

УДК 622.45

Бунько Т.В., Новиков Л.А., Кокоулин И.Е.

## ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОВЕТРИВАНИЯ УГОЛЬНЫХ ШАХТ МЕТОДАМИ СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Розглянуто питання досліджень стійкості провітрювання вугільних шахт методами структурно-параметричного аналізу пошуку об'єктів провітрювання, які знаходяться на діагоналях та запропоновано новий критерій оцінки стійкості провітрювання.

### THE INVESTIGATION STABILITY AIRING OF COAL MINES BY METHODS OF STRUCTURAL-PARAMETRYCAL ANALYSIS

The questions investigation stability airing of coal mines by methods of structural-parametrycal analysis searching objects of airing, which placed on the diagonals was examined and a new criterion estimation stability of airing was offered.

Основной задачей вентиляции угольных шахт является доставка свежего воздуха к объектам проветривания в объемах, необходимых для устранения действия вредных производственных факторов, и отвод загрязненного воздуха на поверхность. Скорость движения воздушной струи и ее качественный состав регламентированы отраслевыми нормативными документами, контроль этих параметров выполняется ИТР участка вентиляции и техники безопасности (ВТБ), военизированной горноспасательной службой (ГВГСС) при проведении воздушно-депрессивной съемки, а также инспекцией. В Руководстве по проектированию вентиляции [1] устойчивость проветривания определена, как способность шахтной вентиляционной сети (ШВС) сохранять заданные расход и направление движения воздуха в горных выработках при изменении аэродинамических сопротивлений элементов сети. Однако такое определение, по нашему мнению, не является достаточно полным, поскольку не учитывает колебаний воздухораспределения, связанных с изменением режимов работы источников тяги и действием тепловой депрессии, как в нормальных режимах, так и при пожарах. В дальнейшем влияние таких факторов на ШВС будем называть возмущениями.

В [1] также не учитывается важная особенность ШВС; именно, в условиях действующей шахты бывают случаи, когда в основные объекты проветривания поступает расход воздуха, величина которого может отличаться от расчетной как в меньшую, так и в большую сторону. Эту особенность не учитывает существующий критерий оценки устойчивости проветривания, использующийся в вентиляционной практике. Для устранения этого недостатка при оценке устойчивости проветривания предлагается использовать два критерия- обеспеченности и устойчивости проветривания по воздуху. Критерий обеспеченности проветривания по воздуху определяется как отношение количества воздуха при возмущении в

ШВС к расчетному, определенному в соответствии с разделами 6, 7 [1]. Критерий устойчивости проветривания по воздуху определяется как отношение количества воздуха при возмущении в ШВС к фактическому количеству воздуха в объекте проветривания в нормальном режиме.

Выделяется [1] две группы выработок с нарушением устойчивости проветривания.

1. Выработки с неустойчивым проветриванием по изменению расхода воздуха.

2. Выработки с неустойчивым проветриванием по направлению движения воздуха.

К выработкам с неустойчивым проветриванием по изменению расхода воздуха можно отнести фактически все выработки, поскольку изменение расхода воздуха в той или иной степени характерно для всех ветвей ШВС, например, при изменении режимов работы вентиляторов главного проветривания (ВГП). Поэтому [1] регламентирует определение устойчивости выработок по расходу воздуха дифференцированно: для очистных и тупиковых выработок и выработок с подсвежающими струями на выемочных участках. Анализ также подлежат утечки воздуха через вентиляционные сооружения между выемочными участками. Вместе с тем следует отметить, что, в силу значительной топологической сложности и разветвленности ШВС многих шахт, в них зачастую имеет место последовательное проветривание объектов-потребителей. Такая организация проветривания трудно обнаруживается визуальным анализом схемы проветривания шахты. Поскольку наибольшую опасность представляет нарушение режимов проветривания выработок, в которых присутствуют источники газовыделения, целесообразно анализировать устойчивость проветривания объектов-потребителей, дифференцируя их на обособленно и последовательно проветриваемые.

К выработкам с неустойчивым проветриванием по направлению движения воздуха относят так называемые диагонали. В [1] они подразделяются на диагонали между свежей и исходящей струей, между свежими и исходящими струями. Наиболее важен учет в системе проветривания диагоналей между свежей и исходящей струями, среди которых также можно выделить подгруппы диагоналей, относящихся к основным объектам проветривания (очистные, подготовительные выработки, камеры) и дополнительным потребителям (пути утечек воздуха).

Решение задач определения множеств выработок обособленно и последовательно проветриваемых потребителей, а также диагоналей, производится в настоящее время путем визуального анализа схемы проветривания. При этом зачастую могут быть утеряны целые группы ветвей, которые необходимо проверять на устойчивость проветривания, либо неправомерно причислены к таковым ветви, в которых проветривание явля-

ется устойчивым. Для корректного решения указанных задач необходимо применение понятий структурного анализа ШВС (разрезов, условно-последовательных подсетей, маршрутов и т.д.), а также разработанных в ИГТМ НАН Украины методов структурной идентификации ШВС [2]. Такой подход упоминается в [1] (см. раздел 14, таблицу 14.1, п. 1.2), однако до настоящего времени он не нашел широкого применения в силу отсутствия утвержденных нормативно-методических документов и методик автоматизированного проектирования вентиляции с использованием ПЭВМ. Следствием этого является тот факт, что в используемых горными предприятиями Госуглепрома Украины и ГВГСС программных комплексах расчета вентиляции такой анализ не проводится.

В настоящей работе предлагается следующий алгоритм определения показателей устойчивости ШВС в изменяющихся условиях эксплуатации.

1. Выполняется идентификация структуры и параметров ШВС с использованием методов, изложенных в [2,5]. При выполнении этого пункта определяются множества основных и дополнительных объектов проветривания.

2. Выполняются расчет оптимальных параметров ШВС с использованием методов, изложенных в работе [6]. Этот этап выполняется на стадии проектирования.

3. Согласно [1] определяются множество влияющих ветвей, при изменении аэродинамического сопротивления которых будет выполняться оценка устойчивости проветривания.

4. Изменяется аэродинамическое сопротивление влияющих ветвей, определяются значения показателей устойчивости и проветривания по воздуху.

5. Выполняется идентификация структуры ШВС при внесении возмущающего воздействия (выявляются контура рециркуляции, изменение направления движения воздуха в обособленно проветриваемых выработках).

6. Определяются максимально допустимые аэродинамические сопротивления влияющих ветвей, при которых не происходит опрокидывания струй в основных обособленно проветриваемых объектах проветривания.

7. Оценивается влияние возмущающего воздействия на режимы работы ВГП.

Отличительной особенностью предлагаемого подхода является использование методов структурной идентификации ШВС и нового критерия устойчивости проветривания обособленных потребителей для условий действующих шахт. Этот критерий отличается от ранее известных [1] учетом реального значения расхода воздуха в обособленных объектах проветривания.

Как известно, определение устойчивости вентиляционных струй опытным путем включает в себя измерение расходов воздуха в рассматриваемой выработке, контроль концентрации метана в исходящих и опрокинутых струях выработок, а также контроль утечек воздуха. Следует отметить, что при решении этой задачи целесообразно также использование методов структурной идентификации для определения множеств обособленных объектов проветривания и утечек воздуха.

Нарушение устойчивости движения воздуха в рассматриваемой выработке происходит при существенном изменении ее аэродинамического сопротивления, причиной чему служат взрывы, завалы, резкое изменение сечения ветви в результате действия горного давления. К перечисленным факторам относятся и перебои в работе ВГП.

Наличие капель воды в вентиляционных потоках (капеж) может оказывать заметное влияние на аэродинамическое сопротивление выработки при существующем вентиляционном режиме, а, следовательно, и на устойчивость режима проветривания. Это влияние проявляется в ухудшении вентиляции выработки, и вызвано так называемым «давлением» капежа. В некоторых случаях капеж может привести к изменению нормального вентиляционного режима.

Капеж или фактор обводненности вентиляционных потоков оказывает влияние на работу ВГП, в частности это касается случая, когда эксплуатация ВГП осуществляется на территории с высоким уровнем грунтовых вод, поступающих в канал ВГП, а также в случае общешахтного реверсирования вентиляционной струи. Изменение плотности воздуха, связанное с обводненностью каналов, является причиной отклонения режимов работы ВГП от проектных. Так, например, влияние фактора обводненности было отмечено [4] в канале ВГП скипового ствола шахты им. А. Ф. Засядько, заглубленного на 4,5 – 5 м ниже уровня земной поверхности. Наблюдения показали, что это явление особенно опасно в холодное время года, когда из-за низкой температуры всасываемого воздуха (ниже  $-5^{\circ}\text{C}$ ) и высокой влажности, вызванной увеличением притока воды в этот период времени, происходит обледенение элементов ВГП. Это может привести к дисбалансу вращающегося рабочего колеса вентилятора и возникновению аварийной ситуации.

Таким образом, наличие капежа, его влияние на работу ВГП должно учитываться при расчетах устойчивости вентиляционных систем, выполняемых как на стадии проектирования, так и при управлении вентиляцией действующих шахт. В качестве исходных данные используются значения расходов воздуха, параметры источников тяги и предполагаемое количество влаги в воздушной струе.

Как было отмечено выше, наличие капежа и его влияние на работу ВГП должно учитываться при расчете устойчивости вентиляционных

систем. Поэтому к приведенным видам контроля следует добавить контроль количества воды, находящейся во взвешенном состоянии в вентиляционном стволе и канале ВГП. Впервые этот вид контроля был использован на шахте им. А.Ф. Засядько; ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины совместно с участником ВТБ шахты им. А.Ф. Засядько была разработана методика расчета количества воды, находящегося в исходящей струе воздуха.

Шахтные эксперименты были проведены в вентиляционном канале скипового ствола и в самом стволе. Для замера количества воды были использованы специальные устройства – каплеуловители, один из которых устанавливался в горизонтальном участке ВГП, а другой в скиповом стволе. Постановка шахтного эксперимента и полученные результаты подробно описаны в работе [3].

Надежность вентиляционной системы в значительной степени зависит от неблагоприятных факторов, которые могут привести к частичному и даже полному нарушению нормального режима ее работы. Связь устойчивости с надежностью с учетом влияния этих факторов достаточно сложна, что не всегда позволяет пользоваться физическими методами для исследования надежности.

Существующие методы определения надежности вентиляционной системы исходят из следующих допущений:

- 1) известна структурная взаимосвязь составляющих элементов системы (топология ШВС);
- 2) система находится в состоянии равновесия (переходные процессы не рассматриваются);
- 2) расчету подлежат те элементы вентиляционной системы, которые при нарушении их функционирования могут стать причиной выхода из строя всей системы в целом.

Отмеченное выше явление обмерзания элементов ВГП существенно влияет на надежность функционирования ШВС. Для решения этой проблемы на шахте им. А.Ф. Засядько лопатки направляющего аппарата и колеса ВГП орошались маслом, что значительно снижало вероятность обмерзания. Было использовано простое устройство, представляющее собой бак с техническим маслом и два резиновых шланга, одни концы которых были погружены в бак, а другие надеты на штуцера, сваренные в боковые металлические стенки кожуха направляющих аппаратов ВГП. За счет депрессии, развиваемой ВГП, образовывался масляный аэрозоль, который оседал на лопатки направляющих аппаратов. С целью обоснования принципа работы устройства орошения элементов ВГП, в ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины совместно с участком ВТБ шахты им. А.Ф. Засядько была разработана соответствующая методика расчета ее параметров [4].

Хотелось бы затронуть вопрос об использовании бесконтактных измерительных средств, позволяющих определять расстояние от данной фиксированной точки до кровли и стенок выработки. Это ручные лазерные измерительные приборы. Впервые они были изготовлены в Германии в 2000 г. по заданию компании ДСК фирмой ЕСОМ, и предназначены для использования в шахтных условиях. Приборы отличаются искробезопасностью. Память прибора позволяет регистрировать до 1000 параметров (численные значения расстояний до выбранной поверхности с точностью до миллиметра). Руководствуясь полученными данными за выбранный период времени, можно судить об изменении площади поперечного сечения выработки, которое имеет тенденцию к уменьшению под действием горного давления. Тем самым возникает возможность проследить изменение аэродинамического сопротивления выработки с течением времени, что необходимо при расчете устойчивости проветривания. По имеющейся информации, на шахтах Украины эти приборы не используются. Это объясняется их дороговизной и сложностью конструкции; работы по созданию отечественных аналогов в настоящее время ведутся.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. Утверждено Приказом Государственного комитета Украины по надзору за охраной труда № 131 от 20.12.1993 ДНАОТ 1.1.30-6.09.93. — Киев, 1994.
2. Бунько Т.В. Основные положения структурной идентификации вентиляционной сети и ее применение при анализе вентиляции шахты им. А.Ф. Засядько // Геотехническая механика. — Днепропетровск. — 2002. — Вып. 35. — С. 228-234.
3. Конструкция устройства для замера количества воды в вентиляционных стволах и каналах ВГП и результаты шахтного эксперимента // Геотехническая механика. — Днепропетровск. — 2002. — Вып. 37. — С. 135-141.
4. Обводненность каналов вентиляторов главного проветривания: исследование и пути снижения // Геотехническая механика. — Днепропетровск. — 2002. — Вып. 37. — С. 128-135.
5. Булат А.Ф. Пономаренко Т.В. Кокоулин И.Е. Шахтная вентиляционная сеть как объект идентификации // Уголь Украины. — 2002, № 11. — С. 25-27.
6. Пономаренко Т.В. Метод оптимизации параметров развивающихся вентиляционных сетей // Геотехническая механика. — Днепропетровск. — 1999. — Вып. 13. — С. 84-89.