

УДК 681.518.52:622.53

**В. Н. ПАВЛЫШ, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой ДонНТУ,
ХАСЕР ИСМАИЛ ДАЕХ, аспирант ДонНТУ,
АЛЬ-ДЖЕРДИ ОРВА, аспирант ДонНТУ, г. Донецк**

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА УГОЛЬНЫЕ ПЛАСТЫ

Рассмотрена задача построения системы автоматического управления процессами гидравлического, пневматического и комплексного воздействия на угольный пласт с целью направленного изменения его состояния для борьбы с газом и пылью при подземной добыче угля.

Ключевые слова: процесс, воздействие, управление, параметры, система.

Воздействие на угольный пласт осуществляется путем нагнетания жидкостей, аэрозолей и других текучих агентов в обрабатываемую область. Проведение предварительной обработки является обязательным мероприятием [1], параметры нагнетания предусмотрены паспортом по технике безопасности. Активное влияние на качество обработки пласта оказывает выраженная анизотропия фильтрационных свойств угля, в связи с чем проницаемость значительно изменяется даже на коротких отрезках фильтрации. Это, в свою очередь, вызывает резкие колебания параметров нагнетания во время обработки, и, таким образом, ожидаемый эффект от воздействия не достигается.

Повышение качества воздействия возможно при условии поддержания стабильных значений параметров технологической схемы (давления и темпа нагнетания), что определяет необходимость автоматизации управления процессом. В этой связи работа является актуальной.

Цель работы – разработка принципов построения и функционирования системы автоматического управления процессами гидро- и пневмообработки угольного пласта.

При построении системы управления должны быть учтены все существующие технологические схемы и режимы воздействия, кроме того, должна быть предусмотрена возможность расширения системы за счет введения новых способов обработки.

В настоящее время на шахтах применяются следующие схемы и режимы воздействия [2, 3]:

- Воздействие на пласт жидкостями в режиме фильтрации из одиночной скважины, пробуренной из горной выработки по пласту впереди очистных работ вне зоны их влияния параллельно плоскости забоя.

- Гидравлическое воздействие через каскад скважин со сравнительной оценкой качества насыщения пласта в случае одиночной скважины и каскада. Такая постановка необходима, во-первых, в связи с повсеместным переходом от шпуров к скважинам, параллельным плоскости забоя, при предварительном увлажнении угля, а также в связи с разработкой новых методов физико-химического и микробиологического воздействия на пласт.

- Воздействие на пласт жидкостями в режиме фильтрации из одиночной скважины, пробуренной с дневной поверхности.

- Воздействие через каскад поверхностных скважин со сравнительной оценкой качества насыщения пласта.

- Воздействие на пласт через скважины, пробуренные с поверхности, в режиме гидрорасчленения (одиночная скважина и каскад скважин).

- Воздействие на пласт в режиме фильтрации через одиночную скважину и каскад скважин, пробуренных из полевой выработки на пласт.

- Воздействие через одиночную скважину и каскад из полевой выработки в режиме гидрорасчленения.

- Воздействие на пласт в режиме гидрорыхления через одиночную скважину и каскад скважин.

- Пневматическое воздействие на неувлажненный угольный пласт через одиночную скважину и каскад.

- Комплексное гидropневматическое воздействие через заблаговременно подготовленную группу скважин, пробуренных по пласту.

Для имитации процессов в систему управления вводятся математические модели.

Для моделирования процесса гидравлической обработки в основу модели положено уравнение нелинейно-упругого режима фильтрации [2, 3]:

$$\frac{\partial P}{\partial t} = \chi \frac{\partial}{\partial x_i} \left\{ [1 + \alpha(P - P_0)] \frac{\partial P}{\partial x_i} \right\}, \quad (1)$$

где $\chi = \frac{k_0}{\mu_0(n_{\varepsilon_0} a_p + a_m)}$ – коэффициент пьезопроводности;

$\alpha = a_k + a_p - a_\mu$, a_k, a_n, a_μ, a_p – соответственно коэффициенты изменения проницаемости, пористости, вязкости и плотности.

Такого же типа уравнения получаются для фильтрации газа.

При постановке задачи исследования для различных схем уравнение (1) дополняется соответствующими начальными и граничными условиями.

В начальный момент времени $t = 0$ задается распределение давления в области фильтрации:

$$P(x_i, t)|_{t=0} = P_0. \quad (2)$$

На скважине задается режим давления

$$P(x_i, t)|_{x_i=x_i^c} = P_c(t) \quad (3)$$

или темп нагнетания

$$\Phi_{G_c} \frac{k}{\mu} \frac{\partial P(x_i, t)}{\partial n} ds = cq(t) , \quad (4)$$

где $P_c(t)$ – давление на скважине;

x_i^c – координаты скважины;

G_c – контур скважины;

$q(t)$ – темп нагнетания;

c – коэффициент, зависящий от размерности.

На границе области фильтрации задается либо давление, если область оконтурена скважинами или выработками, либо условия непроницаемости на контакте с боковыми породами или на «бесконечности» (когда обрабатывается нетронутый массив):

$$P(x_i, t)|_{\Gamma} = P_{\Gamma} \quad (5)$$

или

$$\frac{\partial P(x_i, t)}{\partial n}|_{\Gamma} = 0, \quad (6)$$

где Γ – граница области фильтрации;

P_{Γ} – давление на границе области.

Таким образом, сформулированные задачи исследования параметров процесса гидродинамического воздействия на пласт исчерпывают основные рациональные схемы обработки.

Классификация технологических схем и режимов гидровоздействия приведена в [2, 3].

В подсистеме управления гидравлическим воздействием через подземные скважины, пробуренные по пласту, предусматривается контроль основных технологических параметров – давления нагнетания $P(t)$ и темпа нагнетания, пропорционального расходу $Q(t)$, а также их коррекция в зависимости от конкретных условий. Аппаратура контроля включает в себя датчики давления и темпа нагнетания, преобразователи напряжения, микроконтроллер, регулятор расхода.

Критерием оценки эффективности гидрообработки являются показатели, характеризующие степень равномерности распределения жидкости в обрабатываемой зоне пласта.

Равномерность обработки достаточно полно определяется наличием необработанных участков и степенью разброса значений прироста влажности в проектной зоне воздействия. В связи с этим для оценки качества обработки выбраны два показателя:

1. коэффициент относительной величины необработанных участков:

$$v = \frac{S_H}{S_{PP}} \cdot 100, \% , \quad (7)$$

где S_H – площадь необработанных участков;

S_{PP} – площадь проектной зоны воздействия,

2. коэффициент вариации относительного прироста влажности, определяемого по давлению жидкости в каждой точке [4]:

$$V_R = \frac{\sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\Delta W_i - \Delta \bar{W})^2}}{\Delta \bar{W}} \cdot 100, \% , \quad (8)$$

где ΔW_i и $\Delta \bar{W}$ – значения прироста влажности соответственно в i -й точке и среднее значение по обрабатываемой зоне,

$$\Delta W_i = \frac{\Delta W_{расч.i}}{\Delta W_{max}}, \quad (9)$$

где $\Delta W_{расч.i}$ – прирост влажности в i -й точке;

ΔW_{max} – максимальный прирост влажности.

При управлении процессом гидродинамического воздействия через скважины, пробуренные с поверхности, производится контроль технологических параметров, а эффективность определяется достижением радиуса обработки, величина которого задает время воздействия:

$$T_p = \frac{\mu n_{\text{э}} R^2}{120 k p_c}, \text{ час}, \quad (10)$$

где p_c – давление на скважине;

R – радиус обработки, м.

Обобщённая структура замкнутой системы автоматического управления представлена на рисунке, где ОА – операционный автомат, являющийся объектом управления, АР – аналоговый регулятор, реализующий алгоритм управления, ИМ – исполнительный механизм, воздействующий на

ОА. Регулируемая аналоговая величина f_a поступает на АР, характеризую состояние ОА, здесь происходит сравнение с некоторым значением x_a . В соответствии с результатом сравнения АР вырабатывает сигнал y_a , управляющий ИМ таким образом, чтобы регулируемая величина f_a была равна заданной x_a .

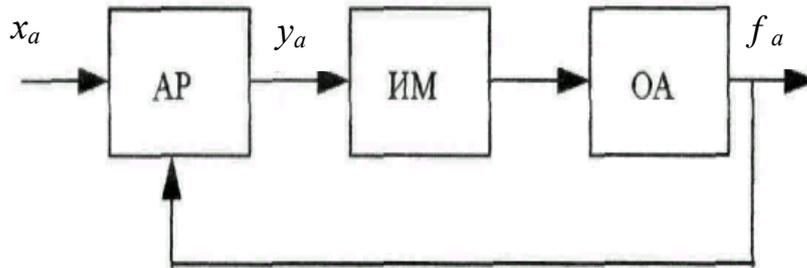


Рисунок – Обобщённая структура замкнутой системы автоматического управления

Большими возможностями обладают цифровые регуляторы (ЦР), позволяющие реализовать закон управления в цифровой форме с помощью цифровых вычислительных средств. При использовании ЦР в систему вводятся аналого-цифровой (АЦП) и цифро-аналоговый (ЦАП) преобразователи [2]. В цепь обратной связи включён цифровой датчик, выполняющий функции АЦП для регулируемой величины.

Возможны две принципиально различные структурные реализации УА: аппаратная и программная. В первом случае алгоритм управления задаётся электрическими связями между функциональными элементами устройства, во втором – с помощью программы, хранимой в памяти системы.

ВЫВОДЫ

Установлено, что отрицательное влияние анизотропии фильтрационных свойств угольного пласта снижает качество гидравлической обработки, что не позволяет достичь планируемой эффективности воздействия ввиду выраженной нестабильности основных параметров технологии. Автоматизированный контроль параметров и управления процессом нагнетания жидкости является одним из способов повышения качества и эффективности обработки. Предложен проект аппаратно-программного комплекса для контроля параметров процесса гидравлического воздействия на угольный пласт и автоматизированного управления работой технологиче-

ского оборудования, применение которого позволяет стабилизировать параметры процесса и повысить качество обработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безопасное ведение горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям (1-я редакция): ДНАОП 1.1.30-1.XX-04. – К.: Минтопэнерго Украины, 2004. – 268 с. – (Нормативный документ Минтопэнерго Украины).
2. Павлыш В. Н. Основы теории и параметры технологии процессов гидропневматического воздействия на угольные пласты: монография / Павлыш В. Н., Штерн Ю. М. – Донецк: ВИК, 2007. – 409 с.
3. Москаленко Э. М. Рекомендации по автоматизации проектирования гидродинамического воздействия на угольный пласт: учеб. пособие / Москаленко Э. М., Павлыш В. Н., Штерн Ю. М. – М., 1981. – 61с.
4. Карпухин В. Д. О нестационарной фильтрации воды в угольном пласте при его увлажнении с целью предупреждения пылеобразования / В. Д. Карпухин, В. А. Лекарев // Вопросы техники безопасности в горной промышленности. – М.: Недра, 1965. – С. 12-19.

Получено: 28.11.2012 г.

Розглянуто завдання побудови системи автоматичного керування процесами гідравлічної, пневматичної та комплексної дії на вугільний пласт, щоб цілеспрямовано змінити його стан для боротьби з газом і пилом у разі підземного вуглевидобування.

Ключові слова: процес, дія, керування, параметри, система.

The problem of automatic control system creating of hydraulic processes, pneumatic and complex influence on coal seam aimed to change of its status for prevention of dangers during coal extraction.

Key-words: process, influence, control, parameters, system.