

УДК 622.272.3:622.411.333

## Размещение подземных вспомогательных вентиляторов в вентиляционной сети шахт

Определены требования к размещению подземных вспомогательных вентиляторов, а также область их использования. Приведены примеры применения вспомогательных вентиляторов на угольных шахтах.

**Ключевые слова:** подземный вспомогательный вентилятор, режим работы вентилятора главного проветривания, удаленный участок.

**Контактная информация:** ozerkin.um@mail.ru

**Постановка проблемы.** Угольная промышленность Украины находится в сложном финансовом положении. Как следствие – не вводятся в действие новые предприятия с прогрессивной технологией, резко сокращена и заморожена их реконструкция. В то же время шахтный фонд стареет, горные работы уходят на глубину, растет газообильность пластов и пород, увеличивается протяженность горных выработок и ухудшается их состояние. Все это приводит к росту аэродинамического сопротивления вентиляционных сетей и депрессии *вентиляторов главного проветривания* (ВГП). Особые трудности возникают в обеспечении воздухом удаленных участков, число которых также растет в связи с доработкой и прирезкой запасов. Для нормального их проветривания необходимо совершенствовать и реконструировать вентиляцию. Выполнение этих работ традиционными способами (прохождение стволов, скважин) дорогостоящее техническое решение и требует значительных затрат времени, а при небольших сроках доработки запасов – экономически нецелесообразно вкладывать крупные средства в «стареющие» шахты.

В таких условиях один из наиболее перспективных, недорогих и экономичных, быстрореализуемых способов совершенствования вентиляции, обеспечения высокой безопасности ведения горных работ – применение *подземных вспомогательных вентиляторов* (ПВВ). Их рационально использовать и для проветривания складов взрывчатых веществ, электровозных гаражей и других камер в тех случаях, когда они остались единственными объектами в сети одного из ВГП, эксплуатация которого становится экономически невыгодной из-за малой расчетной подачи воздуха, а также в аварийных случаях (завалы стволов, выработок).

Установка ПВВ осуществляется в короткие сроки при небольших затратах и с высокой эффективностью. Вспомогательные вентиляторы дают возможность увеличить подачу воздуха на труднопроветриваемые участки в 2–5 раз, снизить депрессию и подсосы воздуха на ВГП, утечку воздуха в шахте, обеспечить значительную экономию капитальных затрат по сравнению



**С. В. БАЛОВ,**  
инж.



**Н. Н. ГАТАУЛЛИН,**  
инж.



**Ю. М. ОЗЕРКИН,**  
инж.

с другими способами совершенствования вентиляции и высокую безопасность ведения горных работ.

Целесообразность и безопасность применения ПВВ доказана опытом их работы за рубежом (Бельгия, Чехия, Франция, Великая Британия и др.) и на более чем 20 шахтах Донбасса (им. Челюскинцев, им. С. М. Кирова, № 4-21, № 29, № 19-20, «Красная Звезда», «Восход», «Ударник» и др.).

Отсутствие необходимых исследований и нормативной базы не позволяет широко применять этот экономичный и безопасный способ совершенствования вентиляции на шахтах, поэтому актуальна задача исследования условий применения и рациональных параметров ПВВ, оценки их экономической эффективности, разработки технологий проветривания шахт с применением ПВВ и меры безопасности.

**Цель исследований** – поиск технических решений по размещению ПВВ в горных выработках и определение области их применения.

**Результаты исследований.** Установлено [1, 2], что применение ПВВ – эффективный способ увеличения подачи воздуха по труднопроветриваемым направлениям, быстро реализуемый и малозатратный, а нередко и энергосберегающий способ проветривания отдельных участков и даже целых крыльев шахтного поля. Однако их эксплуатация имеет ряд особенностей. Поэтому необходимость и возможность применения ПВВ обосновывают в специальном проекте на установку и эксплуатацию с выполнением расчетов по выбору рациональных режимов совместной работы ВГП и ПВВ, типа и места установки ПВВ и увязки с планом ликвидации аварии. Кроме того, выполняется оценка и разрабатываются мероприятия по обеспечению удовлетворительных значений параметров вентиляции, характеризующих безопасность ведения горных работ (обеспеченность воздухом, устойчивость воздушных струй по дебиту и направлению их движения), а также мероприятия по безопасной эксплуатации ПВВ.

Как известно, во время работы ПВВ появляются рециркуляционные струи, количество которых должно быть минимальным; они должны замыкаться на вентилятор и не поступать в свежие проветриваемые струи воздуха. Поэтому выбор и обоснование места установки ПВВ имеет важнейшее значение в решениях о возможности использования подземного вентилятора.

Место установки ПВВ должно быть удобным для обслуживания вентилятора, находиться в необводненной выработке, в зоне установившегося давления.

Применение ПВВ [3] должно обеспечивать всех потребителей труднопроветриваемого направления расчетной подачей воздуха без существенного ухудшения обеспеченности других вентиляционных направлений.

Предъявляются и дополнительные требования по эксплуатации ПВВ, в частности:

- на негазовых и малогазовых (по метану) шахтах ПВВ можно комплектовать резервным двигателем;
- на газовых шахтах электродвигатель вентилятора должен быть во взрывобезопасном исполнении, на свежей струе воздуха;
- ПВВ необходимо оборудовать всеми приборами контроля (депрессиомер, расходомер, датчики температуры подшипников и др.);
- при вводе ПВВ в работу составляется акт, в котором фиксируют параметры главного и вспомогательного вентиляторов, распределение воздуха по основным объектам, наличие рециркуляционных струй, количество воздуха в них, а также в выработках, примыкающих к исходящей струе в зоне компрессии ПВВ;
- в выработках, соединяющих всасывающую и нагнетательную стороны вентилятора, должны быть установлены глухие перемычки или шлюзовые устройства, сокращающие рециркуляционные потоки и исключающие закорачивание ПВВ накоротко;
- применяемые шлюзы должны обеспечивать проход людей и перемещение грузов без закорачивания струй и должны быть оборудованы блокировкой дверей, исключающей их одновременное открывание;
- в месте установки ПВВ выработки должны быть закреплены негорючей (трудногорючей) крепью;
- вентилятор следует оборудовать диффузором для уменьшения потерь депрессии на выходе струи;
- перед всасом вентилятора требуется предусмотреть ограждающую решетку, а подводящие выработки не загромождать оборудованием и материалами;
- аэродинамические параметры перемычек, шлюзов, а также режимы работы ПВВ должны соответствовать расчетным;
- в случае остановки ПВВ двери основного шлюза должны быть открыты с целью обеспечить проветривание объектов за счет общешахтной депрессии;
- при остановке или реверсировании вентилятора главного проветривания ПВВ надо остановить или реверсировать в соответствии с принятым режимом его работы, а двери основного шлюза, закорачивающего ПВВ, – открыть;

- плановые остановки ПБВ или изменение режима его работы следует выполнять только по письменному разрешению главного инженера;
- режим работы ПБВ должен быть увязан с планом ликвидации аварий;
- ответственность за работу ПБВ возлагается на главного механика шахты и начальника участка вентиляции и техники безопасности (участок ВТБ);
- исправность работы ПБВ, герметизирующих устройств, основного шлюза обязаны проверять главный механик и начальник участка ВТБ не реже чем 2 раза в месяц;
- работники, специально назначенные главным механиком шахты, должны ежедневно осматривать ПБВ, а результаты проверок и осмотров заносить в Книгу осмотра вентиляционных установок и проверки реверсирования;
- ПБВ необходимо оборудовать автоматической газовой защитой с непрерывным контролем метана в камере двигателя и непосредственно у всаса, а также аппаратурой дистанционного управления и контроля, предусмотренной проектом. Пульт дистанционного управления и контроля работы ПБВ должен находиться на поверхности шахты в диспетчерском пункте, а в случае его отсутствия установку обслуживает машинист;
- рабочее место у вентиляторной установки должно быть обеспечено инструкцией по обслуживанию, схемой проветривания, характеристикой вентилятора, Книгой учета работы вентиляторной установки;
- камера машиниста должна быть изолирована от шума и иметь телефонную связь с диспетчерским пунктом шахты;
- управлять ПБВ должны лица, назначенные специальным приказом и прошедшие обучение в учебном пункте; обязанности машиниста ПБВ разрабатывают заместитель главного инженера по технике безопасности и механик шахты, утверждает главный инженер шахты;
- о внезапных остановках ПБВ, вызванных неисправностью или прекращением подачи электроэнергии, машинист обязан немедленно сообщить горному диспетчеру;
- при остановке ПБВ диспетчер должен немедленно информировать главного инженера, главного механика и начальника участка ВТБ, установить причину остановки и принять не-

обходимые меры для восстановления работы ПБВ. В случае невозможности включения ПБВ – дать команду на открытие дверей основного шлюза, при аварийном открывании (разрушении) дверей основного шлюза – принять срочные меры по его восстановлению, поставить в известность главного инженера и начальника участка ВТБ;

- при изменении направления (опрокидывании) движения воздуха в выработках, примыкающих к исходящей струе в зоне компрессии ПБВ, и поступлении исходящей струи повторно на объекты проветривания горный диспетчер должен принять меры по прекращению работ, выводу людей из выработок по пути движения рециркуляционных струй, а также по восстановлению направления движения воздуха.

Таким образом, учитывая старение шахтного фонда Донбасса, практику прирезки запасов за проектными пределами границ шахтного поля, экономическую эффективность отработки свободных участков через действующие выработки, отставание сроков реконструкции вентиляции от требуемых, применение ПБВ является основным средством увеличения подачи воздуха на удаленные, труднопроветриваемые направления (участки), повышения эффективности и безопасности их работы на период до полной реконструкции предприятия.

**Условия и область применения подземных вспомогательных вентиляторов.** В процессе проектирования шахт вентиляторы главного проветривания, как правило, выбираются на период срока их службы, т. е. примерно на 20–25 лет (осевые и центробежные соответственно). После выработки ресурса следует выполнить перерасчет необходимых параметров и режимов их работы, замену вентиляторов или полную реконструкцию системы вентиляции с прохождением или углубкой новых стволов и скважин, установкой или заменой старых вентиляторов на новые и др. [4].

В настоящее время абсолютное большинство ВГП шахт имеют срок службы более 25 лет (72 установки, или 83,7 %).

Неудовлетворительное состояние проветривания удаленных, труднопроветриваемых и прирезанных участков объясняется плохим состоянием как вентиляционных сетей, так и вентиляторов главного проветривания. Это связано главным образом с недостаточным

финансированием шахт Минэнергоуголь Украины, ограниченностью средств на капитальные работы, а во многих случаях и нерациональностью их вложения в стареющие шахты. Реконструкция таких шахт либо вообще не производится, либо растягивается и запаздывает во времени, значительно сокращаясь в объеме.

Анализ состояния проветривания шахт и его изменения во времени, режимов работы вентиляторов главного проветривания, порядка реконструкции вентиляции, замены вентиляторов и выделения средств на эти цели, целесообразности производства капитальных работ и сроков их выполнения показывает, что основными причинами применения ПВВ являются:

- возникновение угрозы снижения добычи шахты из-за недостаточной эффективности системы вентиляции;
- отсутствие резервов по расходу воздуха и депрессии на ВГП;
- необеспеченность воздухом одного удаленного выемочного участка или группы участков;
- невозможность эффективной отработки удаленных или прирезанных запасов несколькими очистными забоями;
- недостаточные предельно возможные параметры ВГП для эффективной отработки удаленных или прирезанных запасов;
- необходимость срочного увеличения подачи воздуха в шахту или на удаленные участки, которые не обеспечиваются воздухом другими способами;
- нерациональность или задержка реконструкции вентиляции;
- нецелесообразность проветривания, особенно второстепенных объектов, камер существующими мощными вентиляторами со значительным расходом электроэнергии;
- различные аварийные ситуации.

Область применения ПВВ:

- стареющие шахты, испытывающие трудности с проветриванием удаленных участков, и шахты, на которых проведение реконструкции вентиляции нецелесообразно;
- шахты, вынужденные снижать добычу из-за длительных сроков, отставания, задержки или выполнения реконструкции вентиляции не в полном объеме;
- шахты, имеющие высокочрезвычайно неэффективную систему вентиляции;

- шахты, где прошли аварийные изменения системы вентиляции, восстановление которых требует значительного времени.

Рассмотрим несколько примеров применения подземных вспомогательных вентиляторов.

*Шахта им. С. М. Кирова ПО «Стаханов-уголь»* разрабатывала пласты группы «*k*» со средней мощностью 0,6 м. Запасы угля по разрабатываемым пластам до Михайловского надвига к 1977 г. были выработаны и очистные работы перенесли на прирезанный участок за Михайловским надвигом по пластам  $k_6$  и  $k_7$ . Переход очистных работ за надвиг связан с затруднениями вентиляции участка из-за удлинения путей движения воздуха, увеличения аэродинамического сопротивления и депрессии сети.

Шахта – сверхкатегорийная по газу, опасная по взрывчатости угольной пыли. Схема проветривания – комбинированная. В шахту подавалось 8745 м<sup>3</sup>/мин свежего воздуха, ВГП установлены на скиповом и вентиляционном стволах.

На участке за Михайловским надвигом намечалось, что одновременно в работе будут находиться четыре лавы по пласту  $k_6$  и одна – по пласту  $k_7$ . Кроме того, работы по подготовке нового горизонта по пласту  $k_6$  проветриваются обособленно.

Количество воздуха, необходимого для проветривания только очистных работ, составляет около 2000 м<sup>3</sup>/мин. С учетом потери воздуха и потребности проветривания других работ существующий вентилятор ВЦД-2,18, установленный на скиповом стволе, должен развивать депрессию не менее 494 даПа, что по его технической характеристике невозможно. Снизить депрессию путем увеличения площадей сечений действующих выработок из-за большой протяженности (свыше 5 км) и сложности их проведения можно в течение лишь 2–3 лет.

Реализовать предусмотренный в проекте реконструкции шахты вариант совершенствования вентиляции с бурением двух вентиляционных скважин диаметром 2,6 м и установкой на них вентилятора ВЦД-31,5 возможно не менее чем через 4–5 лет. Поэтому единственный путь обеспечить горные работы за Михайловским надвигом воздухом в короткие сроки до завершения бурения вентиляционных скважин – это установка подземного вспомогательного вентилятора.

При существующей схеме, когда выемка угля почти полностью переносится за Михайловский надвиг, проветривать работы по пластам  $k_6$  и  $k_7$  невозможно. В то же время предлагаемое решение по временной установке ПВВ позволяет в полном объеме обеспечить проветривание горных выработок за Михайловским надвигом без снижения производственной мощности шахты.

Чтобы обеспечить проветривание выработок южного крыла пластов  $k_6$  и  $k_7$ , местом установки ПВВ по реконструкции ДонУГИ принято сопряжение вентиляционного квершлага  $k_6 - k_7$  с 7-м северным штреком пласта  $k_6$ , что обеспечивает устойчивость проветривания, а вентиляционный квершлаг отводится под главную магистраль для доставки людей (рис. 1). Кроме того, выработка, где устанавливается ПВВ, пройдена по породе, что исключает самовозгорание угля; для подвода питания к ПВВ с поверхности можно пробурить энергетическую скважину (диаметром 100 мм), а также установить электродвигатель вентилятора на свежей струе.

Подземный вентилятор устанавливают в огнестойкой камере. Депрессия горных выработок от поверхности до места установки ПВВ составляет 208 даПа. С учетом местных сопротивлений и требуемого расхода воздуха на проветриваемом участке режим работы ПВВ должен составлять: по расходу воздуха 30–35 м<sup>3</sup>/с, по депрессии 200–250 даПа. Этим параметрам соответствует вентилятор ВОКД-1,5, статический напор которого 118–320 даПа, а расход воздуха 13–53 м<sup>3</sup>/с. Фактически на шахте был установлен вентилятор ВОКД-1,8, габариты которого вписывались в предусмотренную в проекте камеру для установки ПВВ, а сама установка имелась на шахте.

Для обособленного проветривания камеры электродвигателя ПВВ с главного вентиляционного штрека пласта  $k_6$  к камере проводится вентиляционная сбойка площадью сечения 4,7 м<sup>2</sup>, длиной 20 м.

Подземный вспомогательный вентилятор работал до окончания бурения вентиляцион-

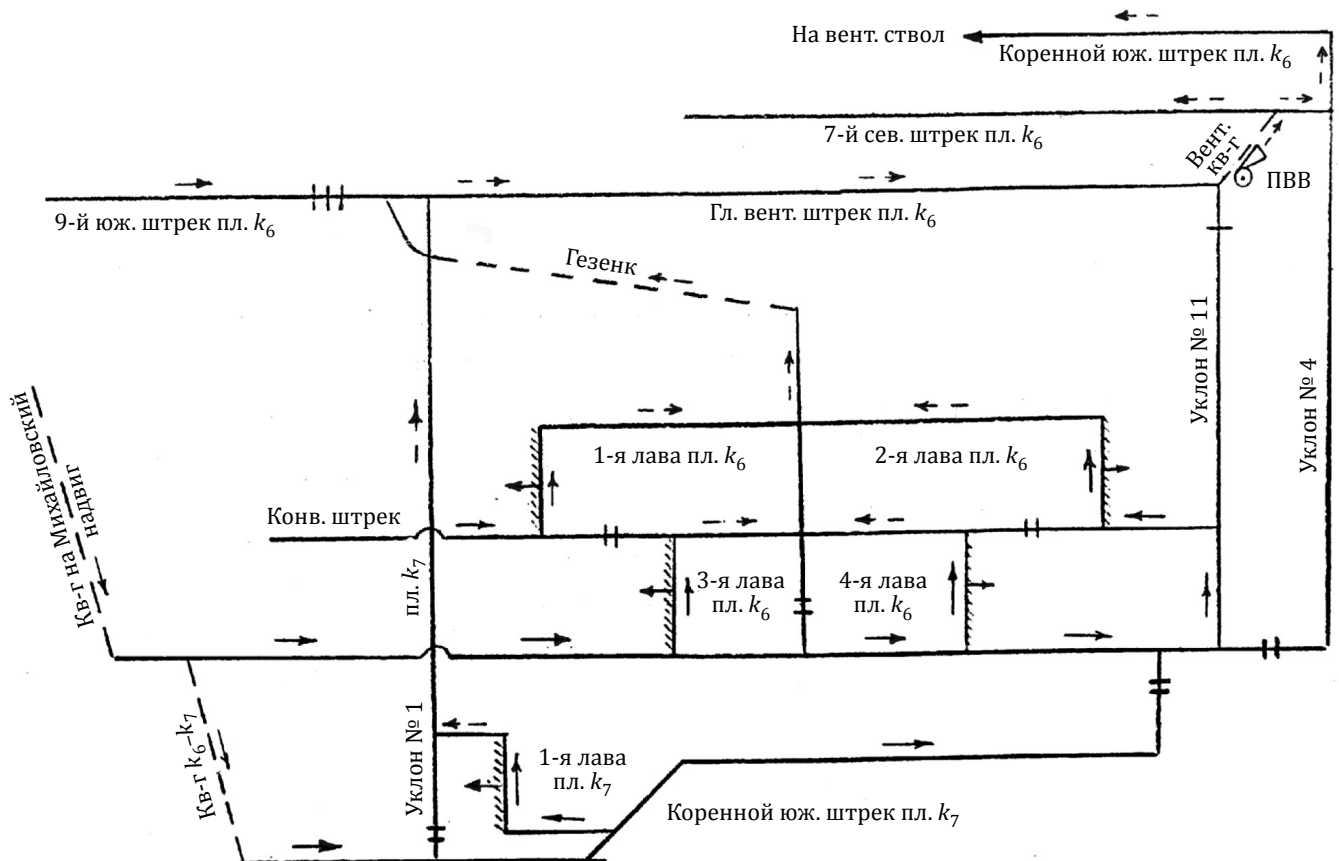


Рис. 1. Фрагмент схемы вентиляции шахты им. С. М. Кирова.

ных скважин и монтажа на них вентиляторов. Совместно с ВГП, установленными на вентиляционном и скиповом стволах, ПВВ полностью обеспечивал нормальным проветриванием все пять очистных и подготовительных забоев за Михайловским надвигом. На выемочные участки подавалось 200–350 м<sup>3</sup>/мин воздуха при расчетном количестве 180–200 м<sup>3</sup>/мин. Концентрация метана в исходящих струях участков не превышала 0,5–0,8 %, а вентиляция перестала быть сдерживающим фактором для увеличения добычи. На ВГП появился резерв по напору и производительности 7–17 %.

Совместная работа ВГП и ПВВ была устойчивой. Фактический режим вспомогательной установки ВОКД-1,8: подача 3500 м<sup>3</sup>/мин, депрессия 140 даПа.

Таким образом, установка ПВВ позволила на период реконструкции вентиляции шахты обеспечить ее нормальное проветривание при отработке прирезанных запасов за Михайловским надвигом без снижения добычи по шахте в целом (фактическая среднесуточная добыча составляла 2712 т).

Подземный вспомогательный вентилятор на шахте им. С. М. Кирова работал с 1978 по 1983 г.

**Шахта «Черкасская» ПО «Луганскуголь»** по газообильности относится к III категории. Абсолютное газовыделение составляет 7,5 м<sup>3</sup>/мин. Разрабатываемые пласты имеют мощность 0,6–1,65 м, угол падения 6–40°, опасны по взрывчатости угольной пыли, к самовозгоранию не склонны, не опасны по внезапным выбросам угля и газа, суфлярным выделениям метана и горным ударам. Природная газоносность пластов 3,7–4,2 м<sup>3</sup>/т. Дегазация как средство снижения газообильности выемочных участков не применяется. Горные работы ведутся на глубине до 680 м.

Поле шахты вскрыто двумя центральными вертикальными стволами до горизонта 680 м и этажными квершлагами. На восточном крыле шахтного поля пройден вертикальный вентиляционный ствол № 3 до горизонта 390 м, который ранее использовался для проветривания горных выработок по пластам  $l_4$ ,  $l_7$  и  $m_3$ , а в настоящее время не может быть использован из-за ухода горных работ на значительную глубину.

Воздух в шахту подается по клетевому стволу, исходящая струя вентилятором

ВЦД-31,5 выдается по скиповому. Около 48 % подачи вентилятора составляют внешние притоки воздуха, а 49 % его напора теряется в канале вентилятора.

Основные горные работы сконцентрированы на восточном крыле шахтного поля. На этом же крыле предусматривается прирезка запасов за счет Родаковского участка. Западное крыло шахтного поля полностью отработано.

Как показали результаты депрессионной съемки, все очистные забои восточного крыла не обеспечены необходимым количеством воздуха по тепловому фактору, коэффициент обеспеченности колеблется от 0,39 до 0,59. Ввиду малой газообильности пластов максимальная концентрация метана в исходящих струях выемочных участков не превышает 0,25 %.

Основной недостаток проветривания шахты – повышенные температуры в очистных забоях (до 29 °С) из-за недостаточного поступления в них свежего воздуха.

К главным причинам низкой обеспеченности лав воздухом относятся:

- однокрылая отработка шахтного поля, большая удаленность горных работ восточного крыла от центральных стволов;
- высокое аэродинамическое сопротивление сети и канала вентилятора;
- отсутствие резервов на ВГП;
- значительные потери воздуха через вентиляционные сооружения;
- дополнительная прирезка запасов на самом трудном направлении проветривания;
- отставание работ по реконструкции вентиляции, в частности невозможность использования вентиляционного ствола № 3 для проветривания горных выработок восточного крыла.

Общая протяженность маршрута движения воздуха через восточное крыло пласта  $k_7^2$  превышает 8 км, а развиваемая ВГП депрессия на выработки пласта  $k_7^2$  от узла 92 до узла 207 (рис. 2) составляет всего 3,86 даПа. Свежий воздух в восточное крыло пласта  $k_7^2$  поступает в основном за счет естественной тяги (15 даПа).

Исходя из фактического состояния проветривания горных выработок, перспективы их развития, трудности подачи необходимого количества воздуха в восточное крыло пласта  $k_7^2$  и задачи изыскания способов его увеличения с учетом прирезки запасов, ДонУГИ были рас-

смотрены следующие варианты совершенствования вентиляции шахты:

- 1) сокращение потерь воздуха через вентиляционные сооружения, уменьшение подачи воздуха в западное крыло (его доработка);
- 2) сокращение подсосов воздуха на скиповом стволе (герметизация здания);
- 3) снижение потерь депрессии в канале вентилятора за счет прокладки параллельно ему трубопровода большого диаметра (по поверхности);
- 4) интенсификация режима работы вентилятора ВЦД-31,5 за счет специальных устройств по повышению подачи и давления (гибкие элементы или наварка лопаток);
- 5) проведение в восточном крыле двух вентиляционных скважин диаметром 3,2 м: одной – до горизонта 480 м, другой воздухоподающей – до горизонта 580 м с промплощадки ствола № 3;
- 6) проведение одной воздухоподающей скважины диаметром 3,2 м до горизонта 480 м;
- 7) проведение вентиляционной скважины диаметром 3,2 м до горизонта 480 м с установкой на ней ВГП и углубка ствола № 3 до горизонта 580 м с использованием его в качестве воздухоподающего;

8) углубка ствола № 3 до горизонта 480 м и использование его в качестве вентиляционного для выдачи исходящей струи из восточного крыла;

9) углубка ствола № 3 до горизонта 580 м и использование его в качестве воздухоподающего;

10) установка на восточном крыле шахтного поля подземного вспомогательного вентилятора.

В таблице приведены результаты расчетов распределения воздуха для разных вариантов совершенствования вентиляции шахты «Черкасская». Их анализ показал, что обеспечить расчетным количеством воздуха восточное крыло путем сокращения потерь воздуха и уменьшения подачи его в западное крыло (вариант 1), сокращения подсосов воздуха на скиповом стволе (вариант 2), снижения депрессии в канале (вариант 3) и интенсификации работы вентилятора (вариант 4) невозможно. Максимальный прирост воздуха составляет 7,1 % при необходимом увеличении примерно в 1,8 раза.

Для обеспечения расчетного прироста воздуха в восточном крыле при существующей то-

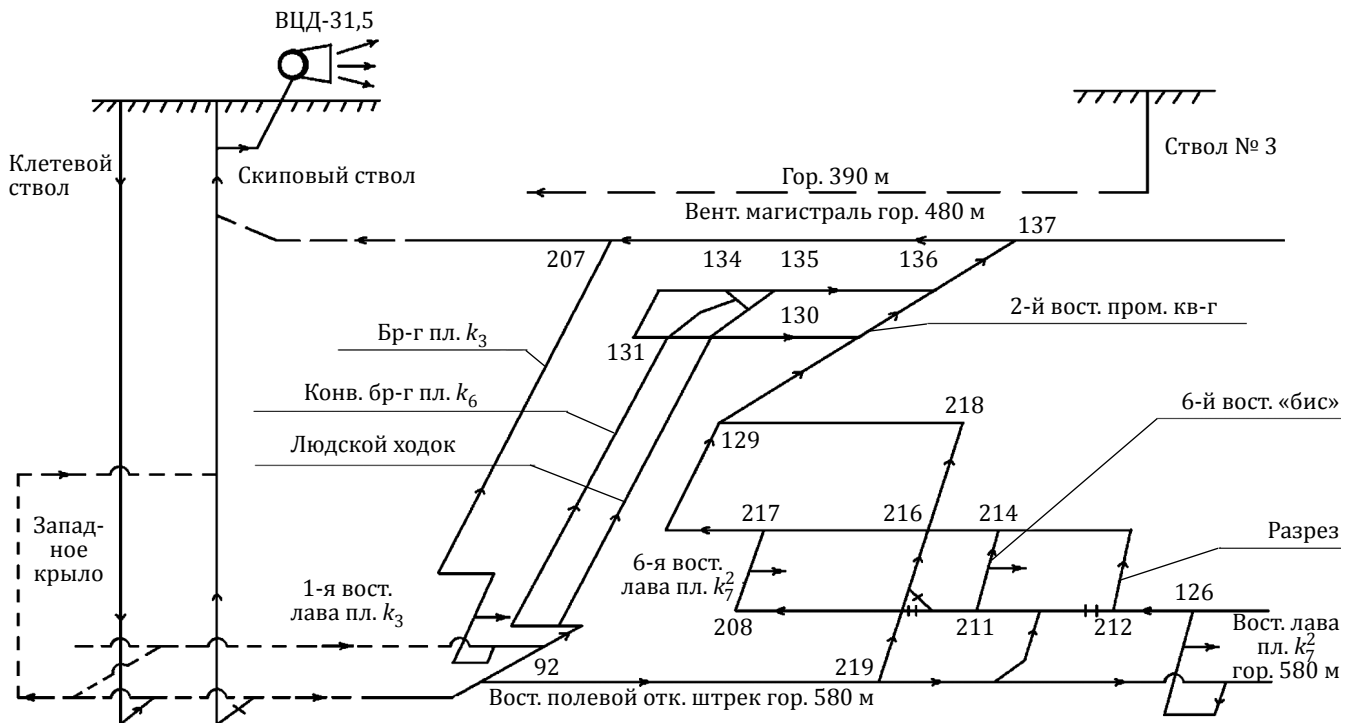


Рис. 2. Схема вентиляции восточного крыла шахты «Черкасская».

пологии шахтной сети и аэродинамических параметров выработок вентилятор у скипового ствола должен развивать депрессию 778 даПа, а его подача должна составлять 475 м<sup>3</sup>/с. При этом в шахту по клетевому стволу должно поступать 273 м<sup>3</sup>/с свежего воздуха, что невозможно реализовать при использовании любого вентилятора отечественного производства.

Варианты 5–9 предусматривают коренное улучшение вентиляции шахты, изменение схемы проветривания и ее параметров и могут обеспечить практически всех потребителей расчетным количеством воздуха, общий прирост воздуха в выработках восточного крыла составляет 81–97 %. Только в варианте 6 возникают некоторые трудности в обеспечении коренной восточной лавы пласта  $k_7^2$  горизонта 580 м расчетным количеством воздуха по тепловому фактору (564 м<sup>3</sup>/мин). При подаче свежего воздуха на горизонт 580 м по стволу № 3 и выдаче исходящей струи по скиповому (вариант 9) депрессия вентилятора будет пре-

вышать нормативные значения, будут наблюдаться большие потери воздуха в сети, перерасход электроэнергии. Кроме того, на углубку ствола № 2 требуются значительные капитальные затраты.

Наиболее эффективный вариант реконструкции вентиляции шахты – вариант 8, с углубкой ствола № 3 до горизонта 480 м и использованием его в качестве вентиляционного. При этом учитывалось наличие на стволе № 3 мощной вентиляторной установки ВЦ-32, обеспечивающей расчетное количество воздуха для восточного крыла. Однако реализация этого варианта (проектирование, углубка, строительство горизонта, оснастка и т. п.) длится примерно 4–5 лет при благоприятных обстоятельствах.

Вариант 10 по технической эффективности, затратам и срокам реализации имеет безусловное преимущество по сравнению с остальными. Правильный выбор типа, места установки и режима совместной работы ПВВ и ВГП позволяет обеспечить все объекты необходи-

Показатель	Значение параметров, м <sup>3</sup> /мин, в вариантах										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Распределение воздуха</i>											
В шахту	10720	10457	11128	12009	11966	10130	10729	10286	10585	12919	11211
В том числе на восточное крыло	1044	1059	1064	1109	1118	1949	1786	1972	2052	1892	1943
Восточная лава пласта $k_7^2$ горизонта 580 м	234	234	235	249	250	564	477	564	564	564	586
6-я восточная «бис» лава пласта $k_7^2$ горизонта 580 м	206	210	211	219	220	360	360	360	360	360	364
6-я восточная лава пласта $k_7^2$ горизонта 580 м	189	192	193	201	203	498	498	498	498	498	504
<i>Режим работы действующих и проектируемых вентиляторов</i>											
Скиповой ствол	17348/ 260	17123/ 260	15869/ 260	17122/ 272	19423/ 327	14024/ 187	15257/ 239	14040/ 186	11839/ 190	21204/ 402	16454/ 307
Ствол № 3	-	-	-	-	-	-	-	-	5762/ 287	-	-
Вентиляционная скважина	-	-	-	-	-	2688/ 185	2903/ 245	2695/ 184	-	-	-
ПВВ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2260/ 91

**Примечание.** В числителе – подача воздуха, м<sup>3</sup>/мин, в знаменателе – депрессия вентилятора, даПа.



мым количеством воздуха, устойчивый режим проветривания и безопасность ведения горных работ. Изменением режима работы ПВВ можно регулировать расход воздуха восточного крыла шахтного поля по мере его отработки, уменьшить потери воздуха через вентиляционные сооружения и затраты на проветривание в целом. Стоимость строительства ПВВ в несколько десятков раз меньше, чем углубка ствола, а сроки его осуществления составляют 0,4–0,5 года.

Следует учитывать, что в условиях шахты «Черкасская» имеются готовые капитальные выработки (верхняя приемная площадка конвейерного бремсберга пласта  $k_6$ ), за счет чего стоимость и сроки строительства могут быть дополнительно сокращены.

При выборе места установки ПВВ и его типа учитывались следующие обстоятельства:

- необеспеченность воздухом всех объектов на восточном крыле пласта  $k_7^2$ , что требует установки вентилятора на общих выработках крыла;
- состояние, горизонтальность площадки, площадь сечения и тип крепления выработок, расположение их в зоне установившегося горного давления, что должно обеспечить надежность работы вентилятора;
- возможность подачи свежего воздуха для проветривания камер электродвигателя (струя может подаваться по бывшему конвейерному бремсбергу пласта  $k_6$  за счет общешахтной депрессии);
- возможность надежной изоляции всасывающей стороны вентилятора от нагнетательной;
- удобство расположения, подвода электроэнергии, обслуживания и т. п.;
- возможность закорачивания рециркуляционных потоков непосредственно на вентилятор, исключая попадание рециркуляционной струи на какие-либо объекты проветривания;
- отсутствие в выработке постоянного транспорта, способного помешать нормальной работе ПВВ, верхняя приемная площадка бремсберга не используется для других целей;
- возможность предотвращения опрокидывания отдельных струй при работе ПВВ.

Для условий восточного крыла шахты «Черкасская» с учетом развития горных работ, наличия выработок со свежими и исходящими струя-

ми, состояния выработок, их функционального назначения и других обстоятельств наиболее целесообразным местом установки ПВВ является верхняя приемная площадка бывшего конвейерного бремсберга пласта  $k_6$  горизонта 480 м (рис. 3). Учитывая наличие транспорта на 2-м восточном промежуточном квершлага горизонта 480 м, необходимость проведения дополнительных выработок, а также площадь сечения и состояние существующих выработок, основным местом установки ПВВ следует считать узел 131. Это позволяет без каких-либо проходческих работ, только за счет установки глухих перемычек в выработках 133–134 и 132–135 и шлюзовых устройств в квершлагах на ветви 130–136 непосредствен-

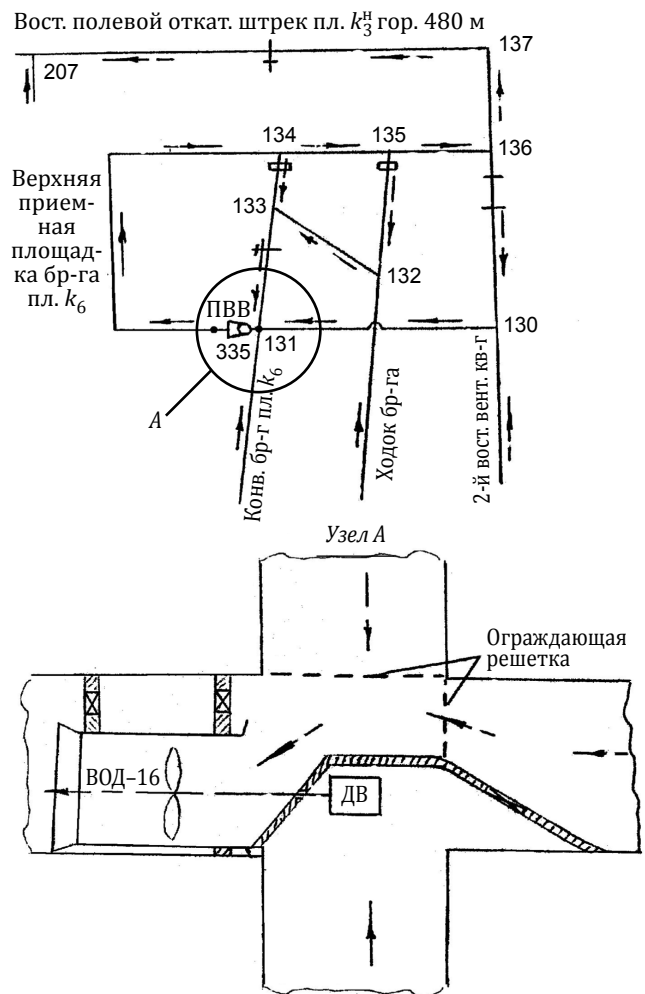


Рис. 3. Схема расположения ПВВ в восточном крыле шахты «Черкасская»: 130, 137, ..., 335 и т. д. – цифровое обозначение начала и конца вентиляционной сети; ДВ – датчик воздуха.

но в месте установки ПВВ обеспечить его нормальную работу, подачу свежего воздуха к электродвигателю, подвод исходящей струи восточного крыла пласта  $k_7^2$  к всасу вентилятора, исключить поступление рециркуляционных струй на объекты проветривания. Расход рециркуляционных струй в ветвях 133–134, 132–135 и 130–136 зависит лишь от качества герметизации вентиляционных сооружений.

Параметры режима работы ПВВ, диапазон их изменения за все время эксплуатации определены расчетом сети на ЭВМ.

Моделированием совместной работы ПВВ и ВГП определены три основных режима совместной работы:

- начальный (до отработки 1-й восточной лавы пласта  $k_3$ , находящейся в зоне компрессии ПВВ, подача 1935 м<sup>3</sup>/мин, депрессия 64 даПа);
- основной (подача 2260 м<sup>3</sup>/мин, депрессия 91 даПа);
- проветривание прирезанных запасов (подача 2635 м<sup>3</sup>/мин, депрессия 186 даПа).

При выборе типа вентилятора, кроме того, принимали во внимание необходимые резервы по напору и подаче, жесткость его аэродинамической характеристики, обеспечивающей стабильность подачи расчетного количества воздуха, габаритные размеры, позволяющие установить вентилятор в выработку, и др. Наиболее полно указанным параметрам и требованиям отвечает вентилятор ВВД-16 при углах установки лопаток ПВВ на 20, 25 и 30°, а также близкий по аэродинамической характеристике вентилятор ВВД-1,8.

Таким образом, учитывая сложившиеся условия развития горных работ на шахте «Черкасская» при однокрылой отработке шахтного поля и прирезке запасов в этом же труднопроветриваемом направлении при отставании сроков реконструкции вентиляции от требуемых, применение подземного вспомогательного вентилятора является основным средством увеличения подачи воздуха для проветривания выработок восточного крыла шахтного поля, повышения эффективности и безопасности работ до полной реконструкции шахты.

**Шахта им. Челюскинцев ПО «Донецк-уголь»** разрабатывает пласты  $l_4$ ,  $k_8$  и  $m_3$  мощностью 1–1,2 м и углами залегания 10–12°. По газовыделению – сверхкатегорийная с абсолютным метановыделением 15,4 м<sup>3</sup>/мин.

В горных выработках шахты температура воздуха в очистных и подготовительных забоях достигает 25–34 °С.

Шахтное поле вскрыто четырьмя вертикальными стволами и двумя скважинами. Схема проветривания шахты – комбинированная. Вентиляторы главного проветривания установлены на скиповом (ВЦД-2,2) и вентиляционном (ВЦД-32) стволах.

Вследствие обрушения крепи части вентиляционного ствола между горизонтами 518–738 м (1978 г.) было принято решение о засыпке его до горизонта 518 м с последующей заменой крепи. В результате этого изменилась схема проветривания и резко ухудшилась вентиляционная сеть. Из-за увеличения аэродинамического сопротивления сети сократилась обеспеченность шахты воздухом в целом на 26 %: с 13 200 до 9 800 м<sup>3</sup>/мин, а выемочных участков – почти вдвое. Поступление воздуха, например в 7-ю западную лаву пласта  $k_8$ , уменьшилось с 1 080 до 612 м<sup>3</sup>/мин, в 4-ю восточную лаву пласта  $k_8$  – до 220 м<sup>3</sup>/мин при расчетном 432 м<sup>3</sup>/мин.

Для работы на период восстановления и углубки вентиляционного ствола в околоствольном дворе пятого горизонта установлен подземный вспомогательный вентилятор ВВД-21. Исходящая струя после ПВВ поступает на ходок уклона № 6 II ступени, через гезенк на квершлаг № 10 и далее на вентиляционный ствол.

В сложившихся условиях проветривание шахты с установкой ПВВ было единственным возможным решением, позволяющим не останавливать работу шахты в период ликвидации аварии, восстановления и углубки вентиляционного ствола. Установка ПВВ – наиболее рациональный вариант из рассмотренных по проветриванию шахты. Реализация варианта и эксплуатация ПВВ показали высокую эффективность при сравнительно небольших затратах на установку, обеспечив устойчивое проветривание и безопасность работ. При этом возросло поступление воздуха в целом в шахту и на выемочные участки. На трех выемочных участках по пласту  $k_8$  расход воздуха увеличился в 2,1–3,4 раза, а на участок 8-й восточной лавы пласта  $l_4$  – в 1,2 раза.

Вместе с тем применение ПВВ не являлось альтернативным решением реконструкции

вентиляции шахты на перспективу развития, а было средством для быстрого, малозатратного и эффективного обеспечения горных работ требуемым расходом воздуха на период проведения реконструкции. Возможность применения ПВВ должна обосновываться не только увеличением подачи воздуха на участки, но и обеспечением безопасности работ при эксплуатации ПВВ, в том числе и при аварийных режимах.

Таким образом, во всех рассмотренных случаях применение ПВВ – это эффективный малозатратный способ по улучшению проветривания отдельных групп горных выработок, увеличению расхода воздуха по выработкам труднопроветриваемых направлений, обеспечивающий нормализацию газового режима без уменьшения планируемой нагрузки на очистные забои.

В то же время причины, определившие необходимость применения ПВВ в рассмотренных шахтах, различны:

на шахте им. С. М. Кирова – прирезка запасов за пределами границ шахтного поля при значительном удалении от основных воздухоподающих выработок;

на шахте «Черкасская» – переход на однокрытую отработку шахтного поля и сложные температурные условия в горных выработках из-за недостаточного поступления в них свежего воздуха;

на шахте им. Челюскинцев – аварийная ситуация при завале вентиляционного ствола и необходимости изменения схемы проветривания со значительным удлинением пути движения воздуха и увеличением аэродинамических сопротивлений вентиляционных маршрутов.

Во всех приведенных случаях действующие ВГП на шахтах по своим техническим характеристикам не могли обеспечить нормальное проветривание всех горных выработок на период до завершения реконструкции вентиляции, а установка ПВВ осуществлялась в короткие сроки с малыми затратами.

**Выводы.** Использование подземных вспомогательных вентиляторов – один из наиболее

перспективных, малозатратных и быстро-реализуемых способов обеспечения труднопроветриваемых участков шахт необходимой подачей воздуха при высокой безопасности ведения горных работ. Они также применимы для проветривания отдельных камер разного назначения.

Основной сдерживающий фактор, ограничивающий широкое применение ПВВ на шахтах, – отсутствие достаточных исследований и нормативной базы по выбору рациональных параметров совместной работы ВГП и ПВВ с учетом взаимовлияния, в том числе и при аварийных режимах. В качестве ПВВ могут применяться серийно выпускаемые вентиляторы как местного проветривания, так и малогабаритные, предназначенные для главного проветривания (например, осевые серии ВОД).

Применение ПВВ, как правило, не должно быть альтернативным решением реконструкции вентиляции на длительную перспективу вследствие недостаточности исследований отдельных параметров режимов работы и влияния на безопасность работ, особенно при аварийных режимах проветривания, отсутствии достаточной методической базы по выбору и эксплуатации ПВВ.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Технология проветривания шахт с применением подземных вспомогательных вентиляторов*: разработ. норматив. документа: отчет о НИР (промежуточ.) / ДонУГИ; рук. Лепихов А. Г. – Донецк, 1999. – 33 с. – № ГР 0199U001409. – Инв. № 2219903440.
2. *Разработать основные направления развития горных работ на шахтах отрасли в 2001–2005 гг.*; отчет о НИР промежуточ. / ДонУГИ; рук. Колосов О. Л. – Донецк, 2001. – 114 с. – № ГР 0100U001918. – Инв. № 2210079080.
3. *Недашковский И. В.* Применение подземных вспомогательных вентиляторов для регулирования распределения воздуха в шахтах / И. В. Недашковский, В. И. Комская, О. Н. Лонюк // Способы и технические средства обеспечения безопасных и здоровых условий труда на угольных шахтах. – Макеевка: Донбасс, 1989.
4. *Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт.* – К.: Основа, 1994. – 311 с.