

размерностью и большим количеством горнорабочих, а значит – и подлежащих возможной эвакуации людей, способен привести к превышению допустимой пропускной способности отдельных выработок, в особенности шахтных стволов, пропускная способность которых ограничена вместимостью клетки и циклическим принципом ее работы.

Новый подход к решению задачи аварийной эвакуации людей из шахты с учетом производительности циклических транспортных средств устраняет указанное противоречие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила безопасности в угольных шахтах / ДНАОП 1.1.30-1.01-96 // Утверждено приказом Государственного комитета Украины по надзору за охраной труда от 18 января 1996 г. № 7.- К.: Основа, 1996.- 207 с.
2. Светличный В.П., Кокоулин И.Е., Хижняк В.А. Обобщенный алгоритм формирования с помощью ЭВМ оптимальных путей движения людей из шахты при возникновении аварийной ситуации// Известия вузов. Горный журнал, 1979, – № 10. – С. 26-30.
3. В.Я. Потемкин, Е.А. Козлов, И.Е. Кокоулин. Автоматизация составления оперативной части планов ликвидации аварий на шахтах и рудниках – К.: Техника, 1991.- 124 с.
4. Расчет времени движения людей при выходе из аварийной зоны/ Потемкин В.Я., Светличный В.П., Кокоулин И.Е.// Техника безопасности, охрана труда и горноспасательное дело: Науч.-техн. реф. сб. ЦНИЭИ-Уголь.- 1977.- № 12.- С. 13-14.
5. Соболев Г.Г. Горноспасательное дело – М.: Недра, 1972.- 356 с.
6. Йенсен П., Барнес Б. Потокосное программирование.- М.: Радио и связь.- 1984.- 423 с.

УДК 622.4:622.82

Канд. техн. наук Т.В. Бунько
(ИГТМ НАН Украины)

ПОИСК НАРУШЕНИЙ В ОРГАНИЗАЦИИ ПРОВЕТРИВАНИЯ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ

Запропоновано метод пошуку у шахтній вентиляційній мережі контурів „штучної” рециркуляції повітряних потоків, пов’язаної з неправильною підготовкою вхідної інформації для вентиляційних розрахунків, яка викликає достовірне, але неправильне по суті вирішення задач повітророзподілу.

THE QUEST OF INFRINGEMENT IN THE ORGANIZATION OF COAL MINE AIRING

The method search in the mining ventilation network circuits of „artificial” recirculation of ventilation streams, which connected with the incorrect preparation of proceed information for ventilation calculations, which arouse authentic, but incorrect as a matter of fact decision tasks of air-distribution.

Проведение расчетов воздухораспределения в вентиляционной сети (ШВС) угольной шахты предполагает построение ее имитационной модели. Иными словами, предварительным этапом расчетного процесса является формирование топологической структуры, представляющей аналог ШВС, учитывающий все ее топологические, аэродинамические и технологические особенности.

Решение указанной задачи представляет определенные сложности. Важнейшей из них является достоверность подготовки исходных данных для про-

ведения расчетов.

При подготовке исходных данных могут возникать, особенно для ШВС значительной размерности, ошибки различного рода: от самых простых (повторение номера ветви или узла, превышение номером топологического элемента предельно допустимого значения и т.д.), поиск которых можно легко автоматизировать, что и сделано практически во всех программах расчета вентиляционных сетей, до весьма сложных. К последним, например, относятся нарушение обособленности проветривания участков-потребителей воздуха запрещенное [5]. Выявление нарушений такого рода достаточно подробно описано в работе [3]. Поиск их достаточно трудоемок и неочевиден, что вызывает необходимость использования специальных методов, основанных на использовании понятий структурно-параметрического анализа. Основные подходы к решению таких задач представлены также в работах [1,2].

Одним из сложных вопросов является поиск в сети контуров рециркуляции – систем горных выработок с замкнутым кольцевым движением воздушных потоков. Появление их приводит к сбоям в работе итерационных методов решения задач потокораспределения и получению неверных результатов.

Следует отметить, что реальное возникновение контуров рециркуляции связано с проявлением в нормальных условиях проветривания естественной тяги, а при возникновении пожара – тепловой депрессии пожарного очага. При проветривании уклонных полей нисходящей вентиляционной струей, что является зачастую объективной необходимостью, при малом дебите воздуха могут возникнуть условия для опрокидывания воздушной струи. Устранение этого явления может быть достигнуто перераспределением воздушных потоков средствами местного регулирования в пределах уклонного поля с целью повышения дебита воздуха на участке с неустойчивым проветриванием.

Другим видом реального контура рециркуляции является контур, возникающий под действием тепловой депрессии пожара. Он может возникать не только в уклонных полях, что особенно опасно, но и в системах горизонтальных выработок, поскольку тепловое расширение воздуха при пожаре является весьма значительным, и образующийся тепловой заслон способен серьезно противодействовать даже воздушному потоку большого дебита.

Поиску реальных контуров рециркуляции посвящен ряд работ [6-9]. Наиболее общий подход к решению задачи предложен в [6]. Авторы различают контура непосредственной рециркуляции, в которых находится источник дополнительной депрессии, и косвенной рециркуляции, которые образуются под действием тепловой депрессии в другом контуре. Следует, однако, отметить, что собственно алгоритм поиска множества ветвей, входящих в контур рециркуляции, в указанной работе отсутствует. Авторы ставили перед собой другую задачу. Именно, при выборе аварийного вентиляционного режима в аналитическое выражение критерия его оптимальности входит значение концентрации пожарных газов $C(i,j)$. В случае, если проветривание шахты остается устойчивым – поле концентраций пожарных газов стабильно, и построение его производится за один просмотр ШВС. Если же в результате неустойчивого проветривания

произошло опрокидывание воздушных потоков в некоторых выработках ШВС – возможно возникновение контура рециркуляции. Сигналом о его возникновении явится появление в ходе просмотра ШВС от очага пожара по ходу воздушной струи ситуации, когда встречается загазированный участок. Это и является свидетельством возникновения контура рециркуляции. Поступление дополнительного количества газа в уже загазированный участок изменит $C(i,j)$ в нем, что, соответственно, изменит и аналитически определяемое значение критерия оптимальности аварийного вентиляционного режима. Процесс расчета концентрации в таком участке является итерационным и, как доказано в [6], сходящимся. Поскольку расчет значений $C(i,j)$ в выработках ШВС производится аналог-методом динамического программирования, когда определяется не концентрация пожарных газов в отдельно взятых контурах, а значения ее последовательного образования в древовидной структуре, называемой в теории графов исходящей подсетью пожарного очага, собственно перечень выработок контура рециркуляции в методе [6] не определяется, а учитывается неявно.

Однако при решении вентиляционных задач могут возникать и контура рециркуляции другого вида – так называемые «искусственные». Реально на таком участке рециркуляции не происходит; замкнутая последовательность однонаправленных выработок образуется за счет неправильного кодирования элементов ШВС. В случае если такая ошибка не будет устранена, она приведет к ошибкам расчета воздухораспределения.

Очевидно, что описанный выше метод поиска реальных контуров рециркуляции в данном случае неприменим. Связано это с тем, что используемый в нем критерий образования контура рециркуляции основан на качественном различии двух областей ШВС - чистой и загазированной пожарными газами. В условиях нормального вентиляционного режима необходим другой критерий. В то же время необходимо определение перечня выработок контура с целью устранения топологических ошибок; метод [6] такой возможности не дает.

Предлагаемый метод определения контуров рециркуляции сводится к следующему.

1. Последовательно для каждой ветви ШВС строится условно-последовательная подсеть $P(m,l)$, которая является объединением множеств ее узлов и ветвей, описывающих маршруты движения воздуха к объекту проветривания (m,l) и представляет собой множество воздухоподающих и воздухоотводящих ветвей, участвующих в организации проветривания этого потребителя.

$P(m,l)$ состоит из двух качественно различных подсетей: воздухоподающей $P_1(m,l)$ и воздухоотводящей $P_2(m,l)$. Обе они представляют собой древовидные структуры (с возможным наличием «правильных» контуров с разнонаправленным движением воздушных потоков). Только для $P_1(m,l)$ корень дерева будет находиться в узле m , а движение воздуха предполагается от воздухоподающих стволов в направлении корня, а для $P_2(m,l)$ корень дерева будет находиться в узле l , а движение воздуха происходит от корня к вентиляционным стволам.

2. Производится специальная разметка элементов $P_1(m,l)$ и $P_2(m,l)$. Например,

узлам $P_1(m,l)$ может быть присвоен признак «+», а узлам $P_2(m,l)$ – признак «-» .

3. Если в ходе такой разметки возникает ситуация, когда для какой-то (i,j) узел i имеет признак «-», а j – признак «+», т.е. встретился признак элемента другой подсети – это является признаком образования контура рециркуляции.

4. Поскольку в ходе формирования условно-последовательной подсети происходит, с целью использования при решении ряда задач расчета воздухораспределения, фиксация этого процесса, можно, следуя обратным ходом, определить множество выработок, среди которых путем визуального анализа найти «искусственный» контур рециркуляции.

Повторение действий п.п. 1-4 для всех выработок ШВС, что, при условии использования современных быстродействующих ПЭВМ, представляет собой достаточно нетрудоемкую задачу, можно определить абсолютно все случаи возможной рециркуляции, чего, как показал сравнительный анализ, было невозможно достичь известными ранее методами.

Приведенный метод может быть проиллюстрирован на следующем примере.

На рис. 1 приведен искусственный фрагмент ШВС. Ветвь (11, 12) представляет собой базовую ветвь, относительно которой строится условно-последовательная подсеть.

В состав воздухоподающей подсети $P_1(m,l)$ входят ветви (1,2), (2,3), (2,6), (7,6), (7,10), (6,8), (3,10), (8,10), (5,4), (3,20), (4,20), (7,8), (20,11), (10,11), а в состав воздухоотводящей подсети $P_2(m,l)$ – ветви (12,14), (12,16), (14,17), (17,22), (22,23), (16,25), (25,26), (25,20), (20,24), (22,24), (12,21), (21,25), (21,18), (18,27). Соответственно, признаком «+» будут помечены узлы 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 20, а признаком «-» – узлы 12, 14, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27. В состав условно-последовательной подсети ветви (11,12) не входят ветви (8,9), (8,19), (19,18), (13,14), (15,17), поэтому узлы 9, 13, 15, 19 не помечаются никаким признаком.

Такое положение сохраняется до тех пор, пока направление движения воздуха в выработках (8,19) и (19,18) является устойчивым. В противном случае ветви (18,19) и (19,8) включаются в подсеть $P_2(m,l)$ (на рис. 1 такое изменение отмечено пунктирными стрелками), а узел 19 помечается признаком «-». При этом ветвь (19,8) приобретает различные знаки узлов и образуется контур искусственной рециркуляции (11,12), (12,21), (21,18), (18,19), (19,8), (8,10), (10,11).

Сравнивая описанный метод с методом [6], можно прийти к выводу о возможности его применения и для поиска реальных контуров рециркуляции. В самом деле, критерий [6] возникновения контура рециркуляции заключался в том, что на очередном шаге формирования зоны загазирования встречался начальный узел уже загазированной ветви (i_k, j_k) . Если оперировать терминами условно-последовательной подсети и сформировать воздухоподающую подсеть для (i_k, j_k) , можно убедиться, что часть образовавшегося контура рециркуляции включает ветви этой подсети. Таким образом, принципы решения задачи двумя рассматриваемыми методами подобны; отличие состоит в том, что предлагаемый в данной работе метод фиксирует наличие контура рециркуляции уже на этапе достижения воздухоподающей подсети выработки (i_k, j_k) , тогда как метод

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов Ф.А., Тянь Р.Б., Потемкин В.Я. Расчет вентиляционных сетей шахт и рудников. – М.: Недра, 1978. - 232 с.
2. Шахтная вентиляционная сеть как объект идентификации/ А.Ф. Булат. Т.В. Пономаренко. И.Е. Кокоулин// Уголь Украины, 2002 - № 11. - С. 25-27.
3. Основные положения структурной идентификации вентиляционной сети и ее применение при анализе вентиляции шахты им. А.Ф. Засядько / Т.В. Бунько // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. трудов / ИГТМ НАНУ. – Днепропетровск, 2002. - Вып. 35. - С. 228-234.
5. 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.
5. В.Я. Потемкин, Е.А. Козлов, И.Е. Кокоулин. Автоматизация составления оперативной части планов ликвидации аварий на шахтах и рудниках - К.: Техника, 1991.- 125 с.
6. Болбат И.Е., Лебедев В.И. Трофимов В.А. Аварийные режимы в угольных шахтах. - М.: Недра, 1992. - 206 с.
7. Влияние рециркуляции на концентрацию вредных веществ в воздухе / Бакиров У.Х. // Труды научно-исследовательского института профилактики пневмоконниозов.-Свердловск, 1967. - Вып. 1. - С. 93-97.
8. Смоланов С.Н. Поиск рециркуляционных контуров при расчете воздухораспределения в шахтной вентиляционной сети.- Известия Донецкого горного института: Всесоюзный научно-технический журнал горного профиля. - Донецк: ДонНТУ. - С. 16-19.