

тотних сонограм налагоджуваних приладів більш придатними є послідовності миттєвих значень сигналів плаваючих частот.

За описаною технологією проектування з використанням розроблених технічних засобів авторами створений значний об'єм програмного забезпечення та відпрацьовані схемотехнічні рішення функціональних блоків приладів геофізичного контролю, зокрема одно-, дво- та 8-канальних пристроїв введення акустичних сигналів, пристроїв моніторингу та спряження з персональною ЕОМ, індикаторів, тощо.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Шерифф Р., Гелдарт Л. Сейсморазведка. Пер. с англ. В 2-х кн. - М.: Мир, 1987. - Т. 1. - 447 с. - Т. 2. - 400 с.
2. Усаченко Б.М., Яланский Алекс.А. Ввод аналоговых сигналов в микропроцессорных приборах контроля деформирования и разрушения напряженных горных пород// Геотехническая механика: сб. науч. тр. - Днепропетровск, 1998. - №8. - С. 112-118.
3. Бродин В.Б., Шагурин И.И. Микроконтроллеры. Архитектура, программирование, интерфейс. - М.: Издательство ЭКОМ, 1999. - 400 с.
4. Воробьев А.А., Яланский Алекс.А. Подготовка методического обеспечения учебного курса «Микроконтроллеры» для студентов электротехнических специальностей: интегрированные инструментальные средства// Сб. науч. тр. Национальной горной академии Украины. – Днепропетровск: НГА Украины. – 1998. – №4. - С. 12-18.
5. Яланский Алекс.А. Определение параметров микропроцессорных приборов акустического контроля устойчивости кровли горных выработок// Геотехническая механика: сб. науч. тр. - Днепропетровск, 1997. - №3. - С. 124-128.
6. Долгий А. Разработка и отладка устройств на МК// Радио. - 2001. - №№5-10. - С. 14-16, с. 17-19.

УДК 622.87:622.861

Т.В. Бунько, И.А. Ефремов, И.Е. Кокоулин

**ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ
ОРГАНИЗАЦИИ ПРОВЕТРИВАНИЯ НА УГОЛЬНЫХ
ШАХТАХ УКРАИНЫ**

Наведено дані про впровадження комп'ютерної технології проведення вентиляційних розрахунків вугільних шахт України, яка враховує особливості як проектування вентиляційних систем, так і їх функціонування на діючих шахтах. Накреслено основні напрямки подальшого вдосконалення комп'ютерної технології.

**THE EXPERIENCE COMPUTER TECHNOLOGY ORGANIZATION OF
AIRING ON COAL MINES OF UKRAINE**

The data about inculcation computer technology execution of ventilation calculations of coal mines of Ukraine was bring, which take into account the peculiarities bosh projecting of ventilating systems, and its functioning on the acting mines. Traced the basic directions of further perfection of computer technology.

Внедрение любой компьютерной технологии требует предварительной подготовки объекта к ее эксплуатации. Недооценка этого необходимого этапа во всем процессе ввода в действие компьютерной технологии приводит зачастую к отрицательным результатам независимо от качества методического, математи-

ческого и программного обеспечения. Эти виды обеспечения должны быть проверены на этапе опытных и опытно-промышленных испытаний и скорректированы до организации внедрения технологии на промышленном объекте.

Внедрение компьютерной технологии организации проветривания (КТОП) на угольных шахтах связано непосредственно с вопросами безопасности и ответственности за принимаемые решения, что предъявляет к организационному обеспечению особые требования. В то же время, хоть на ряде шахт на участках вентиляции и техники безопасности (ВТБ) имеются современные компьютеры и программы по расчету вентиляции, их использование является лишь “хобби” отдельных энтузиастов и не регламентируется, за редкими исключениями, действующими нормативными документами.

В настоящее время наблюдается определенное противоречие между Правилами безопасности, Руководством по проектированию вентиляции, возможностями существующих программ и фактическими методами обработки информации на шахте. Действительно, периодичность контроля состояния воздухо-распределения на газовых шахтах составляет три раза в месяц при наличии на средних шахтах 100 - 200 замерных станций. Качественно обработать такой объем информации без применения ПЭВМ практически невозможно. Это прекрасно понимают контролирующие органы, что и приводит к определенному компромиссу между органами надзора и ИТР участка ВТБ шахты.

Внедрение ПЭВМ при составлении вентиляционного журнала не только повысило бы качество предварительной обработки замеров воздуха в замерных станциях и расчета воздухо-распределения по всей шахте, но и сократило объем работ за счет дифференцированного подхода к периодичности измерений для различных замерных станций. Так фактически и делается на шахте, однако без соответствующей корректировки всех замеров эти результаты заносить в вентиляционный журнал нельзя, так как они нарушают первый закон сетей с учетом точности измерений расходов воздуха.

Условием успешного внедрения ПЭВМ в различные информационные и технологические процессы является практическая полезность использования ПЭВМ, прежде всего с точки зрения облегчения труда конкретных исполнителей. Условием необходимым, но не достаточным. Как показывает наш практический опыт внедрения программ по расчету вентиляционных сетей, в проектных организациях горного профиля и в специализированных подразделениях ГВГСС, процесс внедрения происходит активно и, что наиболее важно, с участием обеих сторон. Однако повышение эффективности принимаемых решений играет зачастую второстепенную роль. Это, в частности, приводит к распространению программ расчета воздухо-распределения очень низкого качества и надежности, но обладающих достаточно хорошим сервисом. Разработкой таких программ обычно занимаются малоквалифицированные специалисты в области рудничной вентиляции, а также в области потокового программирования. Учитывая чрезвычайную математическую сложность оптимизационных задач расчета вентиляции, большое разнообразие их математических постановок, создание компьютерной технологии по организации проветривания на шахте пред-

ставляет собой многоплановую и многообразную проблему. С позиций информационных вентиляционные системы являются уникальными и обладают целым рядом особенностей, к числу которых следует отнести большую протяженность горных выработок, образующих вентиляционную сеть (ШВС), наличие распределенных утечек воздуха, плохую определяемость большого количества параметров и достаточно высокую их динамику.

Действительно, ШВС является постоянно развивающейся системой с переменными параметрами и структурой. Для таких систем, как показал опыт внедрения систем автоматического управления проветриванием классического типа, возможна автоматизация только отдельных их элементов. Разработанная и внедренная нами КТОП обладает значительно большими возможностями, реализуя следующие функции:

1. Организация библиотеки математических моделей ШВС или вариантов расчетов.

2. Контроль топологии сети и обнаружение ошибок в задании исходных данных.

3. Контроль структуры (обособленности проветривания объектов) и автоматическое формирование оптимальной структуры организации проветривания.

4. Идентификация потоков по всей ШВС на основе данных вентиляционного журнала (баланс воздуха согласно первому сетевому закону).

5. Построение математической модели ШВС на основе данных об аэродинамических параметрах, состоянии вентиляционных сооружений, расходах воздуха в замерных станциях, длинах и сечениях горных выработок без использования данных депрессионной съемки.

6. Естественное распределение воздуха при заданных характеристиках вентиляторов и естественной тяги в отдельных ветвях.

7. Оптимальное регулирование воздухораспределения с учетом ограничений на область работы вентиляторов главного проветривания (ВГП) и пропускной способности ШВС.

8. Оптимальная (по количеству) расстановка вентиляционных сооружений в горных выработках шахты, обеспечивающая требуемое воздухораспределение с учетом возможной степени их герметизации, а также расчет сечений окна для регуляторов расхода воздуха.

9. Расчет устойчивости проветривания в нормальных и аварийных режимах.

10. Расчет ожидаемой депрессии пожара в наклонных выработках.

11. Расчет аварийных (реверсивных) режимов с учетом действия пожара.

12. Детальный анализ результатов решений по управлению воздухораспределением (нахождение критических маршрутов, узких мест, избыточных вентиляционных сооружений и др.).

13. Документирование результатов решения перечисленных выше задач (таблицы, графики, выборочные результаты и т. д.).

В рамках настоящей публикации рассматривается внедрение лишь фрагмента КТОП, касающегося нормальных условий функционирования горного предприятия.

Эффективность КТОП заключается в:

наличии специальной системы контроля за ходом вычислительного процесса, которая обеспечивает получение достоверных решений, удовлетворяющих законам рудничной аэрологии, технологическим ограничениям и требованиям техники безопасности;

наличии программ идентификации, что позволяет использовать технологию на действующих шахтах, так как для ее реализации не требуется проводить никаких дополнительных измерений (депрессий выработок, расходов воздуха по всей сети) ;

использовании не имитационных методов и программ, а оптимизационных программ, которые непосредственно решают все наиболее сложные задачи по управлению воздухораспределением, возникающие при проектировании и оперативном управлении на действующих шахтах;

простоте организации вычислений на ПЭВМ и очень высоком быстродействии решения самых сложных задач по расчету сетей.

При разработке КТОП мы стремились максимально приблизить ее структуру к существующей на шахте, используя все преимущества ПЭВМ. Опыт внедрения ее на угольных шахтах Украины свидетельствует о правильности и эффективности такого подхода.

Поскольку КТОП решает широкий круг задач, как в условиях действующих шахт, так и при проектировании ШВС, внедрение ее производилось по двум основным направлениям:

1. Путем разработки мероприятий, позволяющих увеличить количество воздуха, подаваемого на обособленные объекты проветривания.

2. При разработке проектов вентиляции шахт проектными институтами Госуглепрома Украины.

Работы, проведенные на шахтах ГХК “Павлоградуголь”, и, отчасти, на шахте им. А.Ф. Засядько (последние продолжаются в новых постановках, позволяющих значительно усовершенствовать КТОП), позволили выработать рекомендации по значительному уменьшению количества регуляторов воздушных потоков, необходимых для достижения минимального уровня общешахтной депрессии при условии обеспечения заданных расходов воздуха в объектах проветривания, увеличению количества воздуха, подаваемого к обособленным потребителям, не ухудшая состояния проветривания шахты, сокращению общей протяженности поддерживаемых выработок за счет реализации мероприятий по совершенствованию вентиляционной системы. Так, например, в результате структурно-параметрического анализа ШВС шахты “Павлоградская” обнаружено шесть избыточных вентиляционных сооружений, подлежащих демонтажу; в ряде выработок нарушены предельно допустимые минимальные скорости движения воздуха. С целью устранения выявленных недостатков были выработаны рекомендации по увеличению аэродинамического сопротивления

тринадцати выработок. Сравнение полученных результатов расчета с фактическими замерами после внедрения разработанных мероприятий показало, что относительная погрешность по расходу воздуха для 60 % выработок не превышает 8 %, а для остальной части выработок – 15 %, что свидетельствует о хорошей сходимости полученных результатов с натурными замерами.

На шахте им. А.Ф. Засядько обнаружены четыре зоны рециркуляции воздушных потоков, образовавшихся за счет дополнительной депрессии, создаваемой в контурах ШВС включенными в них вентиляторами местного проветривания. Такое положение нежелательно, т.к. может вызвать поступление к объектам проветривания воздуха с повышенной концентрацией метана. Кроме того, по результатам расчетов, проведенных по материалам 07-12.2002 г., в ШВС шахты им. А.Ф. Засядько имеется ряд участков с последовательным проветриванием потребителей, когда, например, исходящая струя из лавы поступает в подготовительные забои, и наоборот. Это также свидетельствует о недостаточности удовлетворительной организации проветривания и необходимости проведения дополнительных работ по структурно-параметрическому анализу ШВС.

Структурный анализ ШВС показал, что в выработках шахты установлено предположительно избыточное количество вентиляционных сооружений - дверей, регуляторов, перемычек и т.д. По данным на 1.03.2003 г. их насчитывается свыше 200. При этом в сети имеется ряд маршрутов, подающих свежий воздух к участкам-потребителям, на которых установлены такие вентиляционные сооружения, в некоторых случаях ухудшающие воздухообеспечение потребителей. Выявление таких "лишних" регуляторов, оптимизация их количества и аэродинамических параметров является одним из направлений совершенствования КТОП.

Опытно-промышленная проверка КТОП при разработке проектов вентиляции шахт проектными институтами Южгипрошахт, Днепрогипрошахт, Донгипрошахт и Луганскгипрошахт показала, что использование КТОП при проектировании позволяет уменьшить количество регулирующих устройств, необходимых для обеспечения заданными расходами воздуха потребителей, в среднем на 15 – 30 %, уменьшить затраты на проветривание на 12 – 15 %, снизить капитальные затраты на 10 – 20 %. Например, апробация КТОП при проектировании институтом Южгипрошахт шахты "Карбонит" ПО "Первомайскуголь" позволила сократить количество требуемых регулирующих устройств с 59 до 39, снизив при этом капитальные затраты на 20 %. Для шахты им. 9 пятилетки ПО "Макеевуголь", проектируемой институтом Донгипрошахт, требуемое количество регуляторов уменьшено на 29, требуемый уровень напора ВГП снижен на 10 – 20 %. Причем разработанные программы анализа структуры ШВС позволили выявить и устранить ряд неявных противоречий в организации проветривания обособленных потребителей и режимных, технологических и физических ограничениях на параметры ШВС. При этом время проведения расчетов на ПЭВМ для сетей размерностью 150 – 200 ветвей, что соответствует размерности ШВС многих угольных шахт Украины, сокращается в среднем в 20 раз.

В процессе внедрения технологии была произведена значительная корректировка всех видов обеспечения. Математическое обеспечение, учитывая наличие сложных итерационных процессов, было дополнено специальными адаптивными алгоритмами и методами контроля за сходимостью, что позволило всегда получать решение с максимально возможной точностью. Программное обеспечение было адаптировано к уровню пользователя, что позволило обучать работе с программой малоквалифицированного в области использования ПЭВМ специалиста в течение 3 - 4 час. В области организационного обеспечения на ряде шахт удалось изменить штатное расписание участка ВТБ, введя должность помощника начальника участка ВТБ по компьютеризации. Следует отметить, что на шахте им. А.Ф. Засядько, являющейся по многим вопросам наиболее подготовленным в научно-техническом плане к внедрению современных компьютерных технологий горным предприятием, существует должность помощника начальника участка ВТБ, в обязанности которого вменяется поддержание базы данных и регулярное проведение вентиляционных расчетов. Пользуясь случаем, хотим выразить глубокую благодарность начальнику участка ВТБ Б.В. Бокию и ответственному за эти работы помощнику начальника участка ВТБ шахты им. А.Ф. Засядько В.А. Белому, при непосредственном участии которых нами был проведен уникальный вычислительный эксперимент. Были проанализированы статистические данные о состоянии ШВС шахты за тринадцать месяцев (с 01.2002 г. по 01.2003 г.). Об объеме указанной работы свидетельствует тот факт, что в ходе ее было подвергнуто сравнительному анализу около 186000 числовых и текстовых параметров. Достигнутая договоренность о получении на участке ВТБ и в дальнейшем регулярно аналогичных материалов позволит производить оперативную оценку динамики вентиляционной системы шахты и вырабатывать рекомендации по ее совершенствованию, что для шахты, размерность вентиляционной сети которой достигает 1100 ветвей при условии проветривания ее тремя ВГП и подготовки к вводу в действие еще двух, является весьма актуальным. Одним из наиболее важных моментов при этом будет исследование возможности разделения зон влияния ВГП и организация секционного проветривания шахты.

Наибольший эффект от внедрения КТОП, основной целью использования которой является повышение безопасности, был достигнут при решении задач структурной идентификации, при которой определяется линия использования воздуха и составляется его баланс. Это тем более важно, так как в качестве графического изображения в КТОП используется не расчетная схема и не схема вентиляционных соединений, а схема вентиляции, имеющаяся на участке ВТБ. Значительное сокращение трудоемкости при обработке результатов измерений расходов воздуха и главное, повышение его качества, было достигнуто при решении задачи потоковой идентификации.

Возможность получения математической модели вентиляционной системы без проведения депрессионной съемки и решения затем на ней различных задач по регулированию воздухораспределения была воспринята руководством участков ВТБ на различных шахтах неоднозначно. Основной причиной этого было

то, что применение КТОП позволило выявить серьезные недостатки в системах вентиляции, в основном связанные с неэффективными режимами работы ВГП, наличием лишних вентиляционных сооружений либо их отсутствием. Теоретические расчеты показывают также, что на большинстве шахт возможна экономия электроэнергии до 30 %. К сожалению, большую часть выявленных недостатков оперативного управления системой вентиляции участок ВТБ по целому ряду причин устранить не может.

В целом, по нашему мнению, назрела необходимость перехода всех участков ВТБ шахт на компьютерные технологии организации проветривания. Они требуют участия не только разработчиков, но, прежде всего, проектных организаций, контролирующих органов и горноспасательных служб.