

УДК 681.5: 622.451

И.В. Шелудько, О.Ю. ЧередниковаДонецкий национальный технический университет, г. Донецк
кафедра компьютерной инженерии**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ОПТИМАЛЬНОГО ПО
БЫСТРОДЕЙСТВИЮ
УПРАВЛЕНИЯ ПРОВЕТРИВАНИЕМ ШАХТНЫХ ВЫЕМОЧНЫХ
УЧАСТКОВ***Аннотация*

Шелудько И.В., Чередникова О.Ю. Разработка алгоритмов оптимального по быстродействию управления проветриванием шахтных выемочных участков. Разработан алгоритм безопасного оптимального по быстродействию управления и модель системы управления проветриванием шахтных выемочных участков. На основе данной модели проведен анализ системы при различных входных параметрах

Ключевые слова: модель, алгоритм, система управления, проветривание, концентрация метана, поток воздуха.

Постановка проблемы. Опасность превышения допустимой концентрации метана на шахтных выемочных участка является одной из важнейших проблем взрывоопасных шахт. Таким образом, возникает необходимость в разработке системы, контролирующей допустимый уровень метана и позволяющей управлять потоком воздуха, необходимым для разбавления концентрации метана. Управление потоком воздуха происходит путем управлением заслонкой шибера. Предполагается, что диспетчер задает желаемый расход воздуха, и данная система управления его обрабатывает с ограничением концентрации метана на допустимом уровне.

Анализ литературы. В настоящее время наибольшее практическое применение на шахтах Донбасса нашла микропроцессорная система автоматизированного контроля параметров рудничной атмосферы МакНИИ (комплекс аэрогазовый информационный - КАГИ) [1,2]. В Донбассе участки автоматизированного газового контроля (АГК) шахт третьей и выше категории полностью оснащены этими системами. Достоинством аппаратно-программных средств КАГИ является его модульная структура и широкие возможности ее адаптации к различным структурам аппаратных средств сбора первичной информации. Алгоритмически средства КАГИ обладают свойством открытости и функциональной расширяемости, что позволяет легко расширять функциональные возможности КАГИ, в том числе использовать контроль подсистемы вентиляции КАГИ для программной поддержки автоматизированного диспетчерского управления проветриванием выемочных участков. Еще одна система управления, которая в настоящее время активно внедряется в угольной отрасли – унифицированная телекоммуникационная

автоматизированная система (УТАС)[3]. Данная система предназначена для обеспечения комплексной безопасности шахт путем контроля и управления параметрами машины окружающей среды в горных выработках шахты автоматизированного управления машинами и технологическими комплексами, а также передачи данных о состоянии атмосферы выработок диспетчеру на поверхность. Однако данная система не предполагает управление проветриванием участков. Поэтому разработанные алгоритмы предполагается внедрять в систему КАГИ.

Цель статьи – разработать алгоритмы оптимального по быстродействию безопасного управления проветриванием выемочных участков, а также исследование этих алгоритмов для различных состояний участка.

Постановка задачи исследования. Целью регулирования является отработка оптимальным по быстродействию образом заданного (желаемого) расхода воздуха $G_{жс}$ и расчетного штатного режима по концентрации метана, т.е. установление концентрации метана на номинальном уровне ($k_{жс}=0$) при наличии возмущающего воздействия по газу. При этом для обеспечения безопасных условий работы шахтеров концентрация метана при наличии на участке необходимых вентиляционных ресурсов в процессе управления не должна превышать некоторого допустимого расчетного уровня ($k_{дон}$).

Для описания и анализа динамики процессов управления на выемочном участке воспользуемся приближенной математической моделью процессов газовой выделенности из выработанного пространства и изменения концентрации метана в исходящей струе участка [4]:

$$\frac{dq_{\theta}}{dt} + \frac{1}{T_{\theta}} q_{\theta} = mU; \quad k = \theta_l q_l + \theta_{\theta} q_{\theta} - G;$$

$$\frac{dG}{dt} = u; \quad G(t) = G_3(t) + G_{\theta}(t),$$

где T_{θ} , m , θ_{θ} , θ_l – газодинамические параметры участка, q_{θ} , q_l – относительный дебит метана из выработанного пространства и лавы, U – функция, задающая желаемую скорость изменения расхода воздуха на участке, принятая в системе регулирования в качестве управляющего воздействия; G_3 – заданное значение дебита воздуха на участке; G_{θ} – возмущения по воздуху, G – относительный расход воздуха; k – относительная концентрация метана на участке.

Будем предполагать, что в номинальном режиме абсолютное значение концентрации метана $C_{шт} = 0.75\%$, т.е. поддерживается на 25% меньше предельно допустимого значения концентрации метана, равного $C_{дон} = 1\%$. Таким образом, в процессе безопасного регулирования расхода воздуха предельно допустимое относительное приращение концентрации метана определяется уровнем $k_{дон} = (1\% - 0.75\%) / 0.75\% = 0.33$.

Решение задач и результаты исследований. Оптимальный по быстродействию алгоритм управления сводится к определению точки реверса управляющего воздействия в плоскости $(G-k)$. Методом попятного движения были получены уравнения движения изображающей точки системы в плоскости наблюдаемых переменных $(G-k)$ состояния. Тогда управляющее воздействие необходимо принять: $u = U_m \cdot \text{sign}(k_{\phi n})$,

где $k_{\phi n} = (k - k_{\text{лн}})$ – функция переключения знака управления; $k_{\text{лн}}$ – уравнение линии переключения знака управления в плоскости $(G-k)$;

$$k_{\text{лн}}(G) = \begin{cases} \theta_g \cdot m \cdot \overline{U_m} (e^{(G-G_{\text{жс}})/\overline{U_m}} - 1) - G, & \text{при } G > G_{\text{жс}} \\ \theta_g \cdot m \cdot \overline{U_m} (1 - e^{-(G-G_{\text{жс}})/\overline{U_m}}) - G, & \text{при } G < G_{\text{жс}} \end{cases}$$

где $\overline{U_m} = T_g \cdot U_m$;

При реализации безопасного алгоритма управления проветриванием концентрация метана не должна превышать допустимый уровень $k_{\text{дон}} = 0.33$. В силу этого при достижении предельно допустимого уровня концентрации метана алгоритм оптимального по быстродействию управления должен трансформироваться таким образом, чтобы изображающая точка, попав в зону допустимых значений концентрации метана, «скользила» вдоль линии допустимого уровня $k = k_{\text{дон}}$, продолжая свое движение к линии переключения, по которой оптимальным по быстродействию образом возможна отработка конечного состояния. Для реализации движения изображающей точки к линии переключения вдоль ограничивающей прямой $k = k_{\text{дон}}$ наиболее предпочтительным является колебательный релейный режим управления

$\overline{U} = \pm \overline{U_m}$. Для реализации такого режима управления переключение знака управляющего воздействия (для задания порога переключения релейного управления) введем две линии переключения: верхнюю $k_g = k_{\text{дон}}$ и параллельную ей линию нижнего уровня $k_n = k_{\text{дон}} - \Delta k$. Очевидно, что в этом случае в процессе отработки $G = G_{\text{жс}}$ изображающая точка в среднем будет двигаться вокруг среднего уровня $k_{\text{ср}} = (k_{\text{дон}} - k_n) / 2$, который в автоколебательном режиме будет выступать как задающее значение концентрации метана. Отметим, что при достаточно малом значении $\Delta k = k_{\text{дон}} - k_n$ уровни $k_{\text{ср}}$ и $k_{\text{дон}}$ практически будут совпадать, что обеспечит скольжение изображающей точки вблизи $k_{\text{ср}} \approx k_{\text{дон}}$ ($k_{\text{ср}} < k_{\text{дон}}$) при регулировании расхода воздуха.

На рис.1 – 2 показаны некоторые типовые режимы при управлении в условиях выемочного участка со следующими газодинамическими параметрами: $T_g = 30 \text{ мин.}$, $m = 2$, $\theta_g = 0.8$.

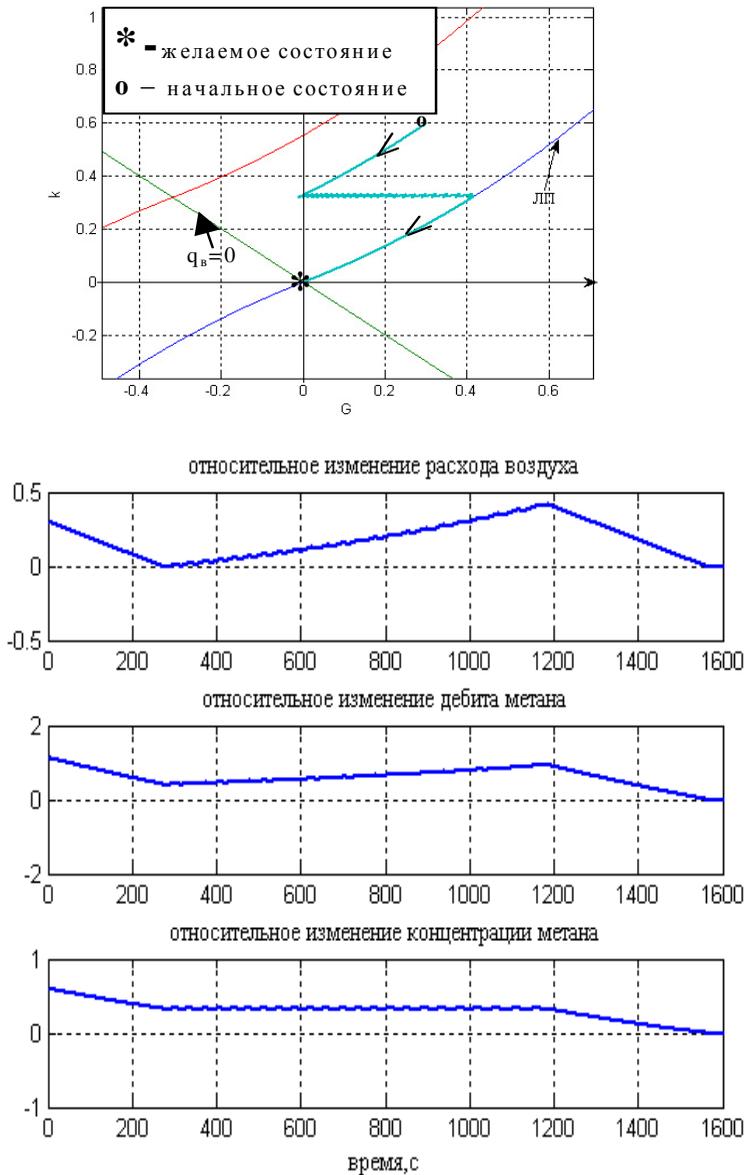


Рисунок 1 - Процессы оптимального управления при минимизации времени «разгазирования» участка до расчетного безопасного уровня концентрации метана

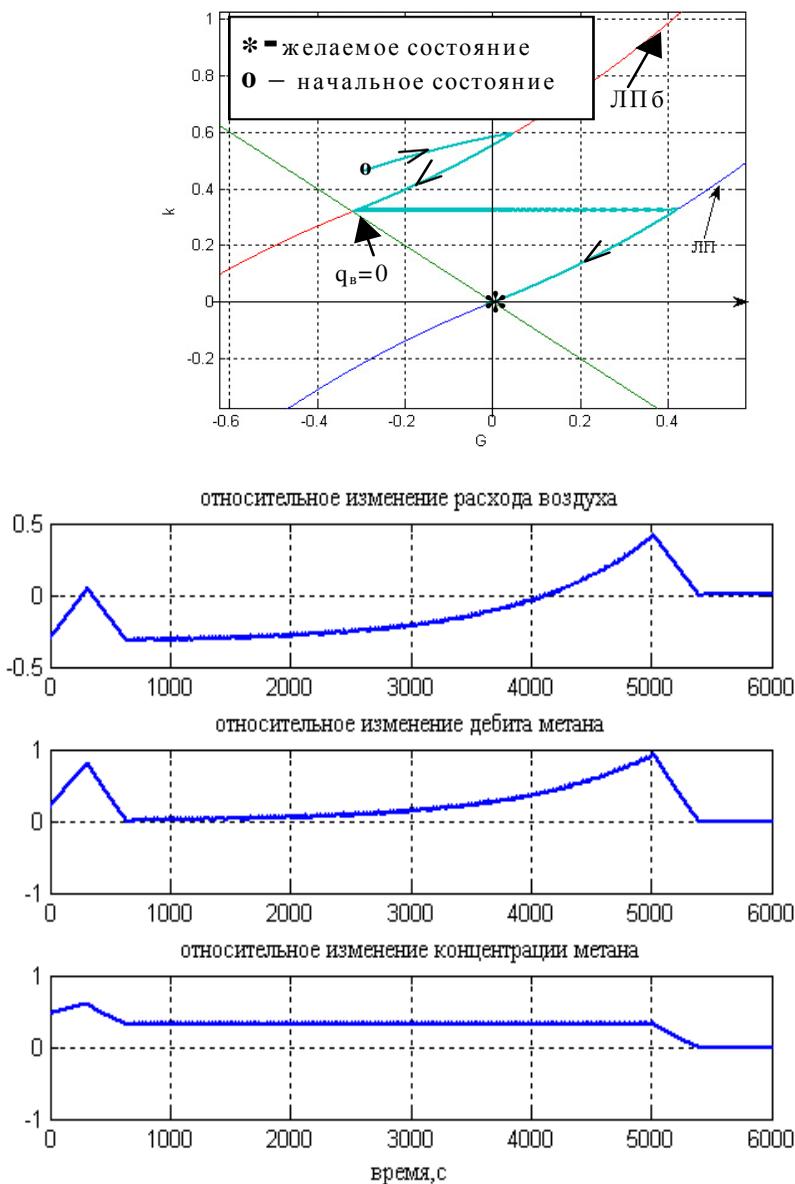


Рисунок 2 - Процессы управления при оптимальном по быстродействию «разгазировании» участка и с последующим переводом участка в расчетное желаемое состояние ($k_{жс}=0$, $G_{жс}=0$) при возмущении по газу ($q_{г}(0) \neq 0$)

На рисунке 1 показаны процессы управления при «разгазировании» участка, т.е. при оптимальном по быстродействию управлении с целью снижения концентрации метана до безопасного уровня. При этом время разгазирования не превышает 200с., что составляет примерно 10% от общего времени уменьшения концентрации метана до расчетного уровня.

На рисунке 2 показаны процессы управления при оптимальном по быстродействию уменьшении концентрации метана до расчетного допустимого уровня и последующим переводом участка в желаемое состояние ($k_{жс}=0$, $G_{жс}=0$) с использованием скользящего алгоритма управления. Время регулирования в этом случае существенно больше. При этом только в течение 20 минут переходной процесс протекает при оптимальном релейном управлении $\pm U_m$, а основную часть времени (около 80 минут) система работает в скользящем режиме, в течение которого расход воздуха G увеличивается от исходного уровня (-0.3) до конечного значения ($+0.4$). На последнем отрезке фазовых траекторий (на линии переключения) при $U=-U_m$ отработка заданного желаемого дебита воздуха осуществляется в течение 5 мин.

Выводы. Был разработан алгоритм оптимального по быстродействию безопасного управления проветриванием выемочных участков. Исследования разработанного алгоритма показали существенно меньшее время регулирования по сравнению со способом управления, который используется на современных шахтах. Дальнейшая работа связана с внедрением данного алгоритма в систему КАГИ.

Список литературы

1. Расширение функциональных возможностей комплекса аэрогазового информационного – КАГИ/ [Ю.А.Иванов и др.] // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах. Сборник трудов. – Макеевка, 2003. – С. 56-60.
2. Святный В.А. Микропроцессорный комплекс мониторинга параметров безопасности рудничной атмосферы угольных шахт / В.А. Святный, В.В.Лапко, О.Ю. Чередникова// Материалы IV научно-практической конференции «Донбасс 2020: Наука и техника – производству». – Донецк, 2008. – С.398-400.
3. Все об охране труда/ Интернет-ресурс. - Режим доступа: <http://ot.org.ua/stati/sistema-utas-prezumpcija-bezalternativnosti.html>
4. Лапко В.В. Синтез и исследование квазиоптимальных по быстродействию алгоритмов управления выемочным участком по газу с ограничением концентрации метана на расчетном уровне // В.В. Лапко, О.Ю. Чередникова // У міжнародна науково-практична конференція “Промислова безпека і вентиляція підземних споруджень в ХХІ сторіччі”. – 21-22 квітня 2011р. – Донецьк. – С. 101 – 107.