

*к.т.н. Фесенко Н.С.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

ПЕРСПЕКТИВЫ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОВЕТРИВАНИЕМ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Розглянуто причини незадовільного стану автоматизації керування шахтним провітрюванням, запропоновані шляхи розвитку систем автоматизованого керування вентиляцією вугільних шахт.

***Ключові слова:** провітрювання шахт, керування, автоматизація, метановиділення, ефективність.*

Рассмотрены причины неудовлетворительного состояния автоматизации управления шахтным проветриванием, предложены пути развития систем автоматизированного управления вентиляцией угольных шахт.

***Ключевые слова:** проветривание шахт, управление, автоматизация, метановыделение, эффективность.*

Проблема и ее связь с научными и задачами. Рост уровня механизации и автоматизации процессов угледобычи происходящий во всем мире закономерен. Он составляет основу современного этапа технического прогресса. Однако факт отсутствия значимых положительных результатов от его реализации, особенно в отечественной угольной промышленности, зачастую сводит на нет все преимущества такого прогресса. Практика показывает, что реальные последствия внедрения нового поколения оборудования очень часто не оправдывают возлагаемых на него надежд. Объясняется это существованием определенного разрыва между техническим уровнем оборудования и применяемыми методами управления технологическими процессами [1].

Данная проблема весьма актуальна в отечественной угольной промышленности для систем вентиляции в связи с нарастающей их сложностью как объектов автоматизированного управления. Она проявляется в возрастающей глубине горных работ, повышении газонасыщенности и выбросоопасности отрабатываемых угольных пластов, удароопасности разрабатываемого горного массива. Особо осложняет управление проветриванием шахты наличие мелкоамплитудных геоло-

гических нарушений. В зонах влияния этих нарушений происходит около 90 % всех выбросов угля и газа [4]. Уголь в указанных зонах, как правило, отличается аномально низкой газопроницаемостью. Поэтому почти все противовыбросные мероприятия в них, за исключением надработки или подработки пласта, оказываются малоэффективными.

Анализ исследований и публикаций. Решением проблемы эффективного управления проветриванием шахт занимаются ученые Украины, России, Германии, Великобритании, США, Китая и многих других стран мира уже не одно десятилетие, однако эта проблема остается не решенной до конца и по сей день [1-3]. Анализ количества публикаций посвященных этой проблеме показывает ее актуальность и важность, особенно с учетом возрастающего количества аварийных ситуаций по вине вентиляции на шахтах Украины, России, Китая и т.д.

Постановка задачи. Неравномерность газовыделения в зонах мелкоамплитудной нарушенности всегда повышена, а баланс газовыделения из пласта неустойчив. Кроме того, аэрогазодинамические процессы не являются детерминированными, им в зависимости от горно-геологических и горнотехнических условий присуща более или менее высокая степень случайности. Проявляется это в том, что параметры пространственно-временной реализации аэрогазодинамических процессов, как и параметры, их интенсивности, подчиняются статистическим закономерностям, причем при нормальных условиях эксплуатации выемочного участка эти параметры характеризуются некоторой определенностью.

Примечательно, что случайность параметров интенсивности аэрогазодинамических процессов не затушевывает, а часто акцентирует определенную ритмическую их структуру, проявляющуюся в закономерном повторении и чередовании отдельных их стадий, которые придают каждому из процессов завершенность, даже без обязательного строгого их повторения. Наличие ритмической структуры наглядно проявляется, например, в регистрограммах содержания газа в исходящих струях выемочных участков, где появление всплесков содержания газа приурочено, как правило, к периодам выемки угля [2].

Внутриуровневая взаимосвязанность аэрогазодинамических процессов проявляется в виде взаимной коррелированности соизмеримых по темпу реализации аэрогазодинамических процессов разной физической природы. Эта взаимокоррелированность проявляется, на статической эмиссии, газовыделения из забоя и затрат энергии на проветривание. Эта взаимокоррелированность полезна тем, что позволяет осуществлять многоканальную идентификацию свойств взаимодействующих горнотехнических элементов.

Межуровневая взаимосвязанность аэрогазодинамических процессов проявляется во взаимокоррелированности несоизмеримых по темпу реализации процессов идентичной физической природы. Подобная взаимокоррелированность характерна, например, для геомеханических процессов и проявляется во взаимосвязи разномасштабных параметров, а именно в ней проявляется причина акцентирования выбросоопасных свойств угольного пласта в периоды осадок основной кровли. В межуровневой взаимосвязанности горнотехнологических процессов наиболее наглядно проявляется их целостность.

Все выше перечисленное приводит к тому, что качество управления аэрогазодинамическими процессами в вентиляционной системе является ограничивающим фактором, сдерживающим рост добычи угля и снижающим безопасность работ. Объективными причинами такого состояния является сложность вентиляционных систем шахты как объектов управления. Характерными особенностями таких систем являются нелинейность, многомерность, многосвязность, протекание сложных одновременных переходных процессов, возникновение критических и хаотичных режимов. Проблемы эффективного и безопасного управления такими динамическими макросистемами являются очень актуальными и сложными и практически недоступными для существующих в этой сфере методов автоматизированного управления.

Изложение материала и его результаты. Современные системы управления проветриванием, как правило, проектируют в упрощенном линейаризованном виде, а такие системы адекватны лишь при незначительных отклонениях от стационарного режима. Математические модели, применяемые в подобных системах управления применимы лишь для узкого круга объектов, поскольку например процессы метановыделения имеют разную зависимость и определяются большим количеством факторов. В прямоточной схеме проветривания участка при увеличении скорости воздуха наблюдается резкое увеличение концентрации метана в исходящей струе, а затем ее постепенное снижение. При возвратноточной схеме, наоборот постепенное увеличение концентрации за счет «вымывания» метана из выработанного пространства. Также отличаются распределение концентрации в прилегающих выработках, при возвратноточной схеме проветривания распределение содержания метана в при забойном пространстве имеет вид представленный на рисунке 1.а, а при прямоточной на рисунке 1.б, где C – концентрация метана в исходящей струе, а I – относительное расстояние от забоя [3]. Из рисунка видно, что характеристики практически обратно пропорциональные, следовательно процедура определения места установки датчиков по критерию максимального информационного обеспечения, формула (1) должна учитывать эти зависимости.

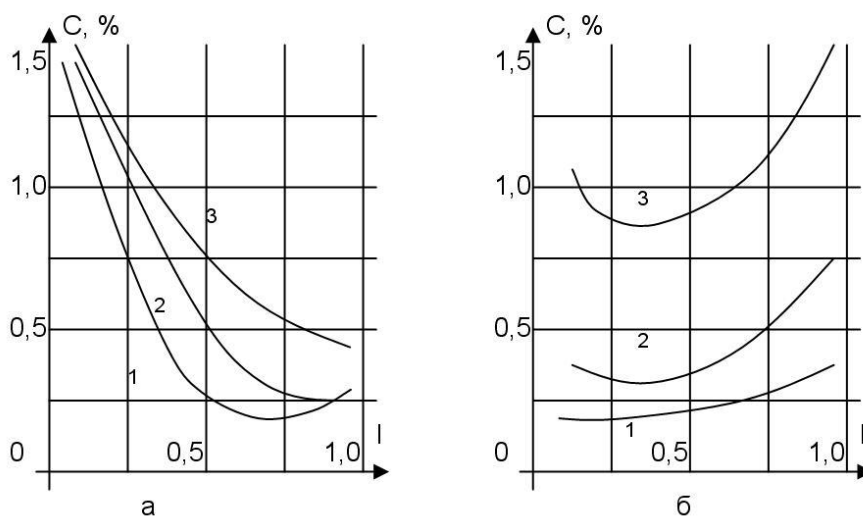


Рисунок 1 – Распределение содержание метана в призабойном пространстве лавы а) при возвратной схеме проветривания; б) при прямоточной схеме проветривания

Условие максимального информационного обеспечения можно представить в виде:

$$\frac{|X_i|}{\sigma_{ni}} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где $|X|$ – контролируемый параметр;
 σ_{ni} – помеха.

В соответствии с этим критерием можно определять места и количество датчиков обеспечивающих необходимый уровень информативности. Данные такого анализа для шахты им. Артема представлены в таблице 1.

Из таблицы видно, что наиболее информативное по газу место в выработке находится в 50 м от забоя. Поэтому газоизмерительную аппаратуру для контроля выбросоопасности забоя следует поддерживать от забоя на расстоянии 40-80 м.

Места локализаций наибольшей информативности являются индивидуальной характеристикой каждой выработки. Например, в условиях бремсберга пласта k^H_2 шахты "Перевальская", проводимого путем выемки угля выбуриванием и последующим применением взрывных работ по породе, идентичными приемами было установлено, что наиболее информативное по содержанию газа место находится на расстоянии 15 м от забоя.

Таблица 1 – Распределение содержания газа по длине выработки

Содержание газа, % CH ₄	Расстояние от забоя, м						
	10	30	50	70	100	140	170
До выемки	0,16	0,17	0,25	0,26	0,34	0,37	0,41
В период выемки	0,31	0,38	0,62	0,58	0,59	0,60	0,60
Превышение	0,17	0,22	0,39	0,32	0,28	0,25	0,21

Указанная индивидуальность горных выработок по локализации мест наибольшей информативности формируется спецификой диффузионных процессов и определяется такими параметрами, как скорость движения воздуха, вид крепления выработки, размер ее сечения, угол наклона и характер источника газовыделения. Выявление мест локализации наиболее информативных областей, по-видимому, идентично выявлению потенциально возможной области слоевых скоплений. Поэтому установка "противослоевых" датчиков метана в 20 м от забоев выработок, регламентируемая Правилами безопасности, в среднем верна, но в рамках каждой конкретной выработки может оказаться неоправданной.

Неполнота описания аэрогазодинамических процессов аналитическими моделями формируется потому, что законы сохранения, на которых базируются аналитические модели, справедливы только для изолированных систем. Именно поэтому в результате анализа аналитических моделей получаются решения, описывающие аэрогазодинамические процессы абсолютно детерминированным образом, что во многом не соответствует действительности.

В экстремальных ситуациях возникают значительные отклонения, и даже инверсные режимы, которые вызывают неадекватную работу систем управления и могут привести к развитию аварий. В вентиляционных системах существуют значительные возмущения в виде утечек, значительных неконтролируемых выбросов метана, нарушений структуры вентиляционных сетей из-за обвалов, пожаров и т.д., которые приводят к нестационарным режимам всей системы.

Одним из направлений улучшения данной ситуации многими исследователями, предлагается комплексная дегазация месторождения, в том числе и посредством каптирования метана, однако, промышленная добыча метана в условиях сложного геологического строения пластов экономически не всегда оправдана. Например, в северной части Донец-

кого бассейна угленосные толщи перекрыты мезозойскими отложениями, насыщенными метаном. Здесь в угольных пластах фактически нет зоны газового выветривания, и дегазация их весьма затруднена. Поэтому за последние годы объем метана полученного из дегазационных систем уменьшился с 590 до 230 млн. м³, его концентрация в смеси капируемой из скважин составляет 10 – 25%, это привело к снижению количества шахт использующих дегазацию с 86 до 46. В свою очередь исследования, проводимые учеными многих стран мира показывают, что наибольшую эффективность работы по извлечению метана дают, при четком пространственном и временном согласовании с работами по извлечению угля.

Поэтому выход из данной ситуации заключается не просто в последовательной реализации проектов автоматизации технологических процессов на угольном предприятии, а автоматизации, реализующей обобщающую концепцию управления проветриванием, в рамках которой технологическое оборудование, горный массив и аппаратура управления рассматривались бы во взаимодействии как единое целое с системных позиций. Надо сказать, что системный анализ применяется для проектирования горных объектов давно. В сущности, он всегда отсекает варианты тех решений, которые не позволяют достичь поставленную при проектировании цель, или тех, которые достигают её, но заведомо недостаточно эффективным образом. Необходимость и актуальность именно такого рассмотрения указанной ситуации определяется следующими причинами.

Во-первых, функционирование средств автоматизации технологических процессов всегда осуществляется на информационной основе, которая обязана не просто отражать ход реализации технологических процессов, но и согласовываться с ним. Информационные процессы в подсистемах автоматизации, по существу, моделируют ход технологических процессов, поэтому без знания закономерностей реализации технологических процессов "автоматизировать" их бессмысленно.

Во-вторых, имеющийся опыт привнесения элементов автоматизации в процессы контроля и управления технологией свидетельствует о настоятельной необходимости как технического, так и функционального согласования подсистем автоматизации. А поскольку информационные процессы в этих подсистемах отражают ход реализации технологических процессов, то по существу речь идет о необходимости первоочередной разработки ясной технологической концепции системного контроля, анализа и управления этими процессами. Наличие такой концепции даст возможность не только осознанно подойти к вопросам технологического и функционального согласования разрабатываемых под-

систем автоматизации, но и унифицировать само их построение, алгоритмы их функционирования.

И третье, – только при наличии такой обобщающей концепции управления можно надеяться на обеспечение гармонической соразмерности разрабатываемых подсистем автоматизации и функционирования горного объекта.

Лишь с реализацией данного подхода можно связывать получение значимых результатов от автоматизации технологических процессов, так как вне его любые попытки автоматизации технологических процессов будут связаны с субъективным навязыванием системе управления желаемых режимов функционирования, которые в зависимости от степени согласования их с указанной системой на практике будут либо отвергаться ею вообще, либо реализовываться с некоторым компромиссом.

Выводы. Таким образом, благодаря современному уровню развития вычислительной, микроконтроллерной и информационно-измерительной техники возникает необходимость постановки и решение сложной проблемы – разработка концепции автоматизированного управления проветриванием шахт, а в рамках этой концепции методов и систем автоматизированного управления, которые учитывают структурную сложность в форме многомерности, многосвязности и параметрической неопределенности, многорежимность функционирования, значительную нелинейность свойств объектов и которые обеспечат эффективное и безопасное управления аэрогазодинамическими процессами шахты.

Библиографический список

1. Бурчаков А.С. Влияние горной науки на изменение качественных и количественных характеристик шахты. В кн. "Комплексное освоение месторождений твердых полезных ископаемых". – М., 1991. – № 1. – С. 10 – 15.

2. Пучков Л.А., Аюров В.Д. Синергетика горнотехнологических процессов. – 2-е изд., стер. – М.: Из-во МГГУ, 2004. – 264 с.

3. Пучков Л.А., Бахвалов Л.А. Методы и алгоритмы автоматического управления проветриванием угольных шахт. - М.: Недра, 1992. – 399с.

4. Горное дело. Энциклопедический справочник. Т. 6 Рудничная атмосфера и вентиляция. Борьба с пылью, газами и пожарами. Горноспасательное дело. – М.: Углетехиздат, 1959. – 375 с.

Рекомендовано к печати д.э.н., проф. Акмаевым А.И.