиляционной струи от основного рабочего места последнего рабочего и не более чем в 15 *м* от него;

г) подземные перегрузочные станции, находящиеся на струе главной вентиляции: по направлению вентиляционной струи от станции и не более чем в 3 *м* от нее;

д) другие рабочие места и вентиляционные выработки для исходящей струи главной вентиляции: по направлению вентиляционной струи от основного рабочего места последнего рабочего и не более чем в 5 *м* от него;

е) мастерские: не более чем в 5 *м* от источников пылеобразования и, если существует значительное движение воздуха, исключительно на стороне по направлению вентиляционной струи;

ж) рабочие места на открытых горных работах: на этих местах профилактические мероприятия столь просты, что отбор проб не является необходимым.

Порядок проведения отбора проб

Для отбора проб, указанных выше в пункте 1, необходимо применять тетрахлорнафталиновый фильтр Ле Буше типа, одобренного для использования в горных выработках.

На каждом рабочем месте следует отбирать по меньшей мере по восемь проб в течение 15 *мин*. Они должны отбираться при скорости движения воздуха 20 *см/сек* (соответственно 12 *л/мин*) с фильтром в перпендикулярном положении, обращенным в сторону воздушного потока.

Фильтры растворяются в бензине, частицы крупнее 5 *мк* удаляются осаждением, а частицы, остающиеся в группе 0,5—5 *мк*, подсчитываются под оптическим проекционным микроскопом по меньшей мере с 200-кратным увеличением и разрешающей способностью порядка 0,5 *мк*.

Рентгеновский анализ применяется для определения содержания свободной двуокиси кремния в частицах размером менее 5 *мк*, взятых из групповых проб с каждого рабочего места.

Для отбора проб, указанных выше в пункте 1, служит микропористый мембранный фильтр; это может быть фильтр Ле Буше со специальным мембранодержателем или фильтр тира «Сершар». Размер пор должен быть приблизительно 0,2 *мк*.

На каждом рабочем месте необходимо отбирать по меньшей мере 15 проб, с продолжительностью отбора как минимум в течение 1 *мин*, в зависимости от концентрации пыли. Скорость воздуха должна достигать приблизительно 1 *л/мин* при мембране в перпендикулярном положении, обращенной в сторону воздушного потока.

Для подсчета мембрана обрабатывается, становится прозрачной и общее количество частиц размером 0,5—5 *мк* определяется с помощью проекционного микроскопа по меньшей мере с 200-кратным увеличением.

Свободная двуокись кремния определяется рентгеновским анализом частиц размером менее 5 *мк* на специально отбираемых для этой цели образцах.

Южно-Африканская Республика

Правила ведения горных работ в Южно-Африканской Республике требуют проведения отбора проб на каждом рабочем месте в золотодобывающих рудниках по меньшей мере один раз в каждый квартал. Обычный отбор проб производится с помощью кониметра.

В угольных шахтах пробы, как общее правило, отбираются в следующем порядке:

в течение выемочных работ по углю;
во время буровых работ;
во время погрузочных операций;
во время оборки забоя и орошения после взрыва;
во время механической погрузки;
во входящей струе воздуха к рабочим местам;
в струе исходящего воздуха от рабочих мест;
во время разных операций.

На обогатительных фабриках, расположенных на дневной поверхности, и в мастерских пробы отбираются вблизи всех мест, где происходят работы с пылеобразованием.

В подземных условиях, когда пробоотборщик приходит на рабочий участок, предварительно изучается ход рабочих операций, чтобы получить комплект проб в соответствии с проводимыми работами. Пробы отбираются в главной подающей воздух выработке или в промежуточных выработках, где это окажется наиболее удобным. Регистрации подлежат следующие данные по ходу работ:

а) операции:

интервал времени между последним взрывом и возвращением рабочих и время, которое проходит между взрыванием и отбором проб;

местоположение вруба в угольном забое, т. е. кровля, середина и подошва;

расположение шпуров в угольном забое, т. е. в кровле или подошве;

находится уголь при погрузке во влажном или сухом состоянии, происходит погрузка вручную или механизмами;

если для бурения по крепкой породе применяются бурильные машины ударного типа — подробные сведения о машине, водяной трубке и водоснабжении;

тип разрабатываемого угля;

какие применяются мероприятия по пылеподавлению;

персонал, занятый в данное время;

высота и ширина рабочих забоев;
рабочий цикл;
типы машин в эксплуатации.
б) проветривание:
скорости и объемы воздуха, применяется ли дымовой баллон и трубка для определения направления вентиляционной струи и измерения низких скоростей;
температуры по психрометру;
показания кататермометра;
расстояние до мест пробоотбора от главной вентиляционной струи (камерно-столбовая система разработки, забои, не находящиеся на главной вентиляционной струе);
любая система частичного проветривания и детали, относящиеся к устройству перемычек, вспомогательным вентиляторам и вентиляционным трубопроводам.
в) водоснабжение:
давление воды;
диаметр водяного шланга;
источники водоснабжения.

Англия

В Англии считают нецелесообразным измерять запыленность около каждого отдельного человека, занятого на подземной работе, или около случайно выбранных групп рабочих в подземных выработках для измерения общего уровня запыленности и определения его изменений на протяжении длительных периодов времени. Значение придается отбору проб только мельчайших частиц пыли (размером от 0,5 до 5 *мк*). Частицы таких размеров обладают малой скоростью осаждения, и только небольшая часть их выпадает из взвеси за время прохождения воздуха вдоль угольного забоя. Фактически большое количество пыли уносится на большие расстояния по вентиляционной выработке исходящей струей. Можно почти не сомневаться, что самая высокая концентрация пыли и, следовательно, наибольшая опасность от мельчайших частиц создается на конце забоя при выходе использованного воздуха. Практически принято устанавливать термопреципитатор в пределах 4,5 *м* от выхода, приблизительно на нормальном уровне дыхания рабочего. Хотя переносить термопреципитатор нелегко, но более полные и надежные результаты отбора проб, с большими оперативными удобствами, могут быть получены в самой выработке для исходного воздуха на некотором расстоянии от забоя. Обычная практика отбора проб с помощью термопреципитатора предусматривает отбор 8 проб с достаточно равномерным распределением по времени за период фактической работы одной смены. Опробованию подлежит каждый рабочий забой в течение каждой из трех смен в каждый квартал. Насос ПРУ, который одно время применялся для отбора проб в каждом забое регулярно один раз в месяц, в настоящее время в значительной степени вытесняется термопреципитатором.

В забоях по крепкой породе самые высокие концентрации пыли образуются во время бурения, разгрузки и после взрывания шпуров. Если здесь применяется термопреципитатор, то отбор проб следует начинать, как только работы развернутся в полной мере, и продолжать его до окончания рабочих операций. Если пылеподавление осуществляется достаточно эффективно, то для получения ясной картины концентрации пыли может потребоваться не более двух проб, отобранных термопреципитатором, тогда как при использовании кониметра пробы обычно должны отбираться в интервалы времени через одну минуту в течение значительного периода. Пробы должны отбираться по возможности в самой непосредственной близости к рабочим. Во время разгрузочных работ отбор проб термопреципитатором и кониметром распределяется равномерно по ходу всех операций.

В Англии отбор проб в угольных шахтах осуществляется в следующих пунктах:

а) угольные забои при сплошной выемке:

закладочная смена; место установлено вблизи конца забоя на выходе воздуха, в самом забое или выработке;

смена на зарубке угля: место в забое вблизи выхода использованного воздуха;

подрывка (смена очистной выемки или закладки): место на расстоянии не менее 9 *м* на стороне исходящей струи в отношении рабочих, концентрация пыли вблизи которых подлежит измерению; если это практически неосуществимо, выбирается наугад один рабочий и пробы отбираются насколько возможно ближе к нему;

б) дугообразные угольные забои: пробы при всех операциях отбирают вблизи выбранного наугад рабочего в забое на стороне исходящей струи воздуха;

в) выработки по породе и пласту: место приблизительно в 9 *м* от выпускного отверстия вентиляционной трубы и не далее чем в 27 *м* от забоя. Однако, если применяется всасывающая вентиляция, то отбор проб производится непосредственно вблизи выбранного наугад рабочего, занятого в забое;

г) места погрузки и перегрузки в выработках: в точке по направлению воздушного потока в 27 *м* от места погрузки или перегрузки.

Измерения

Имеются три возможных параметра — вес, количество и суммарная поверхность, которые могут быть использованы для определения концентрации пыли в воздухе. Определение по весу гравиметрическим способом, или измерение по массе, является наиболее быстрым, надежным, точным и не требует специально подготовленного персонала.

Определение количества частиц, наряду с их размерами, дает дополнительные данные, поскольку определение массы и суммарной

поверхности может быть выведено из подсчета. Счетный метод является, однако, утомительным и требует много времени. Точность зависит от применяемых технических приемов, а также и от квалификации и опытности исполнителя работ.

Измерение точной суммарной поверхности частиц взвешенной пыли — дело исключительно трудное. Однако существуют известные явления, которые дают возможность быстро определить суммарную поверхность; из этих соображений данный метод принят в практике работ немногих горных центров.

Оптические приборы

При использовании тиндаллометра прибор устанавливается в воздушном потоке таким образом, чтобы пыль проходила свободно в осадительную камеру. При измерениях камера закрывается и источник света, направленный на частицы пыли, освещает одну половину поля зрения в окуляре. Освещение другой половины поля с той же степенью яркости достигается с помощью регулировочной кнопки на счетчике. Не изменяя положения прибора, через 10—20 *сек* производят второй отсчет. По номограмме, прилагаемой к каждому прибору, или в соответствующих таблицах находят величину содержания пыли, соответствующую значению угловой шкалы на установочной кнопке. Первый отсчет показывает общее содержание пыли, второй — содержание частиц пыли размерами менее 5—10 *мк*. В интервале 1—2 *мин* следует производить ряд отсчетов.

Для оценки проб, отобранных в угольных шахтах с помощью модифицированного типа термопреципитатора, используется фотоэлектрический аппарат, который измеряет количество света, не пропускаемого частицами, отложившимися на покровном стекле. Применяемый для отбора проб термопреципитатор снабжен воздушным анализатором крупности, в котором осаждаются частицы крупнее 10 *мк*. Все сомнительные или необычные результаты, полученные при применении данного метода, следует подвергать проверке путем подсчета и разделения по крупности тех же самых проб обычными способами. Как средство для определения относительной запыленности воздуха этот метод является целесообразным ввиду быстрого и простого проведения замеров и отсутствия возможности нарушений процесса со стороны обслуживающего работника.

Отбор проб с помощью импинжера

Портативный импинжер и портативный скруббер

При подготовке к отбору проб эти приборы наполняются до предписанного уровня водой, нефтью или изопропиловым спиртом в качестве собирательной жидкости. Для частиц угольной пыли предпочтение следует отдавать двум последним жидкостям ввиду

их хорошей смачивающей способности. Заданное количество воздуха всасывается путем регулирования насоса на создание требуемого вакуума — около 30 *см вод. ст.* Эта цифра определяется предварительной калибровкой с помощью газового счетчика. Продолжительность измерения зависит от концентрации пыли, объема всасываемого воздуха и заданного количества пыли. Как правило, ее исчисляют в пределах от 30 *мин* до нескольких часов. Уровень жидкости в приборах следует поддерживать постоянным, время от времени добавляя жидкость. Оценка проб может производиться как счетным, так и весовым методом. Для определения количества частиц собирательная жидкость выливается из прибора в колбу. Прибор тщательно промывается этой же жидкостью, и в конце операции в колбе будет находиться известное количество жидкости (обычно от 25 до 50 $см^3$). Некоторое количество этой жидкости переносят на предметное стекло с лункой типа Седгевик — Рафтер глубиной 1 *мм*, дают отстояться в течение 20—30 *мин* и затем производят подсчет обычными методами исследований в светлом поле. Производят пять подсчетов частиц на дне лунки в полях 0,05 $мм^3$, по две лунки от каждой пробы. Искомый результат вычисляется путем умножения подсчитанного количества частиц на количественное соотношение объема исследованной жидкости к общему объему в сосуде и деления на объем отобранного воздуха.

Для гравиметрического способа оценки проб жидкость, содержащая пыль, может засасываться в фарфоровый элемент и после высушивания пыль взвешивается на аналитических весах с точностью до 0,1 *мг*.

Затем может быть произведено прокаливание для определения соотношения частиц угольной пыли.

Предимпинжер

Сферическая колба предимпинжера заполняется наполовину той же собирательной жидкостью, которая применяется для портативного импинжера или скруббера, впереди которых он обычно устанавливается. Во время измерений колба предимпинжера не должна подвергаться каким-либо смещениям, иначе жидкость из нее вместе с пылью может проникнуть в следующую колбу. Особенно важное значение имеет точная регулировка объема засасываемого воздуха и поддержание его постоянным, так как скоростью всасывания определяется отчасти граница разделения частиц, подлежащих осаждению. Скрубберная жидкость в предимпинжере должна всегда поддерживаться на одном уровне; необходимо, следовательно, частое пополнение, в особенности при использовании летучих жидкостей.

Коними тр

Перед началом отбора проб с помощью кониметра подготавливается предметное стекло с нанесением на него вяжущего вещества. В качестве такого вещества можно применять глицериновый желатин,

иммерсионное масло, канадский бальзам или вазелин. Для количественных измерений хорошо зарекомендовала себя смесь из 1 *г* вазелина с 100 *см*^{3} четыреххлористого углерода. Вяжущее вещество можно наносить с помощью тонкой щетки или, если это раствор, наливать его на предметное стекло с последующим опрокидыванием, позволяя жидкости стекать в ящик особой формы, сконструированный для этой цели. Правильное нанесение вяжущего вещества имеет очень важное значение, так как изменения в толщине пленки могут привести к значительным искажениям результатов. Это обстоятельство является серьезным недостатком прибора и поэтому для проведения работы с ним должны применяться стандартные технические приемы.

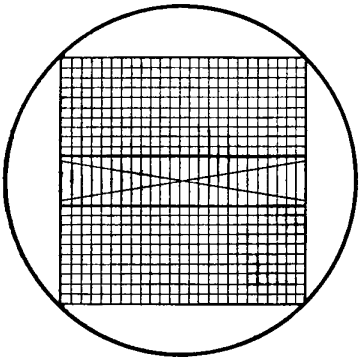


Рис. 128. Визирные нити, применяемые при работе с кониметром

После подготовки предметные стекла вставляются и прибор готов для употребления. Перед измерением металлическое покрытие над всасывающей форсункой должно быть снято; затем поршень насоса устанавливается на заданный объем воздуха (5; 2,5 или 1 *см*^{3}) и вытягивается.

Прибор следует держать в положении, при котором форсунка находится под прямым углом к воздушному потоку, с отверстием вниз, если возможно так, чтобы оно не находилось с подветренной стороны прибора. Перед отбором пробы нужно произвести несколько выхлопов, чтобы очистить форсунку от чужеродной пыли. В случае высокой концентрации пыли рекомендуется увеличить интервалы между пятнами пыли на предметном стекле, чтобы избежать перекрытия одних частиц пыли другими. Перед началом подсчета частиц пыли пленка вазелина должна быть удалена (см. «Обработка частиц пыли»). Оценка производится с помощью лабораторного или проекционного микроскопа.

При отборе проб кониметром «Бергбау» прибор держат за рукоятку или подвешивают его (см. рис. 120). Перед началом работы насоса ловушка для осаждения пыли должна быть осторожно поднята до упора; следует выдерживать интервал в 1 *мин*, чтобы частицы размером более 5 *мк* могли осесть вне радиуса действия всасывания.

Исследования под микроскопом следует производить с 150-кратным увеличением, с объективом 16 *см*, в затемненном поле. Видимость в этих условиях близка к 0,2 *мк*. Подсчет производится с использованием специального окуляра с выгравированной решеткой и двумя секторами 18° (рис 128). При подсчете частиц в двух небольших секторах берется одна десятая общего количества при-

сутствующей пыли, так что если подсчитанное количество частиц умножить на 10 и разделить на объем насоса, то будет получено искомое количество частиц на 1 *см*³. При этом также рекомендуются только частицы размерами от 0,5 до 5 *мк*.

Ввиду сомнений в достоверности оценок, получаемых при этом методе, некоторые компетентные инстанции ввели метод исследования в светлом поле. В этих случаях низший предел видимости составляет около 1 *мк* при 150-кратном увеличении.

Пробы, отобранные с помощью кониметра, отражают величину концентрации взвешенной пыли только на данный момент; для получения цифровых данных о средней концентрации пробы должны отбираться в течение довольно продолжительного периода времени, в интервалы от 1 до 3 *мин*. Во всяком случае ни одна единичная проба не должна состоять менее чем из трех съемок кониметра.

При отборе проб в угольных шахтах частицы угля при необходимости могут быть удалены прокаливанием; тогда при втором подсчете определяется соотношение частиц породной пыли.

Пробы, отбираемые фильтрами

Оценка проб, полученных с применением фильтров, производится весовым или счетным методом. Применяемый метод будет зависеть от физических свойств материала фильтра, который может быть бумажным или из таких материалов, как тетрахлорнафталин или сложный эфир целлюлозы.

Для определения количества частиц фильтр зажимается в соответствующем приспособлении и исследуется под микроскопом в затемненном поле. Количество частиц определяется исходя из подсчитанных фигур, свободной фильтрующей поверхности и объема воздуха, который просасывается через фильтр. При некоторых методах применяется зеленый фильтр, благодаря чему частицы угольной пыли могут быть отличимы от частиц породной пыли и определение соотношения уголь — порода не требует прокаливания.

При другом методе подсчет осуществляется на фильтре, когда он делается прозрачным после смачивания его иммерсионным маслом, и частицы подсчитываются под микроскопом в падающем свете. Если толщина отложения пыли достаточно велика, то пыль может быть удалена с предметного стекла осторожным соскабливанием, после чего стекло подготавливается обычным способом.

Для оценки весовым методом отбор проб должен продолжаться несколько часов, чтобы можно было собрать достаточное количество пыли. Фильтр должен взвешиваться до и после отбора проб; если же требуется определить количество пыли, вызывающей заболевание пневмокониозом, проба должна быть прокалена для удаления органических веществ и веществ, содержащих углерод и масло. Разница в весе муфеля для прокаливания до и после нагрева позволяет

вычислить искомый вес пыли, поскольку весом золы микропористой бумаги фильтра можно пренебречь.

В случае применения растворимых фильтров определение веса пыли или количества частиц производится после растворения фильтра в бензине и центрифугирования осадка пыли тем же путем, как это имеет место при использовании портативного импинжера. При желании может быть собрано достаточное количество пыли для определения гранулометрического состава путем осаждения или просеивания (около 2 *г*), однако при этом не следует забывать, что в силу разрушения пылевых агрегатов и вследствие естественного сцепления пыли, особенно в глинистых материалах, фактическая степень запыленности воздуха частицами взвешенной пыли редко воспроизводится с достаточной точностью при отделении вдыхаемой части пыли и определении крупности путем осаждения.

Фильтр Гёте

Этот прибор (см. рис. 119) должен быть подготовлен и бумажный фильтр вставлен, прежде чем прибор будет доставлен в шахту. Во время замеров скорость просасывания должна соответствовать скорости вентиляционной струи. Это достигается при нулевом положении стрелки прибора. При этом оба отверстия должны быть закрыты.

Удаление пыли с фильтра лучше всего производить следующим образом: внешняя поверхность оболочки фильтра полностью погружается в жидкость, которая вследствие наличия вакуума во всасывающей склянке производит давление извне и увлекает за собой частицы пыли. Насыщенная пылью жидкость собирается во всасывающей склянке и может соответственно обрабатываться. Причиной значительных погрешностей может служить выбивание фильтра или разница в весе фильтра с пылью и без пыли, в особенности, если количества пыли малы.

Фильтр Фюсселя и ручной насос Дрегера

Поскольку оба прибора созданы на основе использования мембранных фильтров, метод оценки проб в обоих случаях один и тот же.

Мембранный фильтр Фюсселя перед доставкой его с дневной поверхности к месту работы укрепляется в держателе. Для стабилизации фильтра в качестве подкладки следует применять фильтровальную бумагу или марлю, но перед этим необходимо измерить скорость потока для каждого фильтра при данном вакууме с помощью газового счетчика или ротаметра. Для определения веса пыли измерения должны производиться в течение соответствующего периода времени. В случае, если задание состоит только в определении количества частиц, для измерения достаточно 15 *мин*. Для этой цели предпочитают использование зеленых фильтров. После каждого отбора проб фильтры могут быть быстро заменены.

Для определения количества частиц или гранулометрического состава пыли целесообразнее применять ручной насос Дрегера ввиду удобства пользования им. Перед отбором проб зеленые фильтры зажимаются в держателе, снабженном натяжным приспособлением. Держатели фильтра привинчиваются на батарее, в которой они укрыты от проникновения пыли. Перед началом каждого замера фильтр прикрепляется к ручному насосу. Во время отбора проб поверхность фильтра удерживается в горизонтальном положении и параллельно вентиляционной струе, так как изменения в направлении всасывания влияют на результаты замера, в особенности при высокой скорости движения воздуха. Каждое просасывание насоса объемом в 100 *см*^{3} длится 4 *сек*, а количество ходов поршня, которое зависит от концентрации пыли, составляет, как правило, от 5 до 20.

Частицы можно подсчитывать в самом корпусе фильтра, так что вынимать его нет необходимости.

Ручной насос ПРУ

Отбор проб этим прибором производится в основном так же, как и ручным насосом Дрегера.

Денситометр, применяемый для оценки, состоит из двух источников света, которые освещают фотоэлектрический элемент. Держатель фильтра помещается между ними и гальванометр показывает степень поглощения света пятном пыли. Предварительно должна быть произведена калибровка по всему диапазону шкалы гальванометра. Содержание пыли определяется из показателей поглощения света, количества ходов поршня насоса и коэффициента калибрования. Этот коэффициент каждый раз должен быть выверен в соответствии с составом пыли, подлежащей измерению. Для получения удовлетворительных отсчетов необходимо относительно толстое пятно пыли.

Прибор Ле Буше

Порядок отбора проб, рекомендуемый для этого прибора, в основном не отличается от французских технических приемов пробоотбора, изложенных в предыдущем подразделе.

Свойства мембранных фильтров

Знание свойств различных мембранных фильтров необходимо для всех, пользующихся приборами данного типа. Большинство мембранных фильтров, несмотря на их кажущуюся хрупкость, обладает достаточной механической прочностью. Их толщина в зависимости от воздухопроницаемости составляет от 100 до 300 *мк*. В качестве примера в табл. 2 приведен ряд типичных немецких фильтров.

Таблица 2

Характеристика немецких фильтров

Марка фильтра	Воздухопроницаемость: 1 *мин* (100 *см*³) 500 *мм вод. ст.*	Средний диаметр пор, *мк*	Размер частиц удерживаемой пыли, *мк*
AF 600	700—500	5—10	1
AF 400	500—300	3—5	0,5
AF 250	300—200	1—3	0,6
AF 150	200—100	0,7—1	0,3
AF 100	100—50	0,6—0,8	0,3
AF 50	50—30	0,5—0,7	0,3
AF 30	30—15	0,3—0,5	0,1
AF 15	15—10	0,2—0,3	0,1
MF средне-зеленый	25—20	0,3—0,5	0,1

Термопреципитатор

Изменения с помощью термопреципитатора требуют внимательного отношения к их подготовке. Необходима тщательная очистка и проверка батарей и отсасывателя воды. Покровные стекла, используемые в качестве предметных, перед вставкой их в прибор должны быть вычищены и проверены под микроскопом. Перед отбором проб необходимо предусмотреть короткий промежуток времени начального нагрева для удаления любых частиц пыли, уже находящейся в воздухе. После этого вставляются предметные стекла и выбирается скорость отбора проб от 2 до 7 *см*³/*мин* при токе 1,5 *а*. Общий объем засасываемого воздуха будет зависеть от предполагаемого содержания в нем пыли и составит от 100 до 400 *см*³.

В случае, если толщина слоя пыли полученного образца слишком велика, подсчет становится более трудным и не исключаются неточности. Оптимальная плотность, достижение которой следует иметь в виду, должна составлять 75 частиц на дорожке шириной 30 *мк*; при возрастающей плотности перекрывание может привести к значительным ошибкам в подсчете, особенно в отношении крупных частиц. При более низкой плотности нужно учитывать возможность ошибок вследствие засорения проб посторонними частицами. Модификации стандартного типа прибора, в результате которых крупные частицы исключаются из образца и проба пыли распределяется на более широкой площади, являются целесообразными во избежание ошибок, возникающих из-за перекрывания.

Новейшие исследования показали, что поправки на погрешности подсчета, возникающие вследствие перекрывания, могут быть вычислены и может быть определена предельная плотность частиц; таким образом, заметных ошибок из указанных источников не ожидается. Однако эти суждения требуют еще проверки на практике.

Возможно, что при использовании стандартных методов и отборе проб пыли, характеристика которой известна, указанные поправки при проведении обычного пылеопробования могут оказаться излишними.

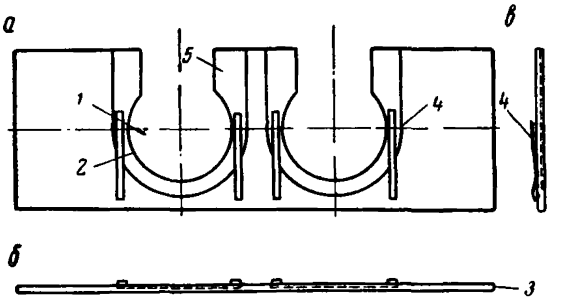


Рис. 129. Металлическая подставка-держатель для временной установки покровных стекол термопреципитатора:

а — вид сверху; *б* — вид сбоку; *в* — боковая проекция; *1* — отверстия диаметром 17 *мм*; *2* — кольцеобразные углубления глубиной 0,15 *мм*; *3* — держатель толщиной *1 мм*; *4* — стальные пружинные зажимы, калибр 36; *5* — толщина уменьшена до 0,15 *мм*

Подсчет собранных термопреципитатором частиц пыли включает в себя две главные операции: обработку и установку предметных стекол с пробами пыли и подсчет частиц. Весьма важно, чтобы эти операции проводились в соответственно оборудованной лаборатории, в атмосфере чистого, свободного от пыли воздуха. Должна быть также обеспечена чистота оборудования и окружающего помещения. Так же как и при использовании кониметра, если производится подсчет частиц с содержанием свободной двуокиси кремния, пробы предварительно должны прокаливаться и подвергаться очистке кислотой.

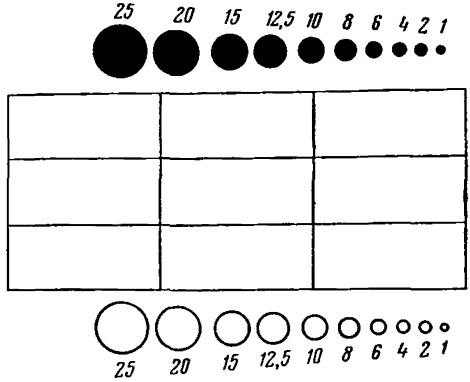


Рис. 130. Сетка нитей на окуляре для подсчета пылевых препаратов термопреципитатора

(На этом примере, данном приблизительно для 100-кратного увеличения, ширина небольших прямоугольников составляет от 0,0085 до 0,0087 *мм*; нанесенные цифры при делении на 5 дают приблизительные размеры соответствующих частиц в микронах. Применение такой сетки позволяет определять процентное содержание фракций разных размеров)

Если пробы пыли должны сохраняться продолжительное время в качестве зарегистрированных образцов, то это осуществляется обычным путем на предметных стеклах; если же после подсчета пробы больше не потребуются, то применяется временная оправа. Удобный способ ее устройства изображен на рис. 129.

Для подсчета требуется высококачественный сухой объектив с широкой апертурой. Существуют сетки нитей для окуляра; для облегчения определения гранулометрического состава они маркируются кружками различных диаметров, соответствующих при надлежащем увеличении размерам частиц в 0,5; 2,5 и 5 *мк* (рис. 130). Подсчет рекомендуется производить при высоком увеличении (1000-кратном), с применением масло-иммерсионного объектива. Технические приемы, рекомендуемые для работы с микроскопом такого типа, включены в приложение 4.

Весы Гаста

Поскольку весы Гаста для взвешивания пыли включают в себя чувствительные элементы измерительной техники, обращение и работа с ними требуют особого внимания. Перед началом замеров в держатель вводится полоска бумаги для самопишущих приборов, на которой автоматически регистрируются результаты измерений. Всасываемый объем воздуха можно регулировать на 1 и 5 *л*; при объеме в 1 *л* осаждение длится 54 *сек*, при 5 *л* — 270 *сек*. За осаждением следуют автоматическое взвешивание, очистка и возвращение органов управления в нулевое положение. Общее время измерений может составлять 24 *ч*. Во второй измерительной камере осаждение происходит беспрерывно на медленно разматывающейся пленке, которая затем может быть исследована под микроскопом.

Обработка частиц пыли

Пробы, отобранные в рудничной атмосфере на предметные стекла, как это имеет место при замерах с помощью кониметра или термопреципитатора, состоят из пыли, образовавшейся из горных пород и угля, а также из частиц органического происхождения. Многие компетентные учреждения считают, что последняя группа пыли, являющаяся типичной в нормальной загрязненной атмосфере в тех концентрациях, которые обычно встречаются, не представляет дополнительной опасности для здоровья, но поскольку эти частицы могут служить причиной неточных подсчетов, удаление их перед началом подсчетов считается вполне оправданным.

Этот же аргумент приводится в отношении так называемых «орошенных» частиц, встречающихся в шахтах, где при буровых работах и для пылеподавления используется вода, в большой степени насыщенная растворенными солями. Вследствие испарения воды эти соли осаждаются и остаются на предметных стеклах.

В шахтах, за исключением угольных, где обработка также может считаться обоснованной, рекомендуется прокаливание предметного стекла в муфеле или на листе нержавеющей стали в продолжение 20 *мин* при температуре около 550° С. Для удаления растворенных солей предметные стекла нужно погрузить в 50%-ный раствор соляной кислоты, нагреть его до кипения и затем промыть стекла в кипя-

щей дистиллированной воде. Соответствующая камера для этих операций изображена на рис. 131.

Подсчет пятен пыли до и после такой обработки позволит определить степень загрязнения.

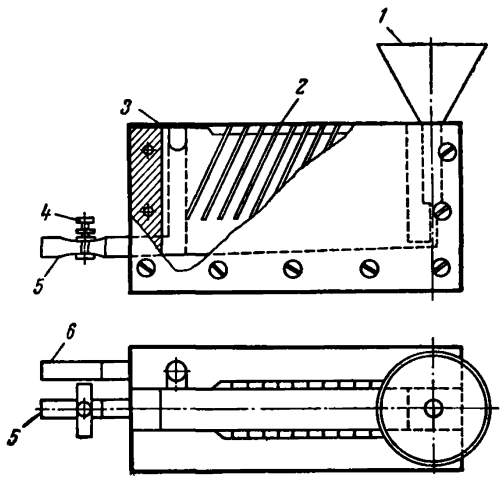


Рис. 131. Иммерсионная ячейка для исследования пылевых препаратов:

1 — воронка; *2* — пазы для предметных стекол; *3* — жолоб для переливающейся жидкости; *4* — винтовой зажим; *5* — спускная трубка; *6* — слив

Разделение частиц пыли по крупности

При подсчете частиц может возникнуть необходимость определения их гранулометрического состава. Их линейные измерения могут быть оценены или путем сравнения со шкалой в окуляре микроскопа, или путем проекции поля, или микрофотосъемки на экране. На рис. 128 и 130 изображены соответствующие сетки нитей окуляра для определения гранулометрического состава и прямого подсчета проб, отобранных кониметром.

Определение опасности пыли

Во многих странах установлены или приняты в качестве рекомендаций максимально допустимые нормы концентрации пыли с учетом характеристики облаков пыли, преимущественно встречающейся в горных разработках данного типа. Эти нормы должны учитывать минералогический состав встречающейся пыли и ее токсичность. В них указываются трудности определения степени риска или опасности, относящейся к данному виду пыли, и выяснения с достаточной

достоверностью природы облаков любого вида взвешенной пыли. Тем не менее в некоторых странах разработаны методы интерпретации результатов, учитывающие и эти факторы. Примером могут служить методы, применяемые во Франции и ФРГ.

Франция

Во Франции устанавливается цифровый индекс для каждого рабочего места при использовании прибора Ле Буше в выражении

$$I = 3{,}32 \lg Ct - k,$$

где C — среднее количество частиц на 1 $см^3$ воздуха;

t — относительный уровень свободной двуокиси кремния;

k — постоянная для того или другого из двух применяемых методов отбора проб; в настоящее время $k = 10{,}6$ для метода 1 и 8,9 для метода 2. Эти цифры могут быть несколько видоизменены при дальнейших сравнительных исследованиях.

В результате корреляционных данных за период времени, охватывающий несколько лет, и медицинских исследований, в соответствии с указанными выше показателями, отнесенными ко многим рабочим участкам различных типов, ныне считают, что условия на рабочих местах с показателем, равным или выше 6, могут быть улучшены и отбор проб здесь должен проводиться чаще, чем на участках с показателем 5, который считается удовлетворительным. При определении интервалов времени для отбора проб на участках с индексом между 5 и 6 следует исходить из существующих условий относительно противопылевых профилактических мероприятий и других факторов, влияющих на пылеобразование, и с учетом возможных улучшений, которые могут быть осуществлены.

Федеративная Республика Германии

Для определения степени опасности пыли в Федеративной Республике Германии применяется метод с использованием пылевого коэффициента; в несколько видоизмененной форме этот метод принят Объединением угольной промышленности для угольных шахт.

Данный метод оценки основан на определении количества мельчайших частиц пыли размером менее 5 *мк*, которые улавливаются тиндаллометром и измеряются в миллиграммах на 1 $м^3$, или при отборе проб кониметром, а иногда при комбинированном использовании предимпинжера и скруббера. Состав вдыхаемой фракции пыли в этих пробах в дальнейшем определяется минералогическим анализом. Для различных минералов содержание пыли выражается затем величиной «минерального фактора».

Ниже приводятся примеры этих факторов.

Кварц — 1,0.

Полевой шпат, слюда и силикаты:

0,7 для содержания кварца, превышающего 25%;
0,5 для содержания кварца в пределах от 6 до 25%;
0,3 для содержания кварца в пределах от 1 до 5%;
0,2 при отсутствии кварца.

Глинистые вещества — 0,2.

Карбонаты, сульфаты (за исключением их соединений с кальцием) и руды вообще — 1,0.

Окись железа, гидроокись железа и уголь — 0,01.

Известняк и гипс — 0.

Путем умножения процентного содержания отдельной составляющей в каждой пыли на соответствующий ей фактор получают значение минерального коэффициента данной составляющей. Полученные таким путем минеральные коэффициенты умножают на количество пыли, выраженное в миллиграммах на 1 $м^3$, и делят на 10, чтобы получить цифровой показатель степени опасности. Эти показатели классифицированы на четыре группы, имеющие следующие значения:

0,25	Безвредно
25—50	Вредно в незначительной степени
50—100	Вредность условий запыленности повышается по мере возрастания продолжительности действия; рекомендуются мероприятия по улучшению условий
Выше 100	Вредные условия запыленности; необходимы мероприятия по улучшению условий

Промышленный метод замеров пыли, применяемый в угольных шахтах ФРГ для определения ее концентрации, предусматривает использование тиндаллометра, а для определения соотношения уголь — порода — кониметр. Показания угловой шкалы

Таблица 3

Пылевая нагрузка		Технические мероприятия и оборудование для борьбы с пылью
степень	обозначение	
I	Легкая	
II	Умеренная (как нагрузка фона слишком высока)	Соответствуют назначению
III	Высокая	Улучшить и расширить
IV	Очень высокая	Улучшить и расширить; дополнительно проанализировать организацию предприятия

тиндаллометра отсчитываются по истечении 20 *сек* осаждения. Отношение частиц угля к частицам породы в пробах кониметра вычисляется только для частиц размерами от 5 до 1 *мк*. Из показаний тиндаллометра и процентного содержания породы с помощью табл. 3 может быть определена степень пылевой нагрузки.

Как правило, степень пылевой нагрузки определяется на каждом пункте замера из среднего количества от 10 до 30 измерений. Подсчет проб кониметра производится с помощью проекционного микроскопа при 360-кратном увеличении или фотографического счетного метода, при котором пятно пыли проектируется на техническую фотобумагу при 180-кратном увеличении и фотографируется. Полученный негатив сравнивается со стандартными фотографиями, которые предварительно служили предметом тщательного подсчета, и оценивается по ним.

АНАЛИЗЫ

Для оценки свойств пыли с точки зрения промышленной гигиены, наряду с определением количества частиц и гранулометрического состава пыли, необходимо знать ее минералогический состав. В этой связи в прошлом не было недостатка в попытках создания простых аналитических методов, в рамках которых выполнение работ могло бы быть поручено лицам, сравнительно мало знакомым с минералогией. Однако, поскольку большинство аналитических методов требует значительных затрат на аппаратуру, минералогические анализы целесообразно проводить в центральной лаборатории, где это практически возможно.

Получить образцы разрабатываемых горных пород и руд и подвергнуть их, за исключением свободной двуокиси кремния, анализу не составляет труда. Полученные результаты могут служить ценным пособием для определения содержания пыли в воздухе. Однако, как было установлено, состав взвешенной пыли с размерами частиц менее 5—10 *мк* иногда заметно отличается от состава горной породы, из которой образовалась пыль. Поэтому для анализов необходимо отбирать пробы взвешенной пыли, которую вдыхают рабочие в шахте и вблизи нее. Для анализов требуется значительно большее количество пыли — от 25 до 100 *мг*, чем собирается приборами, применяемыми в порядке обычного пробоотбора пыли для исследования под микроскопом.

Методы анализа пыли можно распределить по следующим группам:

химические: сюда входят различные методы определения содержания кварца, озоление и фосфорокислотные методы для определения количественного содержания угля в пыли;

микроскопические: в их числе метод цветной иммерсии в фазоконтрастном или затемненном поле находит довольно широкое применение;

рентгеновские методы: эти методы основаны на дифракции рентгеновских лучей в кристаллических телах;

метод дифференциального термического анализа: этот метод основан на разности температур, при которых в различных элементах, дающих начало образованию пыли, происходят определенные изменения.

Химические методы

Химические методы для определения содержания кварца или свободной двуокиси кремния подразделяются на две главные группы:

а) реагенты, которые растворяют силикаты и другие минеральные компоненты, но не растворяют кварца;

б) реагенты, которые разлагают силикаты и освобождают связанную двуокись кремния, как кремниевую кислоту или аморфную двуокись кремния, с последующей обработкой в щелочном растворе для растворения кремниевой кислоты.

Для получения удовлетворительных результатов силикаты должны быть растворены или разложены по возможности полностью, тогда как кварц должен раствориться в минимальной степени. Практически не было найдено реагента, который достаточно эффективно разлагал бы силикаты, не растворяя в той же степени кварца или свободной двуокиси кремния.

По группе «а» к использованию предлагались такие реагенты, как кремнефтористоводородная и борфтористоводородная кислоты. Реагент оставляют в контакте с пробой на протяжении 24—48 ч и затем фильтруют. Давая удовлетворительные результаты для проб крупных фракций, когда можно внести поправку в отношение небольшого количества растворенного кварца, этот метод неприменим к пробам мелкой пыли ввиду чрезмерного растворения кварца.

С наибольшим успехом применяются главным образом методы, указанные в группе «б», с использованием для разложения минералов плавленого пиросульфата калия. Были разработаны методы, позволяющие получать удовлетворительные результаты при анализе небольших количеств пыли. Исследования, проводившиеся для определения точности различных методов с целью установления содержания кварца или свободной двуокиси кремния, показали, что следует считаться с возможностью получения меняющихся результатов. Таким образом, результаты каждой оценки будут зависеть от принятого метода определения.

Определение угля

Для определения количественного содержания угля в пыли наиболее удобным является метод прокаливания. Температура прокаливания должна составлять от 450 до 600° С; предварительно проба должна быть нагрета в течение одного часа до 105° С в сушильной печи. Фарфоровые тигли, применяемые для прокаливания, должны охлаждаться в эксикаторе.

Простой аналитический метод для весового определения содержания карбоната и угля в таких пробах, какие отбираются с помощью

импинжера, предимпинжера или скруббера, заключается в засасывании пробы непосредственно в фарфоровый элемент. После высушивания при 105° С проба пыли взвешивается. Затем для растворения карбонатной части пыли через элемент пропускается разбавленная соляная кислота. После повторного высушивания при 105° С карбонатная часть может быть вычислена путем взвешивания. Затем прокаливается содержимое пыли в фарфоровом элементе; из разницы в весе до и после прокаливания может быть вычислено содержание угля.

Таким же образом можно производить анализ проб пыли, отобранных на тетрахлорнафталиновом фильтре, растворенном в бензине, или на мембранных фильтрах, растворенных в ацетоне.

Микроскопические методы

Микроскоп можно применять для распознавания кварца и других минералов различными способами, в том числе исследованиями в поляризованном свете, с применением показателя преломления и температуры плавления. Проводились опыты с петрографическим, обыкновенным и фазоконтрастным микроскопами. Ни один из них не дает удовлетворительных результатов в отношении частиц размером менее 2 *мк*. Поэтому они не всегда пригодны для анализа вдыхаемой пыли. Тем не менее методы цветной иммерсии дают хорошие результаты при определении кварца, слюды и каолина в угольной пыли с размерами частиц от 1 до 5 *мк*. Эти методы используют явления окрашивания, которые создают прозрачные материалы в фазоконтрастном или затемненном поле, если показатель преломления минерала меньше показателя окружающей среды, светорассеивающая способность которой должна быть по возможности максимально высокой. Эти методы пригодны для определения кварца, слюды и каолина, которые часто встречаются ассоциированными с углем.

Методы дифракции рентгеновских лучей

Для нужд горной промышленности счетчик Гейгера, или как его называют рентгеновский спектрометр, является, по-видимому, весьма подходящим для анализа взвешенных пылей, так как гранулометрический состав их лежит в диапазоне величин, для которых этот прибор дает оптимальные результаты.

Принцип работы прибора достаточно прост. Узкий пучок монохроматических рентгеновских лучей направляется на измельченный в порошок образец и тогда любой кристаллический материал в образце будет преломлять лучи таким образом, что максимальные величины пучка лучей будут возникать под различными углами. Интенсивность максимальных величин и углы, под которыми они образуются, зависят от кристаллической структуры вещества, и ни для каких двух веществ они не бывают идентичными. Интенсивность максимальных величин зависит также от количества исследуемого

вещества, присутствующего в пыли. Таким путем с уверенностью можно распознавать любое кристаллическое вещество и определять его процентное содержание.

В практической работе было выяснено, что иногда имеют место некоторые нарушения кристаллической структуры на поверхности частицы или вблизи нее, и возможно, что в очень малых частицах структура кристаллической решетки нарушается по направлению к центру. Эти явления могут привести к ошибкам, составляющим от 10 до 15% для размеров частиц от 1 до 20 *мк*, хотя эти ошибки могут быть снижены путем травления плавиковой кислотой или с помощью какой-либо обработки перед началом исследования.

Дифференциальный термический анализ

Дифференциальный термический метод с успехом применяется для анализа глин и может быть использован и для определения свободной двуокиси кремния в горных породах и пыли. Метод заключается в нагревании небольшого количества измельченного в порошок вещества приблизительно до 1000° С с регистрацией эндотермических и экзотермических эффектов на веществе. Температуры, при которых возникают тепловые эффекты, и интенсивность этих эффектов во многих минералах отличаются друг от друга, что и позволяет распознавать минералы и — при соответствующих условиях — определять их количественное содержание.

Различные кристаллические формы двуокиси кремния показывают характерные тепловые эффекты при данных температурах. Точка инверсии кварца заметна при 573° С; четкость максимальной тепловой величины, сопутствующей инверсии кварца от низкой до высокой температурной формы, и ее воспроизводимость обосновывают предложение использовать кварц в качестве калибратора аппаратуры для термического анализа. Поэтому данный метод представляет особый интерес при определении кварца.

Значительная чувствительность может быть достигнута модификацией аппаратуры и технических приемов. Однако для точного количественного определения необходимы дальнейшие исследования, так как было установлено, что на интенсивность характеристики термических реакций минерала могут влиять изменения в размерах частиц и совершенство их кристаллической решетки.

РЕГИСТРАЦИЯ

Пробы пыли отбираются, измеряются и подвергаются анализу для получения данных, имеющих практическое значение, в особенности в отношении предупреждения легочных заболеваний вследствие действия пыли. Поэтому важно, чтобы полученные данные соответствовали своему назначению и регистрировались в такой форме, которая обеспечивает наилучшее их использование. Такие данные могут, например, потребоваться для выяснения того, насколько

условия работы в забое соответствуют допустимым нормам, для представления о том, какие принимались меры и какие были достигнуты улучшения, или для выяснения соотношения между распространением пыли и частотой заболеваний.

В некоторых странах количество отдельных вопросов, включаемых в регистрируемые материалы в отношении отбора проб пыли, очень велико, и требуемые по ним данные регистрируются в стандартных формах. Во всех случаях регистрационная запись по каждой пробе включает в себя характеристику условий, в которых отбиралась проба, данные о концентрации пыли и применявшихся методах оценки.

Наряду с формами, применяемыми для регистрации ежедневного отбора проб, следует иметь своего рода регистр, отражающий изменения условий запыленности за продолжительный период времени, а если устанавливается взаимосвязь между этими условиями и изменениями в отношении заболеваемости, то потребуются сравнительные данные за очень долгие периоды времени. Некоторые формы предназначены для записей о повседневных обычных пробоотборах, другие носят характер месячных суммарных сводок для целей регистрации.

Важным моментом в практическом использовании отчетов о проведении обычных отборов проб является ознакомление с ними дирекции данного горного предприятия и руководящих работников шахты и их реакция на эти отчеты. Это ознакомление достигается лучше всего путем распространения отчетов в виде циркуляров, в которых должно быть оставлено свободное место для внесения руководящими работниками дополнительных замечаний, относящихся к делу, или указаний, касающихся существующих на рабочих местах условий, или мероприятий по улучшению, которые должны быть выполнены.

ГЛАВА XVII

ОБУЧЕНИЕ И ПОДГОТОВКА КАДРОВ

Популярный лозунг гласит, что безопасность зависит от трех «Е» (Engineering, Education and Enforcement) — от техники, обучения и мер принудительного порядка. Это можно применить и в отношении предупреждения пылеобразования и охраны здоровья при подземных разработках, проходка туннелей и на открытых горных работах. Установлено, что в этих отраслях промышленности, как и в других, в широком плане борьбы за безопасность и здоровые условия на производстве, успешное проведение профилактических мероприятий в значительной мере зависит от знаний, энтузиазма и дисциплины всего персонала — от управляющего до случайного рабочего. Было также установлено, что воспитание в людях этих качеств требует пристального к себе внимания; для достижения этой цели необходимы обучение, подготовка и пропаганда. Под обучением подразумевается инструктаж, полученный в горных учебных заведениях и других школах; подготовка понимается в широком смысле слова, как подготовка в промышленности, горных школах при предприятиях и в учебных забоях или на специальных курсах. Пропаганда охватывает множество способов информации и средств убеждения, в том числе фильмы, брошюры, журналы, плакаты, беседы, соревнование и присуждение премий.

Ответственность за внедрение и эффективность мероприятий по предупреждению пылеобразования и подавлению пыли лежит на управлении предприятием; существенным для достижения успеха является, однако, всемерное сотрудничество всех и каждого, включая любого руководящего работника и рабочего в шахте. Конечной целью является создание условий, при которых каждый работник не только осознал бы опасность, которая в числе других угрожает и ему, но и знал бы, какую роль предстоит ему играть в борьбе с этой опасностью и охотно исполнял бы ее в полную меру своих способностей.

Естественно, что характер подготовки в разных странах и в горных разработках различного типа будет меняться. Но в общем,

однако, она будет проходить в трех аспектах: во-первых, подготовка, необходимая для административно-управленческих кадров и высшего технического персонала, представленных обычно лицами, имеющими университетское образование или окончившими официально признанные горные учебные заведения; во-вторых, подготовка для прочего персонала, выполняющего функции надзора, и для руководящих работников, которые в своей массе проходили обучение непосредственно на производстве; наконец, подготовка и пропаганда, которые должны охватывать всех низко квалифицированных и прочих рабочих, занятых в шахтах и в смежных профессиях. Наряду с этим следует организовать подготовку достаточно квалифицированных специалистов для выполнения необходимых работ в порядке проведения кампаний по борьбе с пылью.

ПОДГОТОВКА РУКОВОДЯЩИХ РАБОТНИКОВ

Школы и институты, в сферу деятельности которых входит подготовка высших руководящих кадров, должны включать в учебный план разделы, относящиеся к мероприятиям по предотвращению пылеобразования и к вентиляции; как известно, ныне многие из них уже включили данные предметы в программу обучения. В некоторых случаях, однако, следует подумать о возможности широкого охвата этих вопросов в целях более подробного ознакомления с ними и придания им более важного значения. Для дальнейшей подготовки в некоторых странах организованы кратковременные курсы для высших руководящих кадров. В одной из стран были организованы пятидневные курсы, в программу которых входили лекции, демонстрации и посещения больницы, лаборатории и шахты.

Предметами слушания были:

пылевые заболевания в историческом плане и в медицинском аспекте;

организация и методы борьбы с пылью;

измерения пыли;

влияние пыли на здоровье;

пылевой режим в рудниках и шахтах.

Для прочих руководящих кадров, облеченных правами надзора, в число которых входят заведующие горными работами, начальники участков и другие лица на приблизительно равных должностях, а также начальники бригад на подготовительных работах, бригад на проходке шахтных стволов и на других работах, по характеру близких к указанным выше, требуется подготовка не на столь высоком уровне, но с более выраженным практическим уклоном. Должны проводиться беседы о природе пневмокониоза, опасности пыли вообще и источниках ее образования. Должен быть организован практический показ применяемых методов подавления пыли с тем, чтобы

все имеющиеся устройства стали доступными пониманию и применялись правильно. Часто приходится встречаться с фактами явно выраженного нежелания использовать то или иное устройство или выполнять соответствующие инструкции в случаях, когда отсутствие данного устройства или пренебрежение правилами инструкции не вызывает немедленного видимого вредного эффекта, в особенности тогда, когда может казаться, что эти правила мешают работе по добыче. Подготовка руководящих работников должна обеспечить не только их личную готовность проводить мероприятия, но и выработать в них способность убеждать других в необходимости точно выполнять данные мероприятия.

ПОДГОТОВКА РАБОЧИХ

В некоторых странах в широком масштабе разработаны организационные мероприятия для подготовки горнорабочих. К числу этих мероприятий можно отнести создание центральных учебных заведений для обучения и подготовки в каждом горнодобывающем районе, организацию школ при отдельных горных предприятиях, подготовку на учебных участках или в забоях и на кратковременных курсах для лиц различной квалификации. В учебные программы могут включаться инструкции по предотвращению пылеобразования и подавлению пыли. Однако часто эти школы или курсы доступны не для всех подземных рабочих, и в этих случаях работникам надзора приходится самим следить за тем, чтобы люди научились понимать опасность, которой они подвергаются, и ознакомились со способами уменьшения или устранения этой опасности.

Обучение рабочих должно проходить на основе точных данных о степени возможной опасности и способах сведения ее до минимума путем применения предупредительных (профилактических) мероприятий. Необходимо широко разъяснять сущность этих мероприятий, чтобы они были поняты и чтобы значение пылеулавливающих и других устройств было в должной мере оценено. Недостаточно просто заявить, что необходимо предпринять те или иные шаги, не поясняя надлежащим образом, почему это необходимо. Следует особо подчеркивать ответственность, которую несет каждый рабочий по отношению к другим, если это касается создания чрезмерной запыленности.

Принятый метод обучения должен учитывать специфические особенности каждой данной группы лиц, для которых он был разработан. Весьма полезным может быть распространение иллюстрированных брошюр и листков. Обычное содержание их включает в себя указания на опасность микроскопических частиц пыли, проникающих в легкие, опасность сухого бурения, правильное использование воды, элементарные сведения о проветривании и т. п.

Большое значение имеют также беседы и лекции, проводимые в порядке установившейся практики. Они проводятся на уровне, соответствующем запросам аудитории; предметами собеседований

служат те же вопросы, которые излагаются в брошюрах; по мере возможности их следует иллюстрировать с помощью диапозитивов или короткометражных технических фильмов. Беседы и лекции не должны быть слишком продолжительными; при этом следует предусматривать время для вопросов и обсуждения. Для создания личных контактов между всеми заинтересованными на лекциях и беседах желательно присутствие руководящих работников надзора, начальников участков и т. п.

В отношении временных или случайных рабочих низкой квалификации, занятых в шахтах или в еще большем количестве на проходке туннелей и открытых горных работах, вопрос подготовки осложняется ввиду непостоянства кадров, часто не подготовленных к удовлетворению специфических требований данного вида работ, иногда носящих сезонный характер, и состоящих зачастую из лиц различных национальностей и испытывающих затруднения в отношении знания языков. Листки и плакаты, составленные на разных языках, могут помочь в деле ознакомления рабочих с инструкциями по предотвращению пылеобразования. Беседы предпочтительнее проводить с небольшими группами, с привлечением руководящих работников, чтобы с учетом их личного подхода к делу возбудить и поддерживать интерес к обсуждаемым вопросам.

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ

В составе инженерно-технического персонала предприятий, ведущих подземные работы в крупных масштабах, необходимо предусмотреть штат специализированных работников по борьбе с пылью и вентиляции. Эта работа, для выполнения которой требуются лица с научной и инженерно-технической подготовкой, а также значительные кадры геолого-разведочных работников, является важной, существенной составной частью проводимых кампаний по борьбе с пылью. В задачи, подлежащие выполнению, входит следующее:

внедрение в шахте мероприятий по пылеподавлению и обучение рабочих основных профессий приемам использования разнообразных типов оборудования для борьбы с пылью, наблюдению за ним и поддержанию его в хорошем рабочем состоянии;

отбор проб пыли в данных окружающих условиях, имея в виду определение концентраций взвешенной пыли на всех рабочих участках, оценка проб в лаборатории и ведение журнальных записей о полученных результатах;

систематическое представление дирекции предприятия пояснительных записок относительно преобладающих условий запыленности и эффективности применяемых методов борьбы с пылью.

Рабочие, которые заняты на полевых (геологоразведочных) работах и которые в известной мере должны быть ознакомлены с условиями работы в подземных условиях, должны проходить подготовку непосредственно в шахте. Большей частью это осуществляется силами

находящегося там персонала, а повышение подготовки производится путем организации особых лекций или курсов обучения, создаваемых при промышленных базах или в содружестве со специальными техническими училищами и школами. В некоторых странах проводятся экзамены по данным предметам с выдачей свидетельств о приобретенных знаниях — на элементарном или повышенном уровне.

Следует разработать подробные учебные программы, охватывающие следующие предметы:

а) знакомство в общих чертах с заболеваниями пневмокониозом, включая исторический очерк, причины и диагностику;

б) источники пылеобразования, состав пыли, ее физические свойства и опасность, которую она представляет;

в) способы подавления пыли и связанные с этим отдельные характерные моменты, включая водоснабжение и использование воды;

г) проветривание и подавление пыли, с особым учетом работ в забоях, подготовительных выработках, местах погрузки и при откатке;

д) отбор проб пыли с подробной инструкцией относительно применяемых методов;

е) оценка пыли, включая подсчеты под микроскопом или другие применяемые методы; представление отчетов и регистрация результатов для хранения;

ж) различные способы проветривания горных выработок, методы измерений, пользование приборами и выполнение простых вычислений, имеющих отношение к данной работе;

з) конструирование и применение машин, в которых используется вода для улавливания пыли, таких, как бурильные и отбойные молотки с орошением, врубовые машины с промывкой, способы уплотнения при нагнетании воды в пласт.

Лица, которым поручается проведение операций, должны быть к этому подготовлены с учетом различных сторон предстоящей работы. В некоторых случаях, в частности в угольных шахтах, делается различие между руководящими работниками по борьбе с пылью и лицами, ответственными за отбор проб; в других случаях лабораторные исследования проводятся в централизованном порядке силами специально подготовленных кадров, тогда как на небольших предприятиях лица, отбирающие пробы, должны сами проводить лабораторные работы и давать оценку результатов; в газовых шахтах в круг обязанностей заведующих вентиляцией входит наблюдение за выделением метана и принятие мер предосторожности против связанной с ним опасности, причем в этом случае данная работа может быть отделена от мероприятий по борьбе с пылью. Местные условия явятся решающим фактором при определении структуры отдельных подразделений и доли участия каждого из них в общем деле.

В последнее время наблюдался заметный прогресс в области

применения техники в горном деле и при проходке туннелей, причем каждая стадия развития отличалась внедрением новых методов и заменой ручного труда машинами. Это привело к большей концентрации работ, более быстрому истощению запасов полезных ископаемых и более высоким скоростям проходки туннелей и горных выработок, создавая необходимость применения более эффективных методов пылеулавливания. Требуется еще более специализированная подготовка по всем отдельным видам рабочего комплекса. В этих условиях не должно встретиться затруднений для включения в подготовку специалистов по борьбе с пылью и пробуждению чувства ответственности среди всех, кому приходится сталкиваться с опасным действием пыли.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Метод глубокой ячейки для подсчета частиц в шахтных водах

Метод подсчета, описанный в настоящем приложении [1], требует применения глубокой ячейки, заполненной представительной долей пробы с добавлением кислоты, и последующего исследования под микроскопом в затемненном поле. Подсчет частиц в основной пробе производится затем с применением соответствующего коэффициента умножения.

Тип ячейки

Рекомендуемое увеличение должно быть порядка 150; хотя в подсчет войдут углерод и другие вещества, не содержащие свободной двуокиси кремния, не растворимые в кислоте, полученные результаты могут послужить практическим руководством для определения чистоты воды.

Несмотря на то, что рекомендуется глубокая ячейка типа Седчевик-Рафтер, могут применяться любые кислотостойкие счетные ячейки для исследований под микроскопом при условии, что известна глубина вмещаемой ими воды. Наиболее подходящими внутренними размерами ячейки будут: длина 50 *мм*, ширина 20 *мм* и глубина 1 *мм*.

Подготовка пробы для подсчета

К пробе нужно добавить 5%-ной соляной кислоты с тем, чтобы растворить некоторое количество вещества, не содержащего свободной двуокиси кремния, которое в противном случае может войти в результаты подсчета. В этой связи следует отметить, что некоторые шахтные воды содержат значительные количества железа и глинозема; при отстаивании они могут отложиться как гидроокиси, которые полностью не растворяются. Поэтому подсчеты в пробах из таких вод рекомендуется производить по возможности быстрее после их отбора.

Отобранные пробы могут содержать меняющееся количество частиц; те из них, которые представлены высокими концентрациями, должны быть в известной мере разбавлены перед началом подсчета.

а) *Пробы, не требующие разбавления*

Бутыль, содержащую пробу, энергично встряхивают и вливают 95 *см*^{3} шахтной воды в измерительный цилиндр емкостью 100 *см*^{3}; добавляют 5 *см*^{3} соляной кислоты и смешивают ее с водой путем взбалтывания жидкости в сосуде. Пробе

[1] Метод глубокой ячейки для подсчета частиц в шахтных водах, применяемый на рудниках Витватерсренда, описан в статье «Характеристика содержания пыли в рудничном воздухе и охлаждающая способность» (Иоганнесбург, Трансваальское горнорудное управление, 1947).

дают отстояться в течение 15 *мин*, после чего ее вновь взбалтывают и немедленно выливают в ячейку, пока жидкость не польется через край. Затем на верхнюю часть ячейки накладывают покровное стекло и осторожно надавливают, чтобы вытеснить излишнюю жидкость, которую затем нужно удалить с наружной части ячейки.

б) *Пробы, требующие разбавления*

Наилучшим разбавлением можно считать такое, в результате которого создается возможность подсчета около 10—12 частиц в каждой счетной секции.

Бутыль, содержащую пробу, энергично встряхивают и часть жидкости наливают в мензурку емкостью 100 *см*^{3} в соответствии со степенью требуемого разбавления, которая может выражаться значениями от 0 до 20 в зависимости от концентрации частиц в пробе. К ней добавляют 5 *см*^{3} соляной кислоты и содержимое разбавляют до 100 *см*^{3} путем наполнения сосуда чистой дистиллированной водой. Так, например, если будет показано разбавление 1 : 5, в сосуд наливают 20 *см*^{3} пробы, добавляют 5 *см*^{3} кислоты и доводят общий объем жидкости до 100 *см*^{3} добавлением дистиллированной воды. Таким образом, в конечном счете проба будет содержать 5% кислоты при разбавлении, равном 20 : 100, или 1 : 5.

Для разбавлений более, чем 1 : 5, применяются цилиндрические сосуды большей емкости, вмещающие 200 или 500 *см*^{3}.

После разбавления смесь в сосуде взбалтывают, и ей дают отстояться в течение 15 *мин*. После этого содержимое сосуда вновь взбалтывают, и ячейка наполняется, как указано в пункте «а».

Меры предосторожности перед подсчетом

Перед началом подсчета верхняя часть и дно ячейки нужно протереть куском льняной ткани для удаления мутной пленки, образовавшейся вследствие испарения излишней жидкости; в противном случае результаты подсчета в затемненном поле могут быть серьезно искажены.

Необходимо периодически контролировать содержание частиц в соляной кислоте и дистиллированной воде, чтобы избежать возможных погрешностей, связанных с этими источниками.

Характеристика микроскопа

Подсчет производится в затемненном поле; применяемые технические приемы микроскопического исследования в основном те же, что и при работе с кониметром:

окуляр компенсационный (х 15);

объектив — 16 *мм* анахроматический; числовая апертура не менее чем 0,25;

конденсор — числовая опертура Аббе 1,2;

диафрагма конденсора 9 *мм* или наиболее подходящая;

сетка нитей в окуляре, нанесенная квадратами;

стандартный механический предметный столик.

Может быть использована сетка нитей такая, какая применяется при работе с кониметром; квадраты, нанесенные на сетке, применяются при подсчетах в глубокой ячейке. Кажущийся размер квадратов на сетке должен быть измерен; для этого необходим окулярный микрометр. Сторона квадрата составляет обычно 40 *мк*.

Положение конденсора

Ячейка кладется на предметный столик, и микроскоп фокусируется на дно ячейки. Затем нужно отрегулировать конденсор так, чтобы частицы на дне ячейки выявлялись с максимальной степенью яркости.

Подсчет

Подсчет производится по пяти различным секциям ячейки. Обычно принимается, что одна счетная секция состоит из четырех смежных квадратов. На рис. 132 изображены положения счетных секций.

Сначала подсчитывают все частицы, видимые на дне ячейки в одной секции. Затем подсчитывают частицы, находящиеся во взвеси в той же секции, при медленном перемещении вращающейся гильзы до нижней части покровного стекла с соблюдением осторожности, чтобы не попали в подсчет дефекты на

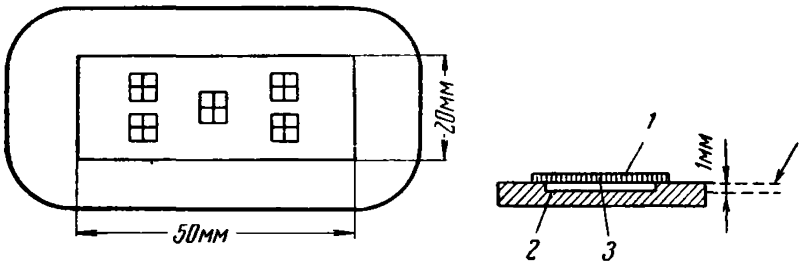


Рис. 132. Положение секций для подсчета в глубокой ячейке:

1 — верхняя часть покровного стекла; *2* — дно ячейки; *3* — нижняя часть покровного стекла

покровном стекле. Сумма подсчета на дне ячейки плюс количество частиц во взвеси дают общую сумму подсчета для одной секции. Остальные четыре секции подсчитываются таким же образом.

Вычисление результатов

а) Определение коэффициента умножения

Принимая одну секцию — на основании измерения микрометром — за квадрат с размерами сторон 80 *мк* и глубину ячейки равной 1 *мм* и 1 *мк* $= \frac{1}{1000}$ *мм*, находим, что объем пробы, подсчитанный в одной секции, составляет

$$\frac{80}{1000} \cdot \frac{80}{1000} \cdot 1 = \frac{6400}{1\,000\,000}\ мм^3$$

и в пяти секциях

$$\frac{6400}{1\,000\,000} \cdot 5 = \frac{4}{125}\ мм^3;$$

1 $см^3 = 1000\ мм^3$.

Поэтому коэффициент умножения будет

$$\frac{1000 \cdot 125}{4} = 31\,250.$$

Общий подсчет по всем пяти секциям ячейки, умноженный на 31 250, даст, таким образом, количество частиц на 1 $см^3$ пробы, находящейся в ячейке.

Однако, поскольку точность данного метода ограничена, подсчет обычно приводят к целому числу, в миллионах частиц на 1 $см^3$. Обычно эту цифру находят для разбавленной в ячейке пробы путем деления общего подсчета по пяти секциям

$$\frac{1\,000\,000}{31\,250} = 32.$$

Множитель 32, отражающий результат в миллионах частиц на 1 *см*³, может быть использован только при указанных выше размерах квадратов сетки и глубине ячейки. Множитель для каждого отдельного случая следует только вычислять после определения кажущегося размера квадратов сетки.

б) Учет разбавления

1. Разбавление кислотой. 5%-ное разбавление кислотой учитывается путем умножения вышеуказанного результата на 100/95; например, если подсчет по пяти секциям составляет 112, тогда

$$\frac{112}{32} \cdot \frac{100}{95} = 3\,700\,000 \text{ частиц на } 1 \text{ } см^3 \text{ исходной пробы.}$$

2. Разбавление водой и кислотой. Разбавление кислотой отдельно не учитывается, так как оно включается в разбавление водой. Отсюда результат, умноженный на величину разбавления, дает искомый результат для исходной пробы; например, если подсчет по пяти секциям дает 112, как выше, и если проба была разбавлена в десять раз, результат будет следующий:

$$\frac{112}{32} \cdot 10 = 35\,000\,000 \text{ частиц на } 1 \text{ } см^3 \text{ исходной пробы.}$$

Определение частиц по крупности

Гранулометрический анализ частиц в затемненном поле дает неудовлетворительные результаты и потому не рекомендуется.

Очистка ячеек

После подсчета ячейка должна быть промыта под водопроводом и насухо вытерта. Внутри ячейка должна быть тщательно протерта сухой тряпкой из льняной ткани высокого качества. Для удаления пушинок и т. п., особенно из углов, можно пользоваться щеткой из верблюжей шерсти; после очистки ячейку помещают в стеклянную чашку с крышкой и хранят до следующего употребления.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Испытания бурильных молотков

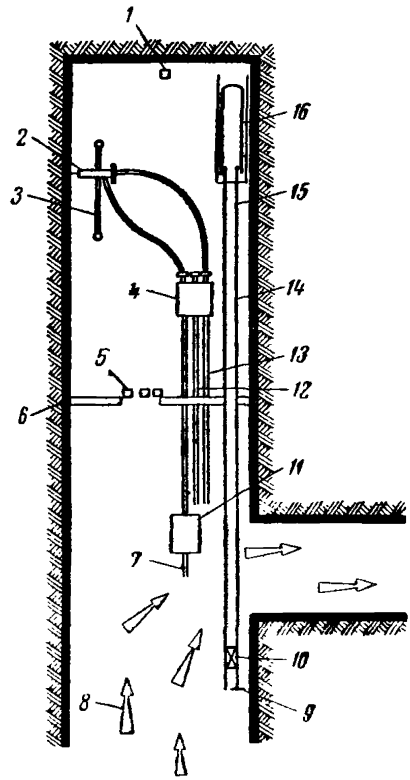
В 1955 г. на одном из заседаний Международного бюро труда экспертами было рекомендовано включение устройства для предупреждения пылеобразования или подавления пыли в конструкцию машин и оборудования, которые вызывают образование или рассеивание пыли во время их эксплуатации, и чтобы такие устройства проходили испытания в компетентных учреждениях с целью проверки их соответствия предъявляемым требованиям и их эффективности. Испытание пылеобразующего оборудования является первейшей необходимостью; в некоторых странах к эксплуатации допускается только оборудование, прошедшее испытание. В настоящем приложении описываются организация и проведение испытаний бурильных молотков и другого оборудования в Южно-Африканской Республике, Англии и Соединенных Штатах Америки.

Южно-Африканская Республика

Камера для испытаний[1] находится в забое старой подготовительной выработки размерами 3 × 3 *м*, пройденной во вмещающих породах однородного

[1] Д. Г. Бидл. «Исследования проблемы пыли в Научно-исследовательском центре по изучению пневмокониоза». Журнал общества рудничной вентиляции Южной Африки (Иоганнесбург), 1957, № 8, стр. 155—156.

состава (по длине камеры). Камера легко доступна со стороны находящегося поблизости шахтного ствола. Камера изображена схематично на рис. 133. В 18 *м* от забоя была сооружена деревянная воздухонепроницаемая перемычка поперек выработки; дверь в перемычке открывает доступ в испытательную камеру. Свежий входящий воздух подается от главной вентиляционной струи и нагнетается по ставу труб диаметром 56 *см* вентилятором с электроприводом; на выходе из вентиляционных труб воздух очищается, проходя через рукавный фильтр. Воздух из трубопровода выходит на расстоянии 1 *м* от забоя испытательной камеры, после проветривания которой он удаляется через окно размером около 0,4 $м^2$, устроенное в перемычке. Количество воздуха, поступающего для проветривания испытательной камеры, можно регулировать дроссельной заслонкой, помещенной на входе воздуха в трубопровод. Объем воздуха измеряется с помощью диафрагмы в воздухопроводе, поперек которой устанавливается парафиновый микроманометр, калиброванный для замера воздушного потока. Фактический объем воздуха, проходящего через камеру во время испытаний, получают путем сложения объема входящего воздуха и свободного объема сжатого воздуха, используемого при работе бурильного молотка.



Рисо. 133. Камера для бурения

1— термопреципитатор при впуске воздуха; *2* — бурильная машина; *3* — колонка; *4* — нагнетательные клапаны и манометры; *5* — три термопреципитатора; *6* — перемычка; *7* — подача сжатого воздуха; *8* — струя свежего воздуха; *9* — планка-отражатель; *10* — вентилятор с электроприводом; *11* — вспомогательный компрессор; *12* — подача «грязной» воды; *13* — подача «чистой» воды; *14* — диафрагма; *15* — вентиляционная труба; *16* — фланелевый рукавный фильтр

Подвергающийся испытанию бурильный молоток устанавливается на колонке; усилие подачи осуществляется пневматическим двигателем. Бурение шпуров производится в боковых стенках камеры.

В системе подачи к бурильной машине воздух и вода проходят через регулировочные клапаны контроля движения, которые обеспечивают поддержание устойчивого давления заданной величины в пределах 0,07 $кГ/см^2$; фактические величины давления считываются с манометром. Поступление воздуха к бурильному агрегату измеряется с помощью расходомера. В систему снабжения сжатым воздухом включается вспомогательный компрессор, который в случае надобности обеспечивает создание высоких давлений воздуха. Сжатый воздух, используемый для работы бурильного молотка, предварительно очищается в фильтрах; как показали испытания, величиной содержания в нем пыли можно пренебречь.

Для водоснабжения имеются два источника, используемых в соответствии с требованиями: «чистая вода», т. е. вода, не бывшая в употреблении, проходящая через распределительную сеть шахтного водоснабжения, и «грязная вода», т. е. вода, уже использованная в шахте, с последующей откачкой ее вновь на дневную поверхность. Содержание в этой воде твердых частиц во взвешенном состоянии и растворенных солей меняется, и во время каждого испытания непрерывно отбираются пробы применяемой воды путем капельной

подачи, включенной в систему водоснабжения. Твердые частицы в взвеси и растворе можно измерять различными способами.

Количество воды, распыляемое каждым бурильным молотком во время каждого испытания, определяется путем измерения абсолютной влажности воздуха, выходящего из испытательной камеры непосредственно перед началом бурения, и последующего измерения во время производства буровых работ. Повышение влажности (в гранах на кубический метр воздуха) преобразуется в фактическое испарение воды (в гранах в минуту) путем умножения на расход проходящего через камеру воздуха.

До измерения концентрации пыли в струе входящего воздуха в конце забоя камеры используют только один термопреципитатор; концентрация пыли здесь всегда незначительна, порядка 20 частиц на 1 *см*^{3}.

Три термопреципитатора устанавливаются на полке у окошка в перемычке, и через них проходит воздух, удаляемый из испытательной камеры. Обычно наблюдается хорошая сходимость трех получаемых результатов, среднее значение которых принимается за величину концентрации пыли в отработанном воздухе. Из этой величины (которая до обработки кислотой обычно составляет от 200 до 300 частиц на 1 *см*^{3}) вычитается концентрация пыли во входящем воздухе и в результат вносится поправка, учитывающая стандартную величину объема воздуха, проходящего через камеру, порядка около 0,5 *м*^{3}/*сек*. Фактическая величина расхода воздуха, которую считают практически наиболее подходящей, составляет около 1,5 *м*^{3}/*сек*. Специальные опыты показали, что результаты могут быть приведены к расходу 0,5 *м*^{3}/*сек* простым пропорциональным сокращением.

Проведение испытаний

При бурении существуют два главных источника пылеобразования: во-первых, пыль, образующаяся в результате разрушения горной породы под действием буровой коронки в забое шпура и за счет трения бура или забурника (ручного бура) о стенки шпура, и, во-вторых, пыль, образующаяся вследствие рассеивания и испарения применяемой воды в случаях, когда какая-то часть ее разбрызгивается при большой скорости через выхлопные отверстия бурильного молотка.

Эти два источника пылеобразования в дальнейшем именуются соответственно как «забурная пыль» и «машинная пыль». Когда они измеряются вместе, результаты отмечаются как «общая пыль», образующаяся при бурении.

Метод, принятый для разделения этих двух источников пылеобразования, заключается в применении вытяжного колпака вокруг забурника и над устьем шпура с отсасыванием образующейся пыли из шпура наружу с помощью эжектора без измерения ее концентрации. Затем производятся замеры пыли в обычном месте у заграждения, которые показывают образование машинной пыли.

После этого вытяжной колпак со шпура снимается, бурильная машина помещается за воздухонепроницаемую перемычку и пыль от машины удаляется за пределами шпура. Теперь замеры пыли у перемычки показывают пылеобразование от забурника. В обоих случаях концентрации пыли во входящем воздухе вычитаются из результатов замеров.

При испытаниях присутствуют два наблюдателя и четыре-пять помощников. Специальные опыты показали, что передвижения этих лиц при выполнении ими своих обязанностей вызывают образование очень незначительного количества пыли, порядка обычно менее 30 частиц на 1 *см*^{3}. По окончании всех приготовлений приступают к бурению предварительно забуренного шпура и включают термопреципитатор в струю входящего воздуха. Через 2 *мин* включают в работу термопреципитаторы в положении для отбора проб выходящего воздуха.

Один из наблюдателей следит за бурением, проверяет и отмечает давление воздуха и воды и замеряет время, потребное для погружения бура в горную породу на следующие 120 *см*, что требует от 5 до 15 *мин*. Для упрощения замеров на бур до начала испытания наносятся краской две линии на расстоянии 120 *см* одна от другой. Во избежание возможного влияния износа буровой

коронки на пылеобразование для бурения каждого шпура применяют новые буровые коронки, армированные пластинками из твердых сплавов.

Второй наблюдатель производит отборы проб, регистрирует температуру, из которой с помощью таблиц определяется абсолютная влажность, следит за отбором проб воды, измеряет расход воздуха через камеру и регистрирует другие сведения, относящиеся к данной операции.

Испытания производятся при бурении машиной только одного шпура. По окончании бурения шпура отбор проб пыли прекращается.

После окончания бурения каждого шпура через камеру пропускается свежий воздух в течение не менее 10 *мин*; как расчеты, так и фактически проводимые испытания показывают, что этого времени достаточно для удаления всей пыли, образовавшейся за время предыдущего испытания.

Если во время испытаний встретятся серьезные затруднения, например, если будут установлены нарушения нормального режима работы машины, данное испытание не учитывается и опыт повторяется снова. Обычно в течение одного рабочего дня производится около 12 испытаний, хотя возможно доведение числа их до 18.

Оценка результатов

Предметные стекла с пробами пыли доставляются на дневную поверхность, где после обработки частицы пыли подсчитываются в лаборатории по исследованию пыли. Подсчет частиц на предметных стеклах производится два раза: сначала после прокаливания при температуре около 550° С, в результате чего удаляются частицы углерода, масла и органические вещества, которые, в случае их присутствия в воздухе, осаждаются вместе с пылью, и второй раз после обработки в горячем 50%-ном растворе соляной кислоты для удаления растворенных неорганических солей, осевших в результате испарения воды, с последующим вторичным прокаливанием.

Оптический микроскоп, применяемый для подсчетов и обладающий 150-кратным увеличением, позволяет обнаруживать частицы с нижним пределом размера порядка 0,13 *мк* в диаметре. В подсчет включаются все частицы, видимые под микроскопом.

Пробы воды, взятые во время испытаний, также доставляются на дневную поверхность и подвергаются анализу.

Все полученные данные регистрируются в специальных отчетных ведомостях, причем все расчеты подвергаются проверке с помощью специального независимого счетчика. Затем все материалы передаются лицу, ведающему статистикой анализов.

Англия

Испытания проводятся[1] в контролируемых условиях в экспериментальных горных выработках Министерства топлива и энергетики на свинцовом руднике Гринсайд в Уэстморленде, где местные горные породы сложены твердыми полевошпатовыми порфирами очень однородной структуры. Для испытаний машин вращательного бурения используется горная выработка в более мягкой породе (например, в песчанике).

Выработка пройдена по коренной породе под прямыми углами к главной штольне рудника, приблизительно в одной миле по направлению к забою, шириной около 2 *м* и высотой 2 *м*^{3}. Приблизительно в 6 *м* по направлению назад от забоя устанавливается деревянная перемычка, укрепленная в кровле, стенках и подошве выработки таким образом, что создается испытательная камера объемом приблизительно 35 *м*^{3}. Предусматривается вспомогательное проветривание с помощью осевого вентилятора, подающего воздух от главной штольни в испытательную камеру через 30-*см* трубу и брезентовый шланг.

---

[1] Дж. Т. Бэдикин и Г. Брумхэд. «Испытания пневматических бурильных машин ударного бурения для определения пылеобразования». Отчет по научно-исследовательской работе № 25 (Шеффилд, Научно-исследовательский центр по технике безопасности в горной промышленности, 1951).

Количество подаваемого воздуха может меняться, но обычно его регулируют на 0,1 $м^3/сек$ на 1 $м^2$ площади поперечного сечения забоя. В деревянной перемычке имеется дверь, обычно закрытая, и предусмотрено окно площадью 30 $см^2$, через которое выходит воздух; отбор проб воздуха производится обычно у этого окна.

Выработка обеспечена проводкой для снабжения электроэнергией, очищенным сжатым воздухом и чистой водой. Трубопровод сжатого воздуха для бурильных машин снабжен фильтром для улавливания пыли и водоотделителями для удаления влаги. Нормальное давление составляет 6,7 *ат*, которое в бурильном молотке снижается приблизительно до 5,3 *ат*. Предварительно очищенная вода собирается в большой цистерне с поддержанием давления через отвод от магистрального трубопровода сжатого воздуха. Обычно давление воды регулируется приблизительно на 3,2 $кГ/см^2$, но его можно изменять, доводя приблизительно до 6,7 $кГ/см^2$.

Воздушный и водяной манометры, расходомеры, регулировочные краны и клапаны помещаются в небольшой камере, пройденной в горной породе на одной стороне стенки выработки за пределами испытательной камеры.

Организация подготовки к испытаниям

Частицы пыли в сжатом воздухе, поступающем в камеру, определяются путем анализов проб, отобранных с помощью термопреципитатора или коникметра, а частицы в подаваемой воде — путем микроскопического исследования проб этой воды; эти меры проводятся для получения данных, подтверждающих удовлетворительную работу установок по обеспыливанию воздуха.

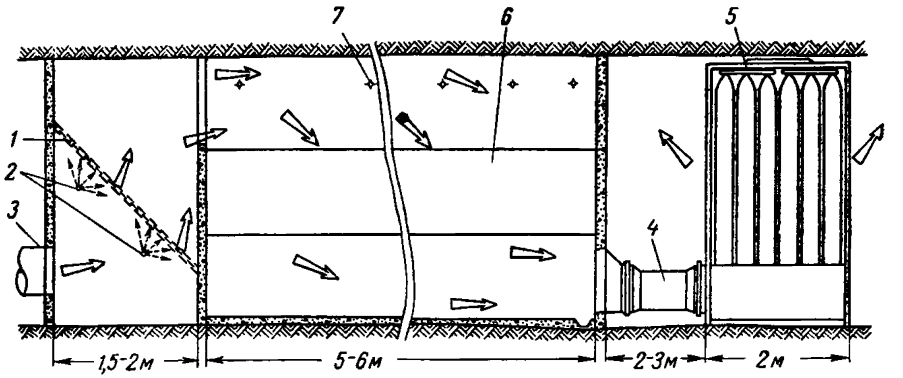


Рис. 134. Схема устройства комбинированной установки для улавливания газов и пыли после взрывных работ:

1 — предфильтр (циновка из кокосовых волокон на сите с отверстиями 1 *дюйм*); *2* — оросители; *3* — впуск в установку; *4* — вентилятор для проветривания; *5* — вертикальный многорукавный пылевой фильтр; *6* — впитывающий слой вермикулита, поддерживаемый на ситах; *7* — оросители

Подлежащий испытанию бурильный молоток устанавливается на салазках с ручным винтом, прикрепленных к горизонтальной колонке и соединенных с подачей воды и воздуха. После включения подачи воды в породном забое в местах, указанных ответственным за испытания лицом, пробуривается несколько шпуров глубиной около 10 *см*.

При забуривании, т. е. в начале бурения шпуров, пыли образуется больше, чем при равном объеме последующих буровых работ; при этом пыль, образующаяся при забуривании, подвержена влиянию элементов случайности, таких, например, как напластование горной породы, опыт бурильщика в работе в ее начальной стадии и время, которое истекает до момента, пока шпур будет

достаточно глубоким для удержания воды и создания тесного контакта между водой и образующейся пылью. Поэтому забуривание производится перед началом основного испытания как такового с целью уменьшения влияния указанных переменных факторов. В обычной практике буровых работ в процессе забуривания для орошения забоя следует применять воду свыше обычной нормы.

Для очистки атмосферы и увлажнения всей пыли, образовавшейся при забуривании, кровлю, подошву и стенки выработки вблизи забоя нужно тщательно промывать водой и включать вентилятор, пока воздух в камере не станет чистым.

Дверь в деревянной перемычке закрывается, места утечки на кромках досок наглухо заделываются и скорость подачи воздуха вспомогательного проветривания регулируется в соответствии с заданным количеством (0,1 *м³/сек* на 1 *м²* площади забоя).

Термопреципитатор для отбора проб пыли, образующейся при работе бурильного молотка, устанавливается вблизи окна в перемычке (рис. 134).

Проведение испытаний

После установки бурильного молотка в одном из предварительно забуренных шпуров производится регулировка подачи сжатого воздуха и воды к молотку так, чтобы давление воздуха составляло 5,25 + 0,35 *ат* и давление воды 3,15 + 0,35 *кГ/см²*. Как только вода свободно потечет из устья шпура, квалифицированный бурильщик, часто представитель завода-изготовителя, начинает бурение и продолжает его до тех пор, пока с помощью термопреципитатора не будет отобрана проба достаточной плотности. При официальных испытаниях должны буриться 8 шпуров, каждый глубиной 1,2 *м*, с непрерывным отбором проб в течение всего этого периода.

Оценка результатов

По окончании испытаний покровные стекла термопреципитатора посылают для оценки в лабораторию по борьбе с пылью Министерства энергетики в г. Шеффилде, где их сначала прокаливают в течение 15 *мин* при температуре 500° С для удаления всех загрязнений, таких, как масло, вода и органические вещества, а после охлаждения помещают на предметное стекло микроскопа, размером 76 × 25 *мм*. Затем подсчитывают под микроскопом в освещенном поле частицы пыли размерами 0,5—5 *мк* соответствующего диаметра, с использованием 2-*мм* маслоиммерсионного объектива, окуляра с 10-кратным увеличением и конденсора с числовой апертурой 1,0.

Требуемые нормы

Бурильный молоток считается выдержавшим испытание, если количество частиц пыли при подсчете составляет менее 450 на 1 *см³* опробованного воздуха.

Как и в других нормах, относящихся к концентрациям пыли, указанная цифра может считаться произвольной, поскольку совершенно точное определение предела безопасности в медицинском аспекте отсутствует. Указанная норма установлена на основании опыта и практики прошлого, в том числе и опыта Южной Африки, исходя из которых можно достичь хороших результатов в практике горных разработок.

Соединенные Штаты Америки

Обширная программа испытаний была составлена Горнорудным управлением США с подробной разработкой правил в отношении приемочных испытаний механических буровых устройств и вспомогательного оборудования, с осо-

ым учетом приспособлений для улавливания буровой пыли [1]. Приведенные ниже данные охватывают стандартные приемы общепринятого порядка проведения испытаний указанного оборудования.

Испытания бурильных машин ударного типа проводились с телескопным перфоратором диаметром поршня 73 *мм* для бурения восходящих шпуров, с бурильным молотком углубочного типа с механической поддержкой для бурения горизонтальных шпуров. Применялись крестовые буровые коронки, армированные пластинками из твердых сплавов, диаметром 32 *мм* для бурения восходящих шпуров и 45 *мм* для бурения горизонтальных и нисходящих шпуров. Буры изготовлены из шестигранной пустотелой стали диаметром 22 *мм*. Бурильные молотки приводились в действие сжатым воздухом при давлении от 6 до 6,7 *ат*; при чистке шпуров через бур, изготовленный из пустотелой стали, может быть пропущен сжатый воздух.

При испытаниях оборудования для вращательного бурения применяются гидравлические бурильные машины вращательного действия на тележках для бурения восходящих шпуров и колонковые электросверла вращательного действия для бурения горизонтальных шпуров. Первые из них имеют максимальную подачу бурильного молотка порядка 5 *м/мин*, крутящий момент, равный 14 *кГм* при 900 *об/мин*. и усилие подачи 3200 *кГ*, приводом служит электродвигатель мощностью 10 *л. с.* Вторые имеют расчетную скорость бурения 0,75 *м/мин* с приводом от электродвигателя мощностью 2,25 *л. с.* Для бурения восходяших шпуров применяются буровые коронки для твердой породы, армированные пластинками из твердых сплавов с наружным диаметром 35 *мм*, и буровая сталь спирального типа диаметром 32 *мм*. Для бурения горизонтальных шпуров применяются буровые коронки для твердых пород вилкообразного типа, армированные пластиками из твердых сплавов внешним размером 50 *мм*, и буровая сталь спирального типа диаметром 44 *мм*.

Проведение испытаний

Испытания проводятся в экспериментальной угольной шахте Горного бюро в Брусетоне, штат Пенсильвания, или в других местах, по указанию Горного бюро. Перед началом испытаний фильтры и пылеприемники очищаются и приводятся в должное рабочее состояние. Камера для испытаний отгораживается перемычками от других выработок в шахте; поверхности камеры увлажняются до начала рабочих операций; в камере отсутствует проветривание, за исключением перемещения воздуха, вызываемого передвижением рабочих и оборудования, подлежащего испытанию. Для каждого положения и каждого типа бурильных молотков, подвергающихся испытанию, бурятся 10 шпуров, кроме тех случаев, когда бурение должно производиться между элементами металлических конструкций и вертикально; тогда 5 шпуров бурятся вертикально — по нисходящей или восходящей и 5 под углом. Металлические элементы — это 10-*см* швеллеры — поперек угольного забоя, секции рельсового пути со шпалами или другие элементы, выбираемые с учетом соответствия создаваемых условий испытаний фактически существующим условиям в практике угледобывающей промышленности. Все шпуры бурятся на глубину 1,2 *м* ± 8 *см*, располагаются через определенные интервалы во избежание перекрытия и, как общее правило, закупориваются, чтобы избежать загрязнений воздуха при последующих испытаниях. Когда бурение производится в сланцевой ложной кровле, приблизительно в 1,8 *м* от подошвы выработки, отклонение «вертикальных» шпуров от вертикали должно быть в пределах 10°, «угловых» — в пределах 30—45° и «горизонтальных» от горизонтали — в пределах 15°.

---

[1] К. В. Оуингс, Ф. Г. Андерсон, Дж. П. Гармон, Л. Джонсон и Л. Б. Бергер. «Устройства для улавливания буровой пыли, допущенные к эксплуатации Горным бюро от 31 января 1956 г.». Информационный циркуляр № 7741 (Вашингтон, Министерство недр США, март, 1956).

Оценка результатов

Определение концентраций осуществляется путем собирания проб взвешенной пыли с помощью портативного импинжера в зоне дыхания бурильщика при бурении каждого шпура. Отбор проб продолжается с момента начала и до окончания бурения шпура, за исключением периодов, когда происходит замена буров. Подсчет пылевых препаратов производится согласно стандартным техническим приемам Горного бюро для исследований под микроскопом в освещенном поле. Перед началом бурения отбирается контрольная проба, подсчитанное содержание которой вычитается из подсчета каждой отдельной пробы. При вычислении средней величины общей концентрации пыли, определенной на основании проб, полученных при испытании, исходят из результатов подсчета по меньшей мере 80% проб, отобранных во время бурения 10 шпуров в данных условиях, в течение каждого периода испытания.

Подвергающееся испытанию пылеулавливающее устройство может быть допущено к применению только в том случае, если общая концентрация взвешенной пыли, создающаяся при выпуске пыли из пылеулавливающей установки, не превышает 10 млн. частиц размером 10 *мк* и менее на кубический фут воздуха (350 частиц на 1 $см^3$).

Разрешение на допуск к эксплуатации

Результаты испытаний подвергаются тщательному анализу, а точность чертежей и технические характеристики проверяются путем сравнения их с оборудованием в натуре. Если пылеуловитель не отвечает каким-либо требованиям для допуска его в эксплуатацию, то лицу, подавшему заявление, посылается извещение о непригодности, в сопровождении детального поименования дефектов с целью их устранения. Если пылеуловитель проходит испытание успешно и отвечает всем требованиям, заинтересованное лицо уведомляется об этом письменно, с приложением фотографии свидетельства о разрешении на допуск к эксплуатации. В свидетельстве указываются тип бурильного молотка, с которым может применяться данный пылеуловитель, направление бурения шпуров. Лица, применяющие разрешенное к эксплуатации оборудование, должны внимательно прочесть содержание свидетельства и ознакомиться с условиями, для которых оно выдано.

Технический уход за пылеуловителями

В свидетельстве о разрешении указывается, что пылеуловитель может способствовать поддержанию воздуха в чистом состоянии, без опасных концентраций пыли, если он правильно эксплуатируется и поддерживается в том же состоянии, в котором находился во время испытаний. Горное бюро проявляет исключительную тщательность при определении пылеулавливающей способности каждого прошедшего испытание устройства; но если оборудование подверглось каким-либо изменениям, использовалось недозволенным образом в условиях, не оговоренных в свидетельстве, или если технической уход за ним не соответствовал инструкции, составленной заводом-изготовителем для пылеуловителя, то работа может оказаться неэффективной и рабочие могут подвергнуться действию опасных концентраций пыли.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Фильтрационная установка для очистки воздуха от газов и пыли после взрывных работ

Детали конструктивного выполнения и общая схема фильтрующей установки для очистки воздуха от пыли и продуктов взрыва зависят от эксплуатационных требований и характеристики места, где эта установка монтируется. Вместе с тем, хотя способы эксплуатации применяемых конструкций и подвер-

жены изменениям, диаграмма на рис. 135 может все же рассматриваться в качестве типичной схемы[1].

Некоторое количество установок, выполненных по этой схеме, находится в эксплуатации в различных шахтах, и результаты свидетельствуют об их успешном применении.

Четыре главные детали, являющиеся характерными для установки, отражены на указанной диаграмме, а именно:

предфильтр для удаления крупных фракций пыли;
фильтрующий слой из вермикулита;
вспомогательный вентилятор;
фланелевый мешочный фильтр.

Существенно важными моментами в конструктивном выполнении и эксплуатации установки являются следующие:



Рис. 135. Устройство для испытания бурильных молотков

1. Количество воздуха, проходящего через установку, должно быть достаточным, чтобы увлечь все газообразные продукты, образовавшиеся во время взрывных работ.

2. Размер слоя вермикулита следует определять, исходя из расчета 1 $м^2$ поверхности на каждые 16 $м^3/мин$ воздуха.

3. Толщина слоя должна составлять 75—100 *см*.

4. Вермикулит должен быть подобран по гранулометрическому составу в пределах от 3 до 13 *мм*.

5. Вес фильтрующего слоя можно принять, исходя из расчета 120 *кг* на каждые 120 $м^3$ вермикулита.

6. Сопротивление фильтрующего слоя можно принять в пределах от 75 до 100 *мм вод. ст.* при скорости движения воздуха 25 *см/сек*.

7. Воздух через фильтрующий слой должен проходить сверху вниз. В этом случае ухудшение качества химикалий происходит, начиная с верхней части по направлению вниз, и реагент может быть возобновлен простым разбрызгиванием раствора по поверхности. При нисходящем протекании раствора возможность образования в фильтрующем слое каналов менее вероятна, чем при восходящем потоке.

8. Необходимо предусмотреть воздухонепроницаемые двери для осмотра вермикулита и разбрызгивания раствора. Для разбрызгивания следует применять шланг и насос; использование стационарных разбрызгивателей не дает удовлетворительных результатов.

9. Разбрызгивание раствора допускается в количестве приблизительно 20 $л/м^2$ фильтрующего слоя. Первоначальное пропитывание требует трех последовательных разбрызгиваний в течение трех дней подряд.

10. Раствор должен содержать 5% кальцинированной соды (Na_2CO_3) и 5% марганцевокислого калия ($KMnO_4$). Для получения удовлетворительного растворения химикалии должны добавляться точно определенным количеством воды по меньшей мере за 24 *ч* до начала разбрызгивания и в течение этого периода времени тщательно перемешиваться струей сжатого воздуха.

11. Повторное разбрызгивание в обычных условиях нужно производить приблизительно один раз в неделю.

---

[1] С. Р. Рэбсон. «Исследования по вопросу удаления нитрозных продуктов сгорания». Ежемесячный бюллетень «Общество рудничной вентиляции Южной Африки» (Иоганнесбург), август, 1955, стр. 155—161.

12. Следует предусмотреть устройство, позволяющее воздуху обтекать установку в период, когда взрывные работы не производятся.

13. В целях безопасности фильтрующий слой должен находиться под всасыванием с тем, чтобы не было никаких утечек в установку. Однако может оказаться удобным и поддержание повышенного давления на стороне очистки воздуха от пыли, т. е. с помощью вентилятора между слоем вермикулита и фланелевыми мешочками.

14. Удовлетворительно работающий предфильтр может быть изготовлен из кокосовых матов с разбрызгивателями. Этим способом предотвращается ненужное забивание фильтрующего слоя крупными фракциями пыли.

15. Все органы управления должны быть доступными и находиться в атмосфере свежего воздуха.

16. Отработанный воздух должен быть разжижен по меньшей мере в пять раз большим количеством свежего воздуха.

Примечание. Дерево не должно использоваться при сооружении установки, в которой оно может войти в соприкосновение с растворами солей марганцевой кислоты, так как при этом может выделяться окись углерода.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Предлагаемые технические приемы микроскопических исследований проб пыли, отобранных термопреципитатором

Микроскоп с перечисленным ниже оборудованием был признан вполне подходящим для подсчета тонкодисперсных частиц при сильном увеличении в освещенном поле:

тройная револьверная обойма для смены объективов;

механический предметный столик без мертвого хода;

нижняя часть с реечной передачей с центрирующим ахроматическим конденсором с числовой апертурой 1,0;

ирисовая диафрагма;

лампа в нижней части столика 6 *в*, 6—8 *вт*, с прямой нитью и регулирующим реостатом;

светофильтры из матового и зеленого стекла;

ахроматический объектив 16 *мм*, с числовой апертурой 0,30;

маслоиммерсионный анахроматический объектив 2 *мм*, с числовой апертурой 1,30;

компенсирующий окуляр с 10-кратным увеличением и специальными визирными нитями;

окуляр с малым (булавочным) отверстием.

Микроскоп используется с трубой стандартной длины в 160 *мм*. Увеличение с применением окуляра с собственным увеличением 11 и объектива 2 *мм* составляет около 1000 диаметров; с объективом 16 *мм* оно равняется приблизительно 120 диаметрам.

При подсчете пылевых препаратов необходимо пользоваться механическим предметным столиком, на котором пробы исследуются в постоянных или временных держателях. От лица, производящего подсчеты, требуются умение и способность оценивать результаты подсчетов и предполагается, что данный работник уже имеет некоторую предварительную общую подготовку в области микроскопических исследований, прежде чем приступить к изучению изложенных ниже технических приемов.

Проведение исследований

1. Чисто протереть все оптические детали микроскопа, уделяя особое внимание верхней поверхности конденсора.

2. Отрегулировать микроскоп и лампу на максимальное освещение.

3. Поместить предметное стекло на столик микроскопа и расположить в нужном направлении пылевую дорожку при объективе с малым увеличением.

4. Резко сфокусировать частицы путем точной регулировки и установить конденсор так, чтобы частицы выделялись с максимальной яркостью.

5. Отрегулировать положение предметного стекла на столике таким образом, чтобы дорожка пыли находилась в одной линии с вертикальным перемещением столика, и повернуть окуляр так, чтобы горизонтальные линии на сетке совпали с горизонтальным перемещением столика.

6. Выбрать подходящий участок поперек дорожки и продвинуть его в центр поля.

7. Сфокусировать дорожку пыли при объективе с большим увеличением, применяя масляную иммерсию, матовое стекло и зеленый фильтр.

8. Установить на центр и сфокусировать конденсор.

9. Отрегулировать реостат на получение равномерного ясного света.

10. С помощью механического столика ввести в поле зрения частицы на одном крае пылевой дорожки и передвигать их медленно через поле, держа в то же время в фокусе. Подсчитывать частицы при их прохождении через одну треть сетки и определять их размеры путем сравнения с пронумерованными дисками или кружками на сетке.

11. После подсчета пылевых препаратов предметные стекла должны быть прочищены и помещены в чашку Петри или эксикатор.

12. В конце рабочего дня объектив должен быть вычищен с помощью ксилола или другого подходящего растворителя для удаления масла.

Работник, ведущий подсчет под микроскопом, называет размер каждой частицы, который его помощник регистрирует с помощью комплекта счетных аппаратов. Можно обойтись и без помощника, обслуживая счетчики левой рукой. В этих случаях необходимо или предусмотреть автоматическое устройство для перемещения предметного столика, или производить наводку на пылевую дорожку с остановками, по частям (пересечениям), регистрируя частицы, появляющиеся в пределах сетки в то время, когда поле остается неподвижным, в течение каждой остановки.

Теоретически чем больше будет подсчитано частиц, тем более точным будет результат подсчета. Однако практически количество частиц, которое может быть подсчитано на каждой пылевой дорожке, ограничено. При чрезмерной толщине пылевого препарата переполнение его частицами служит причиной неточностей и подсчет становится трудным и утомительным. Если же пылевой препарат слишком тонок, то случайные изменения или загрязнения могут серьезно повлиять на результат подсчета. Практически наиболее удовлетворительной считается плотность порядка около 100 частиц на каждую пылевую дорожку, с верхним пределом до 300. При организации отбора проб это обстоятельство в возможно большей мере должно быть учтено. При оптимальной плотности порядка 100 частиц каждый пылевой препарат должен быть подсчитан дважды, с общим количеством зарегистрированных частиц порядка 400. Если плотность намного меньше оптимальной, количество подсчетов должно быть увеличено.

Вычисление результатов

1. Размер сетки нитей определяется с помощью микрометра микроскопа; обычно он составляет величину порядка от 0,0085 до 0,0087 *мм* для ширины одной трети секции.

2. Длина пылевой дорожки, образуемой одним термопреципитатором, является постоянной и может быть измерена с помощью верньера на столике микроскопа. Обычно она составляет около 9,5 *мм*.

3. Количество частиц в 1 $см^3$ вычисляется следующим образом: если

N — количество частиц в 1 $см^3$;

C — общее количество частиц, подсчитанное на обоих покровных стеклах;

n — количество пересечений ($^1/_3$) на каждом покровном стекле;

V — объем опробованного воздуха, $см^3$;

0,0085 — ширина $^1/_3$ секции (одно пересечение), *мм*;

9,5 — длина пылевой дорожки, *мм*;
тогда

$$N = \frac{C \cdot 9{,}5}{Vn \cdot 0{,}0085} = 1120 \frac{C}{Vn}.$$

Пример. Объем воздуха, взятый для опробования, $V = 200$ *см*^{3}; частицы, подсчитанные на покровном стекле А : 105; 95; 100; частицы, подсчитанные на покровном стекле В : 110; 120; 115.

Таким образом, $C = 645$; $n = 3$; $V = 200$.

Отсюда

$$N = 1120 \text{ частиц} \frac{645}{3 \cdot 200} = 1200 \text{ частиц в } 1 \text{ } см^3.$$

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Предисловие к русскому изданию 5

Введение 7

Глава I. **Пыль и профессиональные пылевые заболевания** 10

Взвешенная пыль 11
Частота заболеваний пневмокониозом 15
Установление опасности пыли 16
Допустимые нормы запыленности 17
Предотвращение образования опасных концентраций пыли . . . 19

Глава II. **Водоснабжение** 22

Источники водоснабжения 22
Качество воды 23
Очистка шахтной воды 23
Количество воды 25
Давление воды 26
Трубопроводы 27
Вспомогательные насосы 27
Передвижные цистерны 28
Смачивающие реагенты (добавки) 29

Глава III. **Применение воды для предупреждения возникновения и подавления пыли** 31

Оросители 32
Качество воды 34
Ручное управление оросительными установками 35
Автоматическое управление оросительными установками 35
Использование пара для подавления пыли 37
Использование естественной конденсации воды для подавления пыли 37

Глава IV. **Проветривание** 39

Главное проветривание 39
Обособленное проветривание 45

Стр.
Проветривание подготовительных работ 48
Проветривание очистных работ 54
Проветривание при проходке шахтных стволов 59
Надзор 61
Планы и регистрация 61

Глава V. Отсос запыленного воздуха и очистка его в фильтрах в подземных условиях 62
Источники пылеобразования 63
Системы отсоса 63
Пылеулавливающие фильтры 66
Механические пылеуловители 66
Тканевые фильтры 67
Фильтры из опилок 74
Электростатические пылеуловители 74
Испытание фильтров 77
Обслуживание пылеулавливающих установок 78

Глава VI. Управление кровлей и поддержание выработок 80
Борьба с пылью при закладке выработанного пространства 80
Обрушение 91
Подземное дробление породы 94
Штанговое крепление кровли 94
Подрывка вмещающих пород 94

Глава VII. Бурение 96
Ударное бурение с промывкой 98
Вращательное бурение 105
Сухое бурение 106
Надзор и технический уход за бурильными машинами 110
Испытания бурильных молотков 112

Глава VIII. Взрывные работы 113
Общие меры предосторожности 113
Взрывные работы по породе 114
Взрывные работы в угольных шахтах 116

Глава IX. Выемка угля 126
Общие положения 126
Управление кровлей и ее поддержание 128
Пневматические отбойные молотки 128
Врубовые машины 131
Выемочные и погрузочные машины с механическим приводом . . . 136
Нагнетание воды в пласт 141
Заменители взрывных работ 148

Глава X. Транспорт полезных ископаемых и пород 154
Ручная погрузка 155
Механические средства погрузки в забое 156

Стр.

Механические погрузчики при проходке штреков, туннелей и шахтных стволов 157
Скаты и небольшие рудоспуски 158
Ленточные конвейеры 159
Шахтные вагонетки 167
Опрокидыватели у шахтного ствола 169
Главные рудоперепускные системы 170
Скиповой подъем 170
Подземный транспорт материалов и оборудования 172

Глава XI. **Передвижение в подземных откаточных выработках** . . 173

Перевозка людей 174
Специальные выработки для передвижения людей 174
Удаление осажденной пыли 175
Связывание пыли в подземных выработках 175

Глава XII. **Обогатительные фабрики, мастерские и другие сооружения на поверхности** 181

Общие положения 181
Углеобогатительные фабрики 192
Рудообогатительные фабрики 196
Пробирные лаборатории 200
Рудничные мастерские 201
Помещения для раздевания и ламповые 206
Открытые горные работы (карьеры) 206
Контроль 209

Глава XIII. **Проходка туннелей** 210

Бурение 211
Взрывные работы 212
Вентиляция 213
Погрузка, транспортировка и разгрузка 215
Временная крепь 216
Торкретирование 217
Чистота на рабочих местах 217
Надзор 217

Глава XIV. **Некоторые специальные проблемы борьбы с пылью** . . 218

Осланцевание в угольных шахтах 218
Абсолютная высота местности 219
Температура и влажность 220
Удаление пыли и газов после взрывов 221
Подземные дробильные установки 221
Радиоактивность 223

Глава XV. **Индивидуальные средства защиты** 224

Требования, предъявляемые к респираторам 225
Применение сжатого воздуха 230

Стр.
Технический уход 231
Служба надзора 234

Глава XVI. Отбор проб взвешенной пыли, ее измерения и анализы 235
Назначение контроля 235
Отбор проб пыли 240
Анализы 282
Регистрация 285

Глава XVII. Обучение и подготовка кадров 287
Подготовка руководящих работников 288
Подготовка рабочих 289
Подготовка специалистов 290
Приложение 1 293
Приложение 2 296
Приложение 3 303
Приложение 4 305

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ
ПРОФИЛАКТИКИ ПНЕВМОКОНИОЗОВ И ТЕХНИКИ
БЕЗОПАСНОСТИ (Ц Н И И П П)

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ПЫЛЕОБРАЗОВАНИЯ
И ПОДАВЛЕНИЕ ПЫЛИ НА ГОРНЫХ РАБОТАХ

Редактор издательства *В. Ф. Нурмухамедова*
Техн. редактор *Л. Н. Шиманова*
Корректор *А. В. Сивакова*

Сдано в набор 26/II 1969 г.
Подписано в печать 18/VI 1969 г. Формат 60×90¹/₁₆
Печ. л. 19,5 Уч.-изд. л. 19,7 Бумага № 1
Индекс 4—3—4 Заказ 335/10621-10
Тираж 1000 экз. Цена 1 р. 62 к.

Издательство «Недра». Москва, К-12,
Третьяковский проезд, д. 1/19.

Ленинградская типография № 14 «Красный Печатник»
Главполиграфпрома Комитета по печати при
Совете Министров СССР, Московский проспект, д. 91.

gost.e-ecolog.ru