

Кандидаты техн. наук Т.В. Бунько,
И.Е. Кокоулин
(ИГТМ НАН Украины),
д-р техн. наук Б.В. Бокий
(ПАО «Шахта им. Засядько»,
канд. техн. наук И.А. Ященко
(Минэнергоуголь Украины)

КЛАССИФИКАЦИИ ТЕОРИЙ И МЕТОДОВ РАСЧЕТА ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ В НОРМАЛЬНЫХ И АВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Запропонована класифікація теорій і методів розрахунку аеродинамічних параметрів шахтних вентиляційних систем, що вперше включає теорію розрахунку вентиляційних систем з невизначеною структурою і аеродинамічними параметрами

CLASSIFICATIONS OF THEORIES AND METHODS OF CALCULATION OF VENTILATION SYSTEMS IN NORMAL AND ACCIDENT REGIMES OF COAL MINES

Classification of theories of methods of calculation of aerodynamic parameters of the mine ventilation systems, first including the theory of calculation of the ventilation systems with an indefinite structure and aerodynamic parameters, is offered

Для задач проектирования и перспективного планирования вентиляции угольных шахт характерны следующие особенности [1-5]:

1. Многовариантность решений (каждая задача имеет различные варианты, отличающиеся друг от друга экономическими показателями, расходуемыми ресурсами, достигаемым экономическим эффектом).

2. Наличие и использование большого количества критериев оптимальности.

Постановка задачи проектирования и перспективного планирования объединяет характеристический критерий, множество независимых переменных и математическую модель (ММ; мы применяем иногда термин «имитационная модель» (ИМ), когда это относится непосредственно к компьютерному моделированию), отражающие взаимосвязь этих переменных [6-12].

На рис. 1 обобщенно изображен процесс оптимизации структуры и аэродинамических параметров шахтной вентиляционной системы (ШВС) с использованием ее ММ на ПЭВМ (без непосредственного экспериментирования с системой проветривания). [13].

Блок 1 представляет собой реальную ШВС до проведения оптимизационных расчетов. Переход к блоку 2 отражает переход к построению ее ММ, что является исходным материалом для структурной и параметрической оптимизации ШВС. Собственно ММ строится в блоке 2. Затем с применением оптимизационных методов решается необходимая оптимизационная задача; результатом ее решения является блок 3, содержащий, по сравнению с блоком 2, новые элементы, более совершенные по выбранному критерию оптимизации.

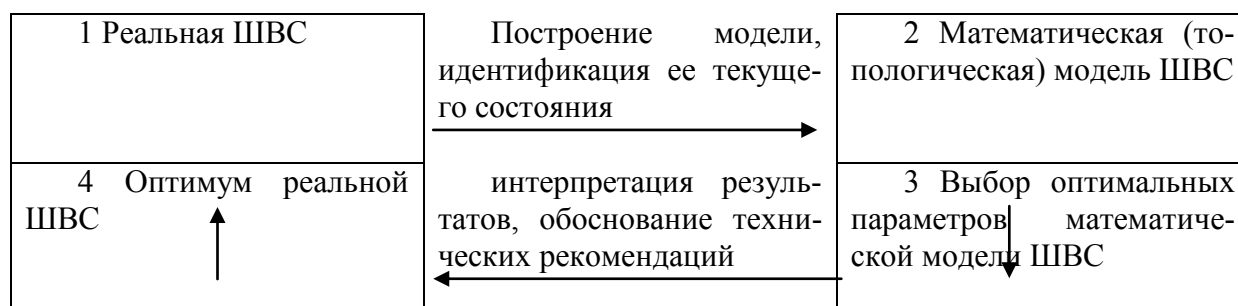


Рис. 1- Процесс оптимизации структуры и аэродинамических параметров ШВС с использованием ее математической модели на ПЭВМ.

Перенос полученных результатов на реальную ШВС (интерпретация результатов) дает возможность получить в блоке 4 новую, в необходимом понимании, по сравнению с блоком 1, ШВС, оптимальную по выбранному критерию. Обратный переход к блоку 1 отражает реализацию принятых технических решений.

Разработкой общих методологических основ ИМ в СНГ в настоящее время занимаются Московская, Киевская, Новосибирская и Санкт-Петербургская научные школы, основными представителями которых являются Н.П. Бусленко, В.М. Глушков, Г.И. Марчук, Н.Н. Моисеев, И.В. Максимей, А.А. Марков, Ю.Н. Павловский, Б.Я. Советов и др.

В сравнении с натурным экспериментом ММ имеет следующие преимущества [3, 14, 15]:

1. Экономичность.
2. Возможность моделирования ситуаций, не реализуемых в реальных условиях.
3. Возможность реализации режимов, опасных или трудновоспроизводимых в натуре.
4. Возможность изменения масштаба времени.
5. Простота многоаспектного анализа.
6. Возможность прогнозирования изменения параметров системы при разработке вариантов ее развития.

На рис.2 представлена общая структура развития теорий вентиляционных сетей, учитывающая особенности разработки ее методов, моделей, программного и технического обеспечения и их практических приложений. Эта структура достаточно объемна, поскольку современные ШВС представляют собой не только сложные топологически и параметрически структуры, но и динамически изменяющиеся объекты с зачастую неопределенными параметрами ряда элементов, что требует разработки новых, нетрадиционных, методов их исследования.

ШВС можно подразделить на объекты с рассредоточенными, сосредоточенными параметрами и неопределенными топологией и аэродинамическими параметрами, что отражено в блоке 1 рис.2. Элементы с рассредоточенными параметрами используются при моделировании аэродинамических параметров вентиляции добычного участка [16-19]. При расчетах вентиляции как системы используются, как правило, модели с сосредоточенными параметрами [16, 20-

43]. В настоящее время детально разработаны как постановки оптимизационных задач для таких систем, так и методы их решения [44-51].

Рядом авторов предложен подход к исследованию ШВС, как объекта с изменяющейся структурой, и обоснованы методы определения и контроля их аэродинамических параметров [27, 36, 45, 46, 53-59]. Наиболее распространенными являются ШВС, включающие как детерминированные элементы, так и зоны с неопределенной структурой и аэродинамическими параметрами.

Решения, полученные с использованием ММ с сосредоточенными параметрами, расходятся с оптимальными решениями, полученными на реальных ШВС, поскольку вентиляционные системы содержат зоны со слабо обусловленной структурой и аэродинамическими параметрами. Поэтому перспективным направлением развития теории ММ ШВС является развитие теории и методов расчета сетей с неопределенной структурой и параметрами, включающей определение топологии дополнительных структур, аппроксимирующих зоны ШВС со слабо обусловленной топологией, и обоснование объема минимально необходимых замеров аэродинамических параметров в элементах ШВС, обеспечивающих построение адекватной ММ ШВС для вентиляционных расчетов.

Во всех случаях, как следует из рис 2, приложения теории вентиляционных сетей предполагают использование имитационного моделирования. Только в ряде случаев структура системы уравнений, описывающих происходящий аэродинамический процесс, определена, а параметров для ее решения достаточно, необходимо лишь эту систему решить. Методы такого решения известны; но если же возникает сомнение в их правомочности и достоверности – адаптация этих методов к решению задачи несложна. Они открыты, структура процесса решения известна. Решение задач производится в соответствии с блоками 7 (для сосредоточенных параметров они могут быть даже аналитическими, т.е. допускать точное аналитическое решение), 8-11 с дальнейшим анализом функционирования системы (блок 12), формированием необходимого информационного обеспечения (блок 13) и переходом непосредственно к оптимальному синтезу ШВС (блок 24).

Если же структура и аэродинамические параметры определены только для некоторого множества элементов ШВС [54, 60-63, 65] – возникает задача определения возможности решения задачи на основе неполной информации, т.е. определения базиса элементов ШВС, структуры и аэродинамических параметров которых достаточно для ее приближенного описания. Решение соответствующей системы уравнений должно с необходимой степенью точности соответствовать результату расчетов на полной имитационной модели.

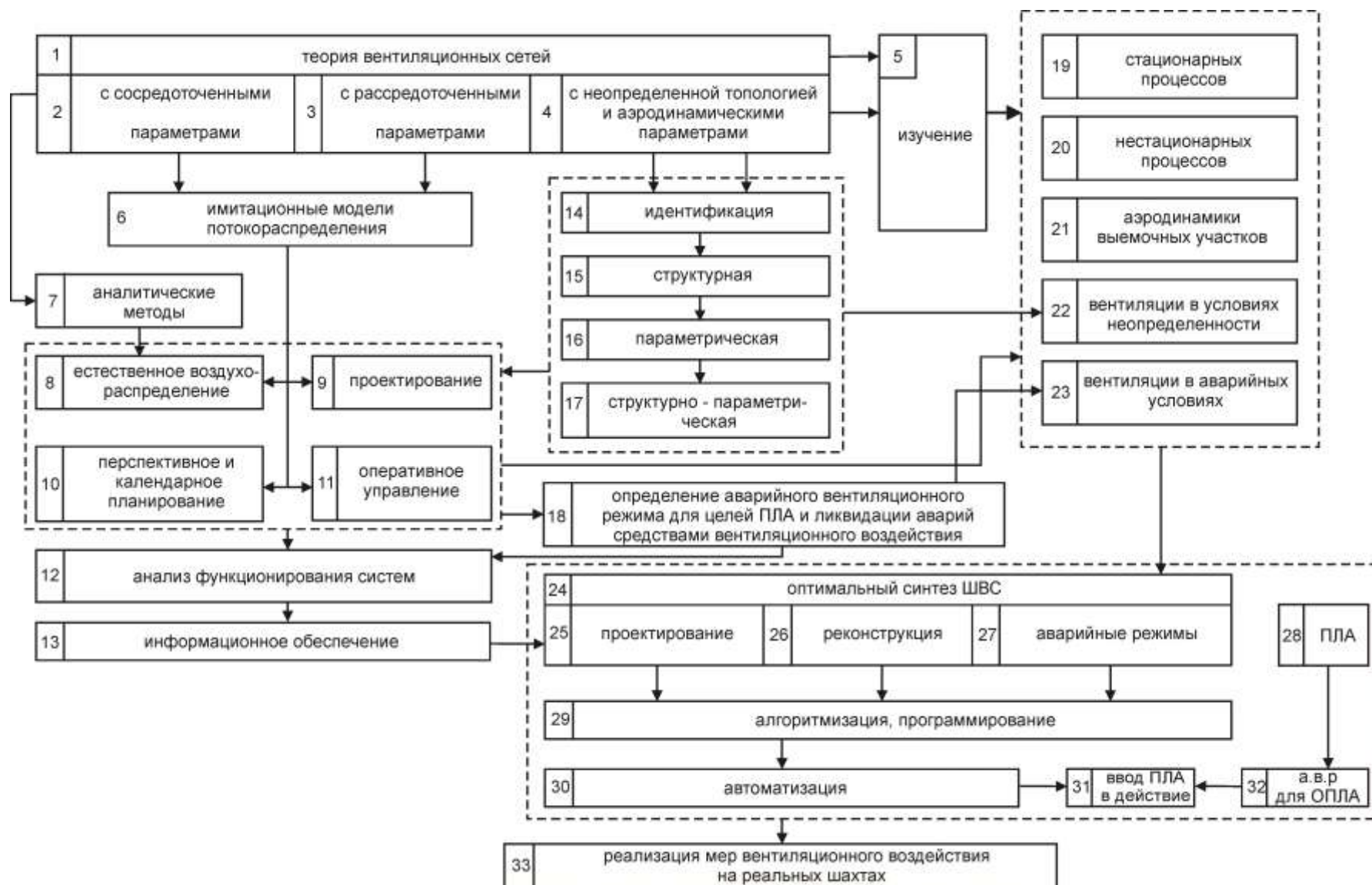


Рис.2 - Содержание и приложения теорий расчета вентиляционных сетей.

Этой цели служат методы идентификации (блок 14): структурной (блок 15), когда ставится задача определения такой упрощенной структуры ШВС, которая была бы максимально адекватной реальному объекту [67] и позволила бы решить задачу параметрической идентификации [28, 68-71] (блок 16), т.е. решить необходимые вентиляционные задачи на материале, ограниченном только имеющейся топологической структурой. Тогда на основе комплексной структурно-параметрической адекватности [67] может быть получена модель, пригодная для решения задач блоков 8-11, куда и производится переход, с дальнейшей практической реализацией результатов по описанной выше схеме.

В то же время в теории вентиляционных сетей предусмотрено не только решение задач по существующей методике и с использованием ранее разработанных методов. Целью является прежде всего изучение процессов проветривания (блок 5) [17, 72-82] для получения результатов и осуществления практических приложений (блоки 19-23). С одной стороны это – теоретическое (ситуационное или экспертное) [72, 83] моделирование на основе «чистой» теории вентиляционной сети (переход от блока 5), а с другой – использование результатов моделирования (переходы от блоков 8-11 или 18, а также от блока 17 – к блоку 22). Во всех указанных случаях дальнейшее продолжение работ приводит к блоку 24, который, в зависимости от сути задачи, дифференцируется на три направления: проектирование, реконструкцию (включающую рассматриваемое нами перспективное планирование) и расчет аварийных вентиляционных режимов, которое (переходы к блокам 28, 31 и 32) нами не рассматриваются.

Результатом работ блоков 25 и 26 являются методы оптимизации нормальных вентиляционных режимов на этапах проектирования и перспективного планирования вентиляции действующих шахт. Если результатов, полученных в ходе реализации работ блоков 9,10 достаточно – блок 29 не нужен; в противном случае должны производиться работы по алгоритмизации не предусмотренных в модели методов и их программной реализации (блок 29). В дальнейшем, если имеется такая возможность, процессы программной реализации полученных результатов автоматизируются (блок 30) (если нет – они просто реализуются пользователем в интерактивном режиме). Окончательным результатом является внедрение выбранных мер вентиляционного воздействия в практику работы горного предприятия (блок 33).

В настоящее время в мире известно значительное (порядка 550) количество различных программных систем (СИМ) для построения имитационных моделей. Самой распространенной областью применения их является разработка и оптимизация производственных систем. Наиболее часто применяемыми пакетами (симуляторами) СИМ, специализированными на моделировании производственных систем, являются Arena, AutoMod, eM-Plant, Extend, ProModel, QUEST, SIMFACTORY, Taylor ED, WITNESS и др. Детальный анализ этих работ приведен в работах [87]. Ряд пакетов разработан и используется в Украине и России. Особую роль в СИМ играют языки моделирования, которые являются мерой сравнения функциональных возможностей программ. Развитие их идет за счет расширения числа типовых блоков и разработки дополнительных функций, что не позволяет рядовому технологу принять участие в этом процессе, а, наоборот,

заставляет его всегда стремиться к освоению новшеств в используемых СИМ, что способно просто помешать выполнению им непосредственных обязанностей [84].

Необходимо создание специализированного программного обеспечения, что и видно из опыта работ, например, ДонНТУ, НИИГД и ИГТМ НАН Украины [40, 47, 86]. В этих организациях действуют оригинальные системы ИМ, предназначенные практически для решения одних и тех же задач, но построенные на различных принципах и не допускающие открытости в указанном выше смысле, что усложняет взаимный обмен опытом и оценку преимуществ и недостатков каждой из систем [87].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колмаков В.А. Новое научное направление рудничной аэрологии – комплексное управление аэрогазодинамикой шахт / В.А. Колмаков // Вопросы безопасности труда: сборник научных трудов. -Кузбасс. гос. техн. ун-т. - Кемерово: Изд-во КузГТУ, 2004. Вып. 3 - С. 7 – 13.
2. Комаров М.П. Метод расчета оптимальных сечений и депрессий горных выработок / М.П. Комаров // Вентиляция и газодинамические явления в шахтах. - Новосибирск, 1981. - С. 56-62.
3. Методологические основы совершенствования шахтной вентиляционной системы / А.Ф. Булат, И.А. Ефремов, В.Г. Илюшенко, Б.В. Бокий, Т.В. Бунько, И.Е. Кокоулин // Геотехническая механика: межвед. сб. научных трудов. – Днепропетровск, 2002. – вып. 37. - С. 23-30.
4. Мохирев Н.Н. Инженерные работы вентиляции шахт. Строительство. Реконструкция. Эксплуатация / Н.Н. Мохирев, В.В. Радько. - М.: Недра, 2007. - 325с.
5. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт: ДНАОП 1.1.30-6.09.93. - К.: Основа, 1994. - 311 с.
6. Бурчаков А.С. Проектирование шахт: учебник для вузов / А.С. Бурчаков, А.С. Малкин, М.И. Устинов. - М.: Недра, 1985. - 399 с.
7. Касимов О.И. Проектирование вентиляции и дегазации выемочных участков с высоконагруженными лавами / О.И.Касимов, Б.В. Бокий, А.В. Агафонов, А.И. Бобров // Уголь Украины. – 2004. - №12. - С. 44-46.
8. Кузнецов А.С. О применении потоковых алгоритмов для расчета воздухораспределения в вентиляционных сетях / А.С. Кузнецов, С.М. Лукин // ФТПРПИ. - 1989.-№5- С. 56-63.
9. Лысов Л.А. Расчет вентиляционных сетей при проектировании с использованием ЭВМ / А.Л. Лысов, Н.Б. Ошмянский // Борьба с пылью и вредными газами в железорудных шахтах / Под ред. А.П. Янова. - М.: Недра. - 1984. - 228 с.
10. Хоменко Н.П. Оптимальное распределение воздуха в проектируемых шахтных вентиляционных сетях / Н.П. Хоменко // Изв. вузов. Горный журнал. - 1977. - №11. - С. 72-77.
11. Цой С. Математические основы автоматизированной системы проектирования шахт. / С. Цой. - Алма-Ата: Наука КазССР, 1979. - 311 с.
12. Li Gane. Автоматическое проектирование вентиляционной системы / Li Gane, Chen Kai-yan, Nie Bai-sheng// - Liaoning gongcheng jtsu daxue xuebao=J. Liaoning Techn. Univ.- 2005. - 24, №6 - с 797-800, 3 ил. Библ. 6. Кит., рез. англ.
13. Реклейтис Г. Оптимизация в технике: В 2-х кн. Кн.1: Пер. с англ. - / Г. Реклейтис, А. Рейвиндран, К.М. Регсдел - М.: Мир, 1986.-347 с.
14. Булат А.Ф. Методология математического моделирования процессов управления шахтной вентиляционной системой в нормальном режиме функционирования и при возникновении экзогенного пожара / А.Ф. Булат, Т.В. Пономаренко, И.Е. Кокоулин // V Международная конференция по математическому моделированию (9-14 сентября 2002г., г. Херсон). – Вестник Херсонского государственного технического университета. - Херсон: ХГТУ, 2002. - Вып. 2(15) – С. 99-103.
15. Бусленко В.Н. Автоматизация имитационного моделирования сложных систем. / В.Н. Бусленко - М.: Наука, 1977. 240 с.
16. Абрамов Ф.А. Расчет вентиляционных сетей шахт и рудников / Ф.А. Абрамов, Р.Б. Тян, В.Я. Потемкин - М.: Недра, 1978. - 238 с.
17. Васенин И.М. Изменение характеристик вентиляционного потока при его реверсировании / И.М. Васенин, Д.Ю. Палеев, В.В. Вашилов // Вестн. Кузбасс. гос. техн. ун-та. - 2006. - №6. - С.11-14.
18. Каледина Н.О. Вентиляция производственных объектов. Учеб. пособие. - 3-е изд, стер. / И.О. Каледина. — М.: Изд-во МГТУ, 2007. - 194 с.
19. Трофимов В.О. Визначення режиму провітрювання гірничої виробки / В.О. Трофимов, О.Л. Кавєра // Уголь Украины. – 2009. - №5. – С. 26-28.
20. Абрамов Ф.А. Рудничная аэрогазодинамика // Ф.А. Абрамов - М.: Недра, 1972. - 274 с.
21. Абрамов Ф. А. Методы и алгоритмы централизованного контроля и управления проветриванием шахт / Ф.А. Абрамов, Р.Б. Тян - Киев: Наукова думка, 1973. — 184 с.

22. Акутин К.Г. Управление воздухораспределением в шахтной вентиляционной сети / К.Г. Акутин, Е.И. Филиппович, Л.А. Шойхет. - М.: Недра, 1977. - 128 с.
23. Бакланов А.А. Численное моделирование в рудничной аэрологии / А.А. Бакланов.- Апатиты, 1988.- 199с.
24. Бойко В.А. Основы теории расчета вентиляции шахт / В.А. Бойко, Н.Ф. Кременчуцкий. - М.: Недра, 1978. - 280 с.
25. Бокий Б.В. О формализованном инвариантном способе описания нелинейными многополюсниками зон шахтной вентиляционной сети с неопределенными структурой и аэродинамическими параметрами / Б.В. Бокий, Т.В. Бунько // Геотехническая механика: межвед. сб. научных трудов. - Днепропетровск, 2011. - Вып. 92. - С. 264-274.
27. Водяник Г.М. Компьютерное моделирование вентиляционной сети шахты, как динамического объекта / Г.М. Водяник [и др.] // Компьютерное моделирование технол. процессов и технол. горн. производства и трансп. работ / Новочеркас. гос. техн. ун-т. - Новочеркасск, 1996. - С. 71-81.
28. Евдокимов А.Г. Потокораспределение в вентиляционных сетях / А.Г. Евдокимов, В.В. Дубровский, А.Д. Тевяшов. - М.: Стройиздат, 1979. - 199 с.
29. Зеленецкий В.А. Алгоритм точного решения нелинейных задач рудничной вентиляции / В.А. Зеленецкий // Вост. н.-и. горнорудный ин-т.- Новокузнецк, 1990. - 17с. - Деп. в Черметинформации 10.08.90, №5565-ЧМ90.
30. Зинченко И.Н. Перераспределение воздуха на выемочном участке при изменении режима его проветривания / И.Н. Зинченко, М.В. Кравченко // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. — Новосибирск: Наука, 1990. - С. 125-126.
31. Зубов Р.В. О методике расчета вентиляции для прогрессивных технологических схем / Р.В. Зубов, В.И. Ганин // Науч. сообщ. ИГД им. А.А. Скочинского. - М.: 1976. - Вып.143. - С. 22-26.
32. Использование компьютерных технологий при проектировании вентиляции угольных шахт / В.И. Полтавец, А.Ф. Булат, Т.В. Бунько, И.Е. Кокоулин, А.М. Малкин. - Луганск – Днепропетровск: Норд-Пресс, 2003. - 343с.
33. Каледина Н.О. Компьютерное моделирование шахтных вентиляционных сетей / Н.О. Каледина, С.Б. Романченко. - М.: МГГУ, 2008. - 65с.
34. Клебанов Ф.С. Проблема конструирования рациональных шахтных вентиляционных сетей / Ф.С. Клебанов // Науч. сообщ. ИГД им. А.А. Скочинского. - М., 1974. - Вып.121. - С. 89-94.
35. Кравченко М.В. Проектирование вентиляционных сетей шахт на ПЭВМ / М.В. Кравченко, Н.М. Кравченко // Уголь Украины. - 2008. - №12. - С. 18-21.
36. Кравченко Н.М. Решение задач рудничной вентиляции в нормальных и аварийных условиях / Н.М. Кравченко // Уголь Украины. - 2002. - № 6. - С. 34-38.
37. Круглов Ю.В. Расчёт сложных вентиляционных сетей на ЭВМ / Ю.В. Круглов // Изв. вузов. Горный журнал. - 2004. - №2. - С.46 -49.
38. Палеев Д.Ю. Изменение характеристик вентиляционного потока в горных выработках под влиянием работы вентилятора / Д.Ю. Палеев, В.В. Вашилов // Вестн. Кузбасс. гос. техн. ун-та. - Кемерово, 2006.- №6.- С. 23-27.
39. Совершенствование вентиляции и дегазации угольных шахт / А.Ф. Булат, Е.Л. Звягильский, Б.В. Бокий, В.В. Радченко, И.А. Ященко, И.А. Ефремов, О.С. Торопчин, Т.В. Бунько, И.Е. Кокоулин, В.Г. Красник. - Днепропетровск: Норд-Пресс, 2005. - 216с.
40. Трофимов В.А. Методические указания по практическим занятиям «Моделирование шахтных вентиляционных сетей» / В.А. Трофимов, С.Б. Романченко. - Донецк: ДонНТУ, 2005. - 28с.
41. Branny Marian. Numeracalna symulacja proctsu wentylacji w wyrobiskach slepych / Marian Branny // Gor. i geoinz.- 2005, 29.- №1.- pp. 9-20.
42. Pherson M. C. Monitoring and computer station in mine Ventilation / M.C. Pherson // L. Mine Vent. Sog. S. Hfr,1972.—№ 1.- p. 148-152.
43. Zhou Xin-quart. Основы фундаментальных наук в теории шахтной вентиляции / Zhou Xin-quart, Wu Bing, Du Hong-bing.// Zhongguo kuangye daxue xuebao. Ziran kexue ban=J. China Univ. Mining and TechnoL Natur. Sci. - 2003. - 32, № 2. - с 133-137, 1 ил. Библ. 12. Кит.; рез. англ.
44. Патрушев М.А. Возможности оперативного управления в условиях действующих угольных шахт / М.А. Патрушев, Н.В. Карнаух, Е.Н. Самойленко [и др.] // Пробл. аэрологии современных горнодобывающих предприятий: тезисы докл. всесоюз. конф. - М.: МГИ, 1980. - С. 70-72.
45. Пономаренко Т. В. Метод оптимизации параметров развивающихся вентиляционных сетей / Т.В. Пономаренко // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. трудов / ИГТМ НАНУ. - Днепропетровск. - 1999. - Вып.13. - С. 84-89.
46. Пономаренко Т.В. Метод оптимизации параметров шахтной вентиляционной сети с учетом развития горных работ / Т.В. Пономаренко // Техника и технология горного производства: тезисы докл. молодых ученых и специалистов. - Днепропетровск: ДГУ, 1990. - С. 94-95.
47. Потемкин В.Я. Компьютерная технология проектирования, оперативного контроля и управления проветриванием на угольных шахтах / В.Я. Потемкин, П.Л. Лимаренко, Т.В. Пономаренко [и др.] // Сб. науч. трудов / НГАУ. - Днепропетровск. - 1999. - Вып.5. - С. 85-87.
48. Пучков Л.А. Моделирование безопасного плавного регулирования вентиляции выемочного участка шахты / Л.А. Пучков, Т.Т. Егорова, В.Н. Нестеренко // Изв. вузов. Горный журнал. - 1982. - №6. - С. 47-49.

49. Рогов Е.И. . Математические модели адаптации процессов и подсистем угольной шахты. / Е.И. Рогов , Т.И. Грицко , В.Н. Вылегжанин - Алма-Ата: Наука КазССР, 1979. - 240 с.
50. Романченко С.Б. Усовершенствованный алгоритм решения сетевой вентиляционной задачи / С.Б. Романченко, Н.М. Клебанова // Горноспасательное дело: сб. науч. тр./ НИИГД. - Донецк, 1993. - С. 65-68.
51. Тянь Р.Б. Управление проветриванием шахт. / Р.Б. Тянь, В.Я. Потемкин. - К.: Наук. думка, 1977. - 204 с.
- 53 Клебанов Ф.С. Критерии аэродинамической неустойчивости шахтной вентиляционной сети / Ф.С. Клебанов // Рудничная вентиляция и управление газовыделением. - М.: ЦНИЭИуголь, 1972. - С. 20- 25.
54. Круглов Ю.В. Разработка комбинированного метода расчета рудничных вентиляционных сетей с переменными параметрами / Ю.В. Круглов. // Стратегия и процессы освоения георесурсов: материалы ежегодной научной сессии Горного института УрО РАН по результатам НИР в 2005 г. Пермь, 6-13 апр. 2006. - Пермь: Изд-во горн. ин-та УрО РАН, 2006. - С 142-144.
55. Петров Н.Н. Исследование эволюции шахтных вентиляционных систем / Н.Н. Петров, Ю.М. Кайгородов // Автомат. упр-е в горном деле. - Новосибирск: ИГД СО АН СССР, 1984. - С. 121-126.
- 56.Савельев М.В. Метод оперативной оценки развивающихся вентиляционных сетей / М.В. Савельев, С.В. Федосеев // Изв. вузов Сев.-Кавк. регион. техн. - 2004. - №1. - С. 78-81.
57. Шницер А.В. Анализ динамики изменения вентиляционной сети / А.В. Шницер // Управление вентиляцией и газодинамическими явлениями в шахтах. - Новосибирск: ИГД СО АН СССР, 1979. - С. 71-75.
58. Штеле В.И. Имитационное моделирование развития подземных горных работ. / В.И. Штеле. - Новосибирск: Наука, 1984. - 177 с.
59. Bystron Henrik. Potencjaty aerodynamiczne oraz wyznaczanie ich pól w sieciach wentylacyjnych, podsieciach i rejonach / Henrik Bystron // Arch. Mining Sci.— 1999.— 44, № 1.— С. 23-69.— Пол.; рез. англ.
60. Акутин К.Г. Методы кодирования информации о топологии сетевых систем / К.Г. Акутин, Е.И. Филиппович, Л.А. Шойхет // Теория организации систем. - 1969. - Вып. 3. - С. 29-36.
61. Булат А.Ф. Структурная идентификация шахтной вентиляционной сети / А.Ф. Булат, Т.В. Бунько, И.Е. Кокоулин // Уголь Украины. - 2004. - № 1. - С. 31-35.
62. Бунько Т.В. Закономерности, связывающие структуру и аэродинамические параметры шахтной вентиляционной сети / Т.В. Бунько // Геотехническая механика: межвед. сб. научных трудов. - Днепропетровск, 2002. - Вып. 36. - С. 15-22.
63. Бунько Т.В. Основные положения структурной идентификации вентиляционной сети и ее применение при анализе вентиляции шахты им. А.Ф. Засядько / Т.В. Бунько // Геотехническая механика: межвед. сб. научных трудов. - Днепропетровск, 2002. - Вып. 35. - С. 122-128.
65. Cheng Lei. Assessment index structure of mine ventilation system and application / Cheng Lei, Yang Yun-liang, Xiong Ya-xuan// I China Univ. Mining and Technol.- 2005. 15, №2.- с 135-140.- 1 ил, табл. 1. Библ. 4. Англ.
66. Концепция безопасности: формирование или пересмотр? / А.Ф. Булат, Т.В. Бунько, И.Е. Кокоулин, И.А. Ященко, Н.Б. Левкин, Н.С. Кузьменко // Уголь Украины. - 2004. - № 10. - С. 53-55.
67. Бунько Т.В. Критерии адекватности математических моделей вентиляционных сетей угольных шахт с неопределенной структурой и аэродинамическими параметрами / Т.В. Бунько // Геотехническая механика: межвед. сб. научных трудов. - Днепропетровск, 2005. - Вып. 59. - С. 176-183.
- 68 Аскеров А.А. К вопросу определения аэродинамических параметров вентиляционных систем действующих шахт / А.А. Аскеров. - Днепропетровск, 1982. - 6с. - Деп. в ВИНТИ 25.01.82, № 162-82 ДЕП.
69. Бунько Т.В. Метод идентификации вентиляционных сетей с неопределенными аэродинамическими параметрами / Т.В. Бунько // Геотехническая механика: межвед. сб. научных трудов. - Днепропетровск, 2005. - Вып. 57. - С. 233-238.
70. Евдокимов А.Г. Минимизация функций и ее приложение к задачам автоматизированного управления инженерными сетями / А.Г. Евдокимов - Харьков: Вища школа, Изд-во при Харьк. ун-те, 1985. - 288 с.
71. Фурасов В.Д. Задачи гарантированной идентификации / В.Д. Фурасов. - СПб: Бином. Лаборатория знаний, 2005 - 348с.
72. Абрамов М.В. Использование экспертных систем для анализа, прогнозирования и выработки мероприятий по повышению надежности шахтных вентиляционных сетей подземных горных предприятий / М.В. Абрамов, В.М. Шек. // Горн. инф.-анал. бюл. Моск. гос. горн. ун-та. - 2002.- № 7. - С. 172-173.
73. Абрамов Ф. А. Моделирование динамических процессов рудничной аэрологии / Ф.А. Абрамов, Л.П. Фельдман, В.А. Святный. — Киев: Наук. думка: 1981. — 282 с.
74. Ефремов И.А. О целесообразности применения схем прямоточного проветривания / И.А. Ефремов, Б.В. Бокий, С.Г. Ирисов // Уголь. - 2000. - №1. - С. 34.
75. Занин Н.Т. Нетрадиционные меры ликвидации узких мест в схемах вентиляции / Н.Т. Занин // Уголь. - 2001. - №8. - С. 34.
76. Лойко Н.П. Оценка устойчивости вентиляционных струй в реверсивном режиме проветривания / Н.П. Лойко // Уголь Украины. - 1989. - №3 - С. 38-39.
77. Носков В.Ф. Рудничная аэрология. Аэрология горных предприятий: учебное пособие / В.Ф. Носков, В.Г. Мерзляков, В.С. Зубович. - М.: МГГУ, 2008. - 102 с.
78. Ушаков В.К. Математическое моделирование надежности и эффективности шахтных вентиляционных систем / В.К. Ушаков. - М.: Изд. МГГУ, 2003. - 181с.
79. Li Tie-lei. Влияние аэродинамического старения горных выработок на сопротивление вентиляционной

сети / Li Tie-lei, Chen Kai-yan, Chen Fa-ming // - Zhongguo kuangye daxue xuebao=J. China Univ. Mining and Technol. - 2001. - 30. № 3 с. 277-280, 8 ил., табл. 2. Библ. 2 Кит.; рез. англ.

80. Wang Shu-gang. Математическая модель вентиляционной сети для обычных и аварийных условий / Wang Shu-gang, Wang Ji-ren, Hong Lin. // Liaoning gongcheng jishu daxue xuebao=J. Liaoning Techn. Univ.- 2003. - 22 - №4, с 436-438, 2 ил., табл. 2. Библ. 7. Кит.; рез. англ.

81. Zhang Jianhua. Количественный анализ надежности вентиляционной сети / Zhang Jianhua, Chen Chang-hua// Heilongjiang keji xueyuan xuebao=J. Heilongjiang Inst. Sci. and Technol. - 2006. - 16, №1.- с 12-15, 3 ил. Библ. 5. Кит.; рез. англ.

82. Zhou Li-hong. Принцип и производство расчета сопротивления прямым замером количества воздуха / Zhou Li-hong, Lu Jun, Liu Xiao-jun.// - Xi'an keji xueyuan xuebao=J. Xi'an Univ. Sci. and Technol.- 2004. - 24, №2. - с 148-150, 165, 2 ил., табл. 3. Библ. 3. Кит.; рез. англ.

83. К вопросу экспертной оценки вентиляционных систем при отсутствии полной информации об их состоянии / А.Ф. Булат, Т.В. Бунько, И.Е. Кокоулин, О.С. Торопчин, Ю.Д. Беликов. // Геотехническая механика: межвед. сб. научных трудов. – Днепропетровск, 2003. – вып. 46. - С. 3-9.

84. Павловский Ю.Н. Имитационные модели и системы. / Ю.Н. Павловский. - М.: ФАЗИС: ВЦ РАН, 2000. 134 с

85. Кравченко М.В. Опыт внедрения программного комплекса "Вентиляция шахт" / М.В. Кравченко, Н.М. Кравченко // Уголь Украины. - 2003. - № 2. - С. 26-28.

86. Осинцев В.В. Программный комплекс (САПР-ВС) для расчета и проектирования сложных вентиляционных систем подземных рудников / В.В. Осинцев, А.Д. Вассерман, С.А. Козырев.// Труды 8 Международного симпозиума "Горное дело в Арктике", Апатиты, 20-23 июня, 2005. – СПб: Иван Федоров, 2005. – С. 172-179.

87 Прицкер А. Введение в имитационное моделирование и язык СЛАМ II: Пер. с англ. / А. Прицкер.. – М.: Мир, 1987.- 646с.

87. Бунько Т.В. Опыт внедрения компьютерной технологии организации проветривания на угольных шахтах Украины / Т.В. Бунько, И.А. Ефремов, И.Е. Кокоулин // Геотехническая механика: межвед. сб. научных трудов. – Днепропетровск, 2003. – Вып. 41. - С. 228-234.

УДК 622.234.5(088.8)

Инженер А.С. Крышнёв
(ГП «Дзержинскуголь»)

РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ВИБРАТОРОВ ПРИ ВИБРАЦИОННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА УГОЛЬНЫЙ ПЛАСТ ЧЕРЕЗ ВМЕЩАЮЩИЕ ПОРОДЫ

Представлено результати лабораторних досліджень системи гідравлічних вібраторів при вібраційній дії на вугільний пласт через вміщуючі породи. Встановлено основні параметри процесу дії – амплітуда та частота імпульсу.

RESULTS OF LABORATORY STUDIES VIBRATORS HYDRAULIC SYSTEM PARAMETERS UNDER VIBRATIONS INFLUENCE ON THE COALBED THROUGH HOST ROCKS

The results of laboratory studies vibrators hydraulic system under vibrations influence on the coalbed through host rocks. The basic parameters of the process of influence - the amplitude and frequency of the pulse.

Исследование характеристик работы систем вибраторов проводилось на лабораторном стенде в соответствии с разработанной и утвержденной методикой испытаний.

Основными задачами лабораторных исследований являются:

1) выбор наиболее приемлемой конструктивной схемы системы гидравлических вибраторов для установления параметров вибрационного воздействия на