

УДК 622.807

В. Н. Павлыш, И. В. Тарабаева, Л. А. Лазебная  
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
«Донецкий национальный технический университет»  
83001, г. Донецк, ул. Артема, 58

## АЛГОРИТМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПОДСИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ НАГНЕТАНИЯ ЖИДКОСТИ В УГОЛЬНЫЙ ПЛАСТ

V. N. Pavlysh, I. V. Tarabayeva, L. A. Lazebnaya  
State Educational Institution of Higher Education «Donetsk National Technical University»  
83001, c. Donetsk, Artyoma str., 58

## OPERATION ALGORITHMS AND TECHNICAL ELEMENTS OF AUTOMATIC CONTROL SUBSYSTEM FOR LIQUID PUMPING INTO COAL SEAMS

В. М. Павлиш, І. В. Тарабаєва, Л. О. Лазебна  
Державна освітня установа вищої професійної освіти  
«Донецький національний технічний університет»  
83001, м. Донецьк, вул. Артема, 58

## АЛГОРИТМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ І ТЕХНІЧНІ ЕЛЕМЕНТИ ПІДСИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕССОМ НАГНІТАННЯ РІДИНИ У ВУГІЛЬНИЙ ПЛАСТ

Представлены результаты разработки алгоритмов функционирования подсистемы автоматизированного управления процессом гидравлического воздействия на угольный пласт для снижения его опасных свойств при подземной угледобыче. В основу алгоритмов положены требования равномерности распределения жидкости, отражающие физику процесса. Рассмотрены отдельные элементы технической схемы реализации предложенных алгоритмов.

**Ключевые слова:** процесс, управление, подсистема, давление, элемент.

The results of operation algorithms designed for an automatic control subsystem of hydraulic action on the coal seam to reduce its dangerous properties, while underground coal mining, are represented. The algorithms are based on the liquid uniform introduction specifications reflecting physics of the process. Some elements of a technical scheme for the given algorithms realization are considered.

**Key words:** process, control, subsystem, press, element.

Представлені результати розробки алгоритмів функціонування підсистеми автоматизованого керування процесом гідравлічної дії на вугільний пласт для зниження його небезпечних властивостей при підземному вуглевидобутку. В основу алгоритмів покладено вимоги рівномірності розподілу рідини, що відбиває фізику процесу. Розглянуто окремі елементи технічної схеми реалізації запропонованих алгоритмів.

**Ключові слова:** процес, керування, підсистема, тиск, елемент.

**Актуальность работы.** Применение способов и схем гидравлического воздействия на пласт для борьбы с проявлениями его опасных свойств является обязательным на шахтах и регламентировано нормативными документами [1].

Основным наиболее широко применяющимся на шахтах способом является напорное нагнетание воды или жидкости с добавками поверхностно-активных веществ в режиме фильтрации с использованием насосных установок.

До настоящего времени контроль процесса осуществляется «вручную»: рабочий следит за величиной давления и расходом жидкости и через 30 минут записывает показания в рабочую тетрадь. При таком управлении процессом обеспечить его качественное исполнение невозможно.

Как отмечается в ряде работ [2], [3], 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 нагнетания, и, таким образом, ожидаемый эффект от воздействия не достигается.

На рис. 1 приведены результаты измерения основных параметров нагнетания жидкости в пласт, такая картина является типичной для рассматриваемого процесса.

Повышение качества воздействия возможно при условии поддержания стабильных значений параметров (давления и темпа нагнетания).

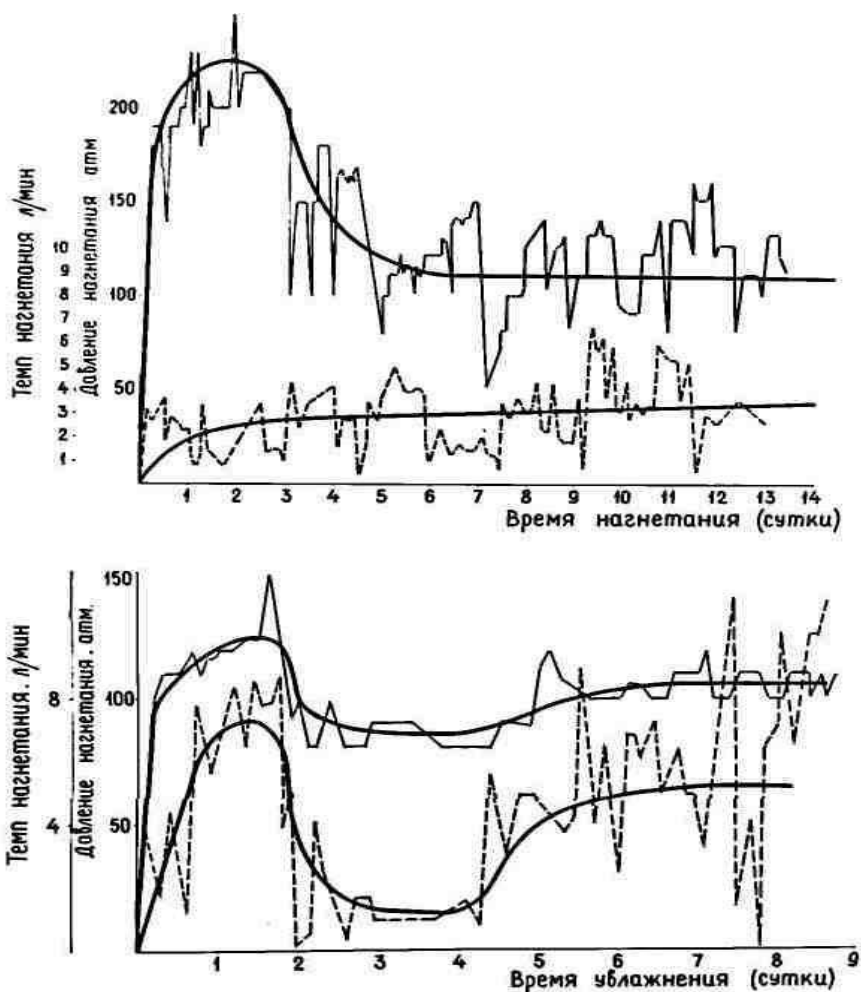


Рисунок 1 – Графическая запись процесса обработки пласта  $m_3$

Частые колебания параметров происходят по причине изменения величины коэффициента фильтрации, что определяет необходимость автоматизации контроля параметров и их регулирования в процессе обработки пласта.

Технически поставленную задачу можно решить на основе использования универсальных компьютеров, которыми в настоящее время оснащается каждое угледобывающее предприятие. Преимуществом этого пути является то, что для реализации задачи достаточно разработать специализированный пакет прикладных программ и обеспечить связь управляющей аппаратуры с компьютером. Однако при этом возникает ряд проблем, вызванных характером работы: объекты управления находятся под землей на большом удалении, нагнетание производится одновременно на нескольких участках, установки периодически передвигаются, а это требует создания дорогостоящих линий связи, их защиты, обеспечения мобильности. Поэтому на практике более предпочтительным является путь создания специализированного устройства управления, которое работает в непосредственной связи с технологическим оборудованием.

Исследования показали, что наиболее приемлемым в данном случае является применение специализированных устройств на базе микропроцессора. В этой связи тема работы является актуальной.

**Цель работы** – обоснование структуры, алгоритмов функционирования и параметров подсистемы автоматизированного управления процессом нагнетания жидкости в анизотропный угольный пласт.

**Содержание работы.** Автоматическое устройство предназначено для контроля основных технологических параметров – давления нагнетания  $P(t)$  и темпа нагнетания, пропорционального расходу  $Q(t)$ , а также их коррекции в зависимости от конкретных условий. Аппаратура контроля включает в себя датчики давления и темпа нагнетания, преобразователи напряжения, микропроцессор, регулятор параметров насосной установки. Технологическая структура системы приведена на рис. 2.

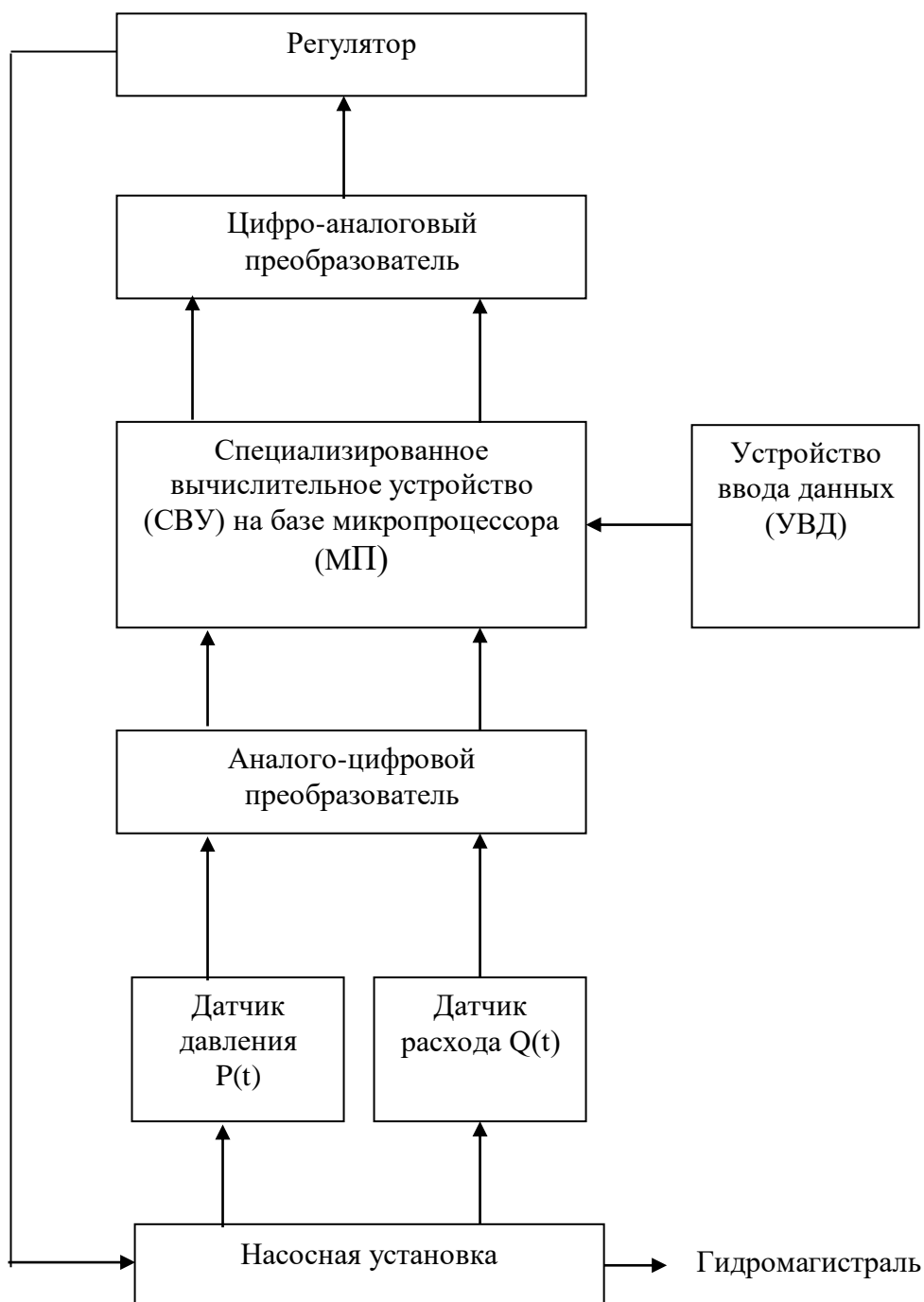
В основу функционирования системы положен программный принцип выполнения алгоритма управления процессом нагнетания, реализуемый специализированным вычислительным устройством (СВУ) на базе микропроцессора. Аппарат может быть выполнен либо на основе общепромышленных (универсальных) микропроцессорных устройств, работающих на поверхности, либо во взрывобезопасном исполнении для использования в подземных условиях.

Сигналы с датчиков в виде синусоидального напряжения поступают на вход преобразователей с целью согласования выходного напряжения датчика с уровнем входного напряжения МП. В микропроцессоре реализуется прием, хранение и обработка данных, расчет фактических параметров и их сравнение с паспортными, а также выработка и выдача на регулятор управляющих сигналов, если необходимо корректировать гидравлические параметры.

В настоящее время свободно-программируемые контроллеры (ПК) приобрели законченную форму программно-технических устройств – это компьютер на микропроцессорной основе, отличающийся простотой программирования и технического обслуживания и приспособленный к эксплуатации в различных (в том числе и неблагоприятных) промышленных условиях (вибрация, нагрев, запыленность и т.д.).

Компанией GIC разработан ПК в шахтном исполнении, который состоит из четырех основных компонентов: центральный процессор (ЦП), устройство ввода-вывода (УВВ), блок электропитания (БЭП), память программ (ПП). ЦП представляет

собой основной блок ПК, координирующий обработку информации. В нем находится микропроцессорная логика, сканирующая программу и состояние блоков оборудования. УВВ состоит из модулей, применяющихся для сопряжения ПК с оперативными устройствами и механизмами. Модули УВВ действуют в качестве преобразователей сигналов так, чтобы напряжения высокого уровня были представлены на уровне, приемлемом для ПК. Источники сигналов ввода – датчики, кнопки, клавиатура и др. Адреса вывода – пускатели электродвигателей, контакторы, насосы и т.д. Дополнительно могут применяться специализированные аналоговые модули ввода-вывода.



БЭП преобразует сетевое напряжение в отфильтрованное стабилизированное электропитание ПК. ПП сохраняет программы управления. Особенностью является то, что память программируется пользователем. ПК программируют по цепной схеме, т.е. на языке, схожем с релейной логикой управления. При внесении изменений в программу к ПК подключают программирующее устройство и соответствующие изменения выполняют без перемонтажа.

В течение кванта времени, определяемого частотой устройства управления, производится контроль текущего значения давления. Если его величина вследствие колебания проницаемости изменяется более, чем на 10%, необходимо скорректировать темп нагнетания.

Пусть  $P_t$  – текущее значение давления, тогда  $q_t = q \frac{P_t}{P_c}$ .

Управляющее устройство «отрабатывает» текущее значение темпа  $q_t$  с помощью исполнительного механизма.

Для улучшения характеристик предлагаются модификации структур и алгоритмов синтеза автоматов с программируемой логикой (APL) на программируемых больших интегральных схемах (БИС):

- структура и алгоритм синтеза APL с введением дополнительной схемы адресации микрокоманд, позволяющие повышать быстродействие автомата;
- структура и алгоритм синтеза с введением схемы преобразователя адреса микрокоманд, позволяющие сократить количество команд безусловного перехода;
- структура и алгоритм синтеза с совмещением функций полей микрокоманд, позволяющие сократить длину микрокоманд;
- структура и алгоритм синтеза с многотактной выборкой микрокоманд, позволяющие сократить количество микросхем.

Одним из основных способов построения современных систем автоматического управления является принцип микропрограммного управления, который был предложен М. Уилксом.

Обобщённая структура замкнутой системы автоматического управления представлена на рис. 3, 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, характеризуя 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  $x_a$ .

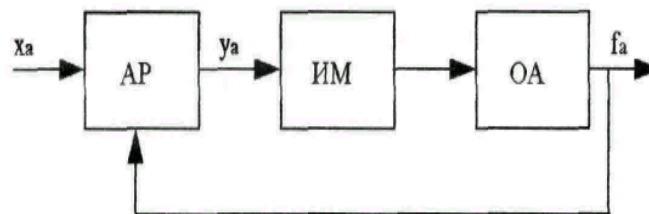


Рисунок 3 – Обобщённая структура замкнутой системы автоматического управления

Большими возможностями обладают цифровые регуляторы (ЦР), позволяющие реализовать закон управления в цифровой форме с помощью цифровых вычислительных средств. В этом случае в систему вводятся аналого-цифровой (АЦП) и цифро-аналоговый (ЦАП) преобразователи (рис. 4). В цепь обратной связи включён цифровой датчик ЦД, выполняющий функции АЦП для регулируемой величины. На рис. 4 индексы "а" и "ц" означают, что величина является аналоговой или цифровой соответственно.

Упрощённая типовая схема цифровой системы управления приведена на рис. 5. На вход управляющего автомата (УА) поступают осведомительные сигналы (логические условия)  $x_l \in X = \{x_1, \dots, x_L\}$ , индицирующие состояния ОА. Логические условия  $x$  формируются специальными цифровыми датчиками ЦД<sub>1</sub>, ..., ЦД<sub>L</sub>. Управляющий автомат на основе анализа сигналов  $x_1, \dots, x_L$  и закона управления, определяемого функцией  $F$ , формирует управляющие сигналы (микрооперации)  $y_n \in Y = \{y_1, \dots, y_N\}$ , преобразуемые дискретными исполнительными механизмами ДИМ<sub>1</sub>, ..., ДИМ<sub>N</sub> в сигналы управления ОА.

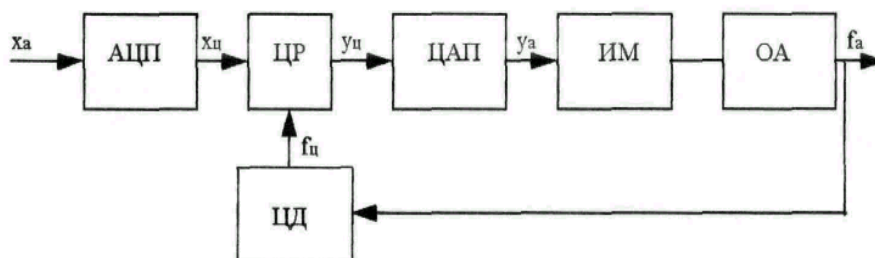


Рисунок 4 – Структура цифровой системы автоматического управления

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.

Аппаратная реализация алгоритма управления возможна двумя путями – в виде автомата с «жёсткой» логикой (АНЛ – *automat on with hard wired logic*) или в виде автомата с «программируемой» логикой (АПЛ – *automat on with programmable logic*).

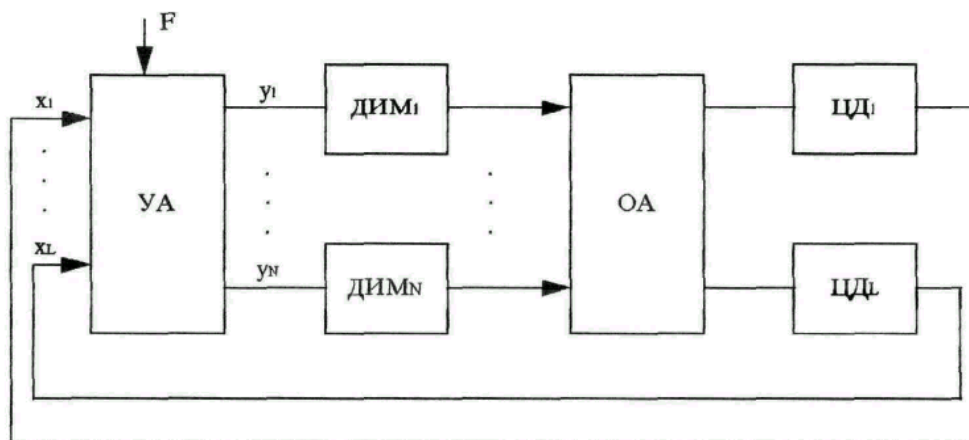


Рисунок 5 – Типовая структура цифровой системы программного управления

Для задания алгоритма управления используется большое количество различных языков – логические схемы алгоритма, матрицы переходов, система секвенций, граф-схемы алгоритма. Язык граф-схем алгоритма (ГСА) получил наиболее широкое применение в практике инженерного проектирования. Граф-схемы представляют собой совокупность начальной, конечной, условных и операторных вершин, подчиняющихся правилам детерминированности, конечности и результативности.

В настоящее время для реализации различных схем АРЛ широко используются программируемые БИС с матричной структурой.

Анализ методов организации АРЛ и элементного базиса позволяет сделать следующие выводы:

а) минимизация числа микросхем возможна за счёт уменьшения разрядности микрокоманды;

б) увеличение быстродействия возможно за счёт однократного выполнения переходов и устранения микрокоманд безусловного перехода, при этом возможна оптимизация числа микросхем в схеме автомата.

## Вывод

В результате проведенных исследований установлено, что для обеспечения качественной реализации гидравлической обработки угольных пластов необходимо применение специализированного устройства для контроля параметров и управления процессом. Применение автоматизированного контроля и управления при увлажнении угольных пластов позволяет повысить качество насыщения обрабатываемой зоны пласта, уменьшить численность персонала, занятого на выполнении работ, и сократить время, отводимое на предварительное нагнетание.

## Список литературы

1. ДНАОП 1.1.30-1.XX-04. Безопасное ведение горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям (1-я редакция) [Текст]. – К. : Минтопэнерго Украины, 2004. – 268 с.
2. Геоэкологические и экономико-математические аспекты обеспечения безопасных технологий угольных комплексов: монография [Текст] / под общ. Ред. С. С. Гребёнкина, В. Н. Павлыша. – Луганск-Москва : Изд. «Ноулидж», 2016. – 340 с.
3. Павлыш В. Н. Оценка эффективности технологических схем гидродинамического воздействия на угольный пласт [Текст] / В. Н. Павлыш // Матер. междунар. конф. «VIII международный симпозиум Геотехника'98». – Польша, Гливице – Устронь, 1998. – Часть II. – С. 109–118.
4. Павлыш В. Н. Математическое моделирование процессов функционирования специализированных аппаратов конвективного типа [Текст] / В. Н. Павлыш, Е. В. Перинская // Проблемы искусственного интеллекта. – Донецк : ГУ ИПИИ. – 2015. - № 0(1). – С. 89-98.

## References

1. DNAOP 1.1.30-1.XX-04. 2004. Safe conduct of mining operations on seams prone to gas-dynamic phenomena (Revision 1). Kiev, MinTopEnergo of Ukrain, 2004. 268p.
2. *Geoecologicheskie I ekonomiko-matematicheskie aspekty obespecheniya bezopasnyh tekhnologiy ugol'nykh kompleksov* [Geoeological and economic-mathematical aspects of safe coal complexes technologies]. ed. by . Grebyonkin S.S., Pavlysh V.N., Lugansk-Moscow, Noulidge Publ, 2016. 340p.
3. Pavlysh V.N. The evaluation of technological schemes effectiveness for hydraulic treatment of coal seams. *Proc. of International Conf. "VIII international simp. Geotechnics '98"*, Poland, Gliwice-Ustron, 1998, part. II, p. 109-118
4. Pavlysh V. N., Perinskaya E. V. Mathematical modeling of functioning processes of special convective type apparatus. *Problems of Artificial Intelligence*, Donetsk, 2015, no. 0(1), pp. 89-98.

## RESUME

V. N. Pavlysh, I. V. Tarabayeva, L. A. Lazebnaya

### *Operation Algorithms and Technical Elements of Automatic Control Subsystem for Liquid Pumping into Coal Seams*

**Background:** The application of instruments and schemes of hydraulic action on a seam in order to prevent its dangerous properties is an obligatory precondition for the mines. The main method lies in a high-pressure liquid injection in filtration regime with the help of pumping facilities

The marked filtration anisotropy of coal massifs has an active influence on the quality of the seam; this provides sharp fluctuations of injection parameters and, thereby, an expected effect can not be achieved.

This fact shows the necessity for automatizing control of parameters and their correction during the treatment process. Thus, the issue of the article is an actual one.

The purpose of the article is to substantiate the structure, operation algorithms and parameters of the automatic control subsystem for liquid pumping in anisotropic coal seams.

**Materials and methods:** The system functioning is based on the program principle of pumping control algorithm, realizing by special computer microprocessor unit (SCU). The apparatus may be made either of all-purpose (universe) industrial microprocessor units for surface functioning, or in eruption-safe alternative for underground deployment.

At the present time, the free-programming controllers (PC) have complete form as program-technical units, which are the microprocessor-based computers with simple-mode programming and technical service; they are adapted to operation in various (including dangerous) industrial conditions (vibration, heat, dust, etc.).

**Results:** The modification of structure and synthesis algorithms of automatons with programmed logic on the basis of the large-scale integration circuits (LSI) is proposed as a method of perfection for technical units' characteristics:

- structure and synthesis algorithm of the APL with introduction of an additional microinstruction addressing scheme, providing for the automatons' speed increase;
- structure and synthesis algorithm with introduction of microinstruction address translator scheme, providing for reducing the number of unconditional jump instructions;
- structure and synthesis algorithms with function superposition of microinstruction fields, providing for reducing the microinstructions' lengths;
- structure and synthesis algorithms with multistage sampling of microinstructions, providing for reducing the number of microinstructions.
- One of the basic methods for construction of the modern automatic control systems is the principle of microprogramming control.

**Conclusions:** As the result of the carried-out investigations it is proved, that the qualitative realization of the coal seam hydraulic treatment requires using a special unit for parameters control and process guiding. The application of automatic control and guiding during the coal seam moistening provides for increasing the saturation quality of the treated seam, reducing the number of working personal, and reducing the time of treatment.

Статья поступила в редакцию 01.09.2017.