

УДК 631

## АНАЛИЗ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ

**Мухопад Ю.Ф., Мухопад А.Ю., Филатов Д.А., Мельников А.В.**

*ГОУ ВПО «Иркутский государственный университет путей сообщения»,*

*Иркутск, e-mail: mail@iriit.irk.ru.*

Предложена методика анализа ударных мехатронных систем, позволяющая формализовать процессы контроля и управления при разрушении горных пород. В статье показана целесообразность представления мехатронных систем структурной моделью в виде функциональной, информационной, логической, адресной и управляющей подсистем. Алгоритм управления и контроля получен методом системного анализа с использованием аппарата сетей Петри. Предложенный в статье метод системного анализа мехатронных систем ударного действия на основе структурных моделей, графов и их анализ с применением математического аппарата сетей Петри позволяет определить правильность функционирования всех подсистем энергетического канала механических систем и одновременно формализовать процедуры управления. По полученным алгоритмам может быть построен автомат управления системой.

**Ключевые слова:** ударные системы, молот, контроль, управление, модель, информационно-управляющие системы, алгоритмы, сложные мехатронные устройства

## THE ANALYSIS OF MECHANICAL SYSTEMS OF SHOCK ACTION

**Mukhopad Y.F., Mukhopad A.Y., Filatov D.A., Melnikov A.V.**

*Irkutsk state university of means of communication, Irkutsk, e-mail: mail@iriit.irk.ru*

The technique of the analysis of the shock mechanical systems, allowing to formalize control and management processes at destruction of rocks is offered. In article the expediency of representation of mechanical systems by structural model in the form of functional, information, logic, address and operating subsystems is shown. The algorithm of management and control is received by a method of the system analysis with use of the device of Petri's networks. The method of the system analysis of mechanical systems of shock action offered in article on the basis of structural models, graphs, and their analysis with application of mathematical apparatus of Petri's networks allows to define correctness of functioning of all subsystems of the power channel of mechanical systems and simultaneously to formalize management procedures. On the received algorithms the automatic machine of management of system can be constructed.

**Keywords:** shock systems, a hammer, control, management, the model, information-operating systems, algorithms, difficult mechanical devices

Мехатронные ударные системы (УМС) используются в горнодобывающей, горно-перерабатывающей, строительной промышленности и в других отраслях, имеющих важное народнохозяйственное значение [1, 2].

Важнейшей задачей создания УМС (молотов) является обеспечение наивысшей мощности удара без обратного воздействия на базовую машину (трактор, экскаватор, танк и др.). Обычно создание УМС рассматривается как задача механики без учета управляющей подсистемы [3–6]. Сложные механические системы ударного действия относятся к классу мехатронных систем, то есть механических систем с динамическим управлением, основанным на преобразовании информации о состоянии процессов в энергетических каналах всей УМС. Поэтому анализ динамических процессов в сложных механических системах только с позиций теории механизмов и машин является недостаточным, так как не отображает информационных процессов.

### Структурные модели мехатронных систем

При анализе сложных систем, к которым относится УМС, на сегодняшний день используется двухблочная модель В.М. Глуш-

кова (рис. 1) в виде объекта управления (ОУ – операционное устройство) и управляющего автомата (УА). В этой модели особый акцент сделан на управление, тогда как вся основная часть (ОУ) рассматривается как своего рода «черный ящик», для которого известен алгоритм управления.

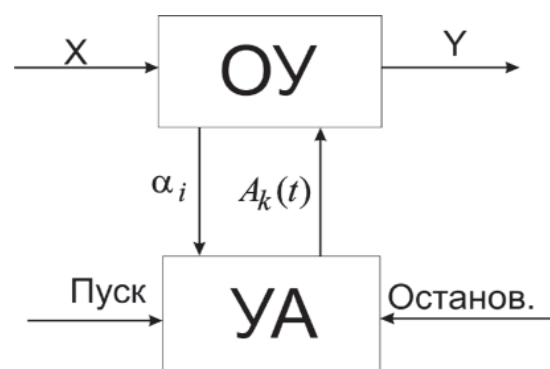


Рис. 1. Структурная модель В.М. Глушкова

Рассмотрим УМС с позиции системной модели Ю.Ф. Мухопада [7] в виде полного пятивершинного графа (рис. 2).

Как модель В.М. Глушкова, так и модель Ю.Ф. Мухопада создавались для отображения и преобразования информационных

процессов в системе. При этом множество входных сигналов  $X$  и множество выходных сигналов  $Y$  есть информационные характеристики объекта управления (ОУ).

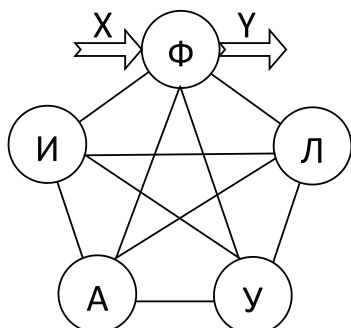


Рис. 2. Структурная модель Ю.Ф. Мухопода

Для модели дискретных систем у В.М. Глушкова  $X$  есть двоичный код  $x_1, x_2, \dots, x_m$ , а  $Y$  – аналогично  $y_1, y_2, \dots, y_m$ . В частном случае  $m = n$  для электронных вычислительных машин. В системной модели Ю.Ф. Мухопода сигналы  $X$  и  $Y$  могут быть как цифровыми, так и аналоговыми; при этом  $\Phi$  – функциональная,  $И$  – информационная,  $Л$  – логическая,  $А$  – адресная,  $У$  – управляющая подсистемы.

Для УМС характерно наличие двух каналов – непосредственно энергетического канала, преобразующего энергию входного импульса  $X$  в энергию, передающуюся ин-

струменту для удара  $Y$ , и информационного канала, отображающего «рождение» информации (через датчики  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_q$ ) о процессах в энергетическом канале и канала преобразования информации с целью выборки команд управления энергетическим каналом. При этом по структурной модели функциональная подсистема – есть комплекс механизмов и устройств энергетического канала, исполняющих свои функции под действием управляющих команд  $A_1, A_2, \dots, A_k$  для включения и отключения пневмо- и гидродвигателей с целью перемещения главных механических подсистем, содержащих ударный инструмент. Входными сигналами для системы управления являются показания датчиков движения и положения  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_q$ , а выходными – команды  $A_1(t), A_2(t), \dots, A_k(t)$  (рис. 3).

На рис. 3 обозначены: ЭЗУ – энергетическое запоминающее устройство (в виде пружины),  $S_1, S_2, \dots, S_m$  – пневмо- или гидросистема,  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_q$  – датчики информации о процессах в энергетической системе,  $A_1, A_2, \dots, A_k$  – команды управления,  $X$  – энергетический канал входного воздействия (пневмо или гидрорывод), УР – уровень размещения мехатронной ударной системы (Земля), ЭК – энергетический канал,  $K_1, K_2, \dots, K_i$  – каналы отвлечения с клапанами соответственно  $D_1, D_2, \dots, D_k$ . Сигнал  $Y$  пропорционален выходной энергетической мощности единичного удара, сообщенной снаряду  $C$ .

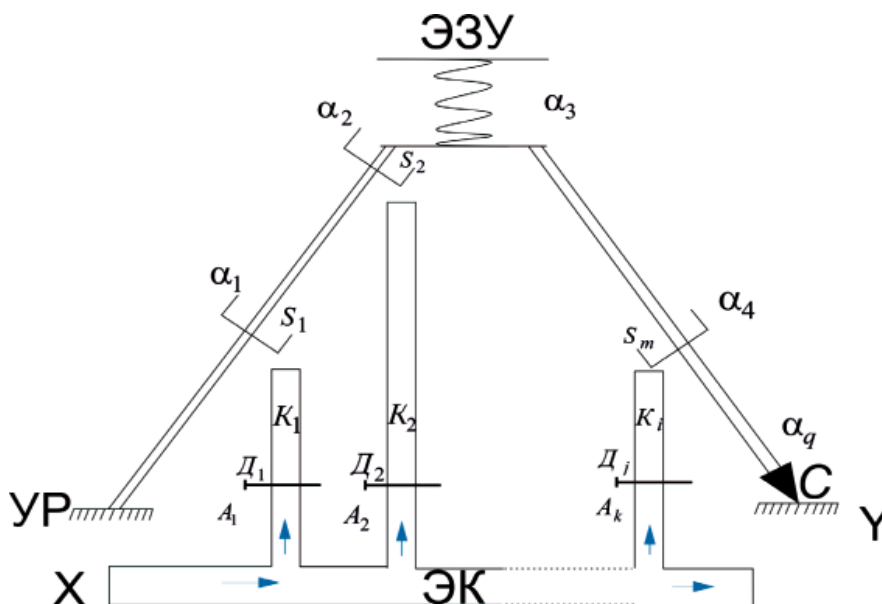


Рис. 3. Схематическая модель мехатронной ударной системы

Рассматривая управляющую подсистему как автомат с правилом функционирования Мура, его структуру можно представить по новой оригинальной схеме [8–11] в виде рис. 4.

В оригинальных конструкциях УМС [1–6] в энергетическом канале имеется своего рода информационная подсистема в виде устройств, обеспечивающих со-

хранение энергии. Это энергетическое «запоминающее» устройство (ЭЗУ) отображено на схеме (см. рис. 3) в виде условной пружины, которая может быть реализована механическими, гидравли-

ческими и пневматическими средствами. Адресная подсистема в энергетическом канале представлена системой непосредственных связей механизмов передачи энергии.

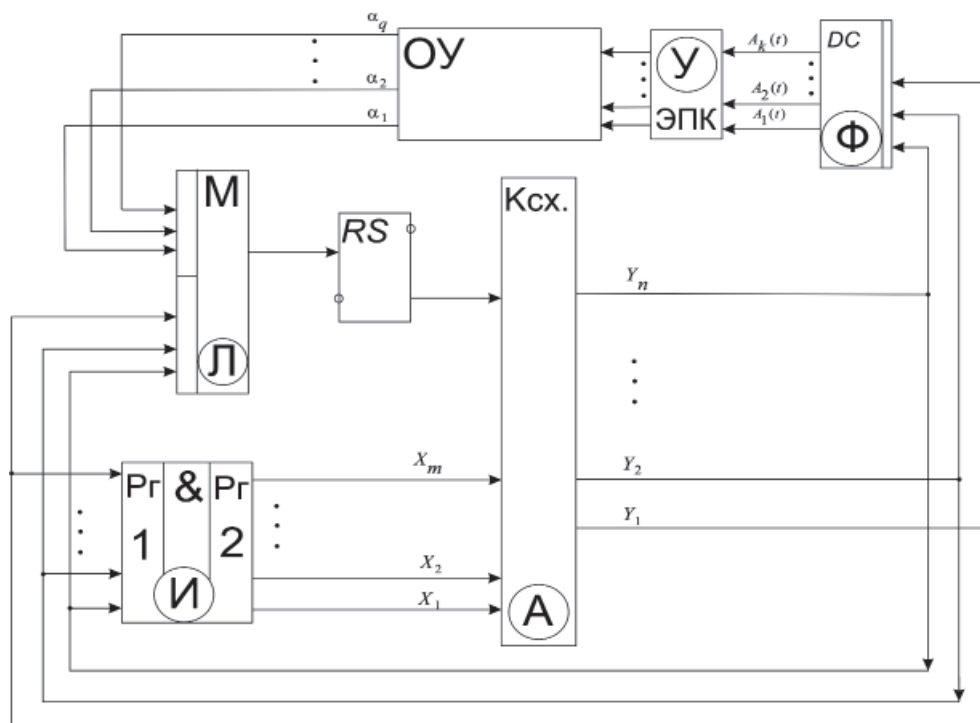


Рис. 4. Автомат управления мехатронными ударными системами

В информационном канале УМС информационная подсистема есть набор блоков (регистры памяти Рг 1 и Рг 2), хранящих код состояния процессов в энергетических каналах.

Управляющая подсистема всей УМС есть автомат выработки последовательности команд в логической и временной взаимосвязи. Поэтому состояния системы УМС отображаются соответствующими состояниями  $\alpha(t)$  автомата управления (см. рис. 4) в момент  $t$ . Код  $\alpha(t)$  обозначен в виде  $x_1, x_2, \dots, x_m$ . Этот код хранится в регистре (Рг 2), а в следующий момент времени ( $t + 1$ ) код состояния  $\alpha(t + 1)$  в виде  $y_1, y_2, \dots, y_m$  хранится в регистре Рг 1. Эта информация ( $y_1, y_2, \dots, y_m$ ) расшифровывается, т.е. преобразуется в унитарный код дешифратором (DC) для выдачи команд  $A_1(t), A_2(t), \dots, A_k(t)$ . Естественно, что команды  $A_k(t)$ , не имеющие достаточного энергетического уровня в виде информационных сигналов логической «1» (включить) и логического «0» (отключить), необходимо усилить.

Логическая подсистема (Л) в управляющем автомате представлена комплексом датчиков информации  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_q$ , раз-

мещенных на механизмах энергетического канала (ОУ) и мультиплексором (М) с RS триггером. Мультиплексор по коду  $y_1, y_2, \dots, y_m$  производит выбор единственного логического условия от датчика  $\alpha$  из всего множества  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_q$  ( $\alpha \in \{\alpha\}$ ) для преобразования конкатенаций кодов  $\alpha_q x_1 x_2 \dots x_m \dots$  адресной (А) подсистемы в код выходной команды  $A_k(t)$ , совпадающей с состоянием  $\alpha(t)$  автомата управления. Следует заметить, что, согласно структуре автомата (см. рис. 4), выбирается только то условие, которое соответствует состоянию процесса в энергетической подсистеме.

Роль адресной подсистемы в автомате управления выполняет комбинационная схема (Ксх.), которая чаще всего заменяется постоянным запоминающим устройством (ПЗУ) или программируемой логической схемой (ПЛИМ). В адресной подсистеме (А) хранятся в ПЗУ коды состояний (или их аналог в виде логических комбинаций в ПЛИМ) и их переходов из одного состояния механической подсистемы в другое состояние в процессе преобразования энергетических импульсов.

### Математические модели мехатронных систем

Правило преобразования состояний  $\alpha(t) \rightarrow \alpha(t+1)$  может быть получено, если отобразить процессы в энергетическом канале в виде динамических переходов с проверкой значения логических условий  $\alpha_q$ , соответствующих предыдущему состоянию  $\alpha(t)$ , и с выработкой значения нового логического условия, соответствующего  $\alpha(t+1)$ .

Математической моделью, способной наилучшим образом отразить динамические преобразования  $\alpha(t) \rightarrow \alpha(t+1)$  с учетом  $\alpha_q \in \{\alpha\}$ , является сеть Петри. Правила составления сети Петри для сложных мехатронических систем, к которой относятся системы ударного действия с запоминанием (хранением) энергетического потенциала, требуют самостоятельного подхода, который изложен в работе [7, 8, 12].

Для реализации задачи управления и контроля рассмотрим УМС в виде молота с переменной массой ударника (рис. 5). Процесс ударного разрушения горных пород состоит из нескольких этапов движения в течение одного цикла работы (взвод, сохранение энергии, разгон, удар, движение внутри породы, возвращение подвижных частей в исходное положение).

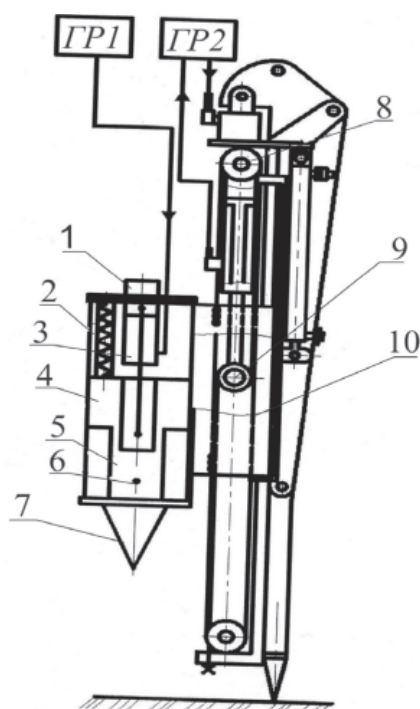


Рис. 5. Конструктивная схема молота с переменной массой ударника

На рис. 5 обозначено: 1 – первый двигатель, 2 – пружина аккумулятора, 3 – захват, 4 – корпус ударника со встроенными датчиками свободы/занятости снарядом  $D_1$

и  $D_3$  в области захвата и в основании (в области ударной части снаряда), 5 – ударная часть снаряда, 6 – болванка (дополнительный снаряд), 7 – инструмент, 8 – мультипликатор механический со встроенными датчиками свободы/занятости ударником  $D_2$  и  $D_4$  на уровне крайней точки возведенного корпуса ударника и на уровне крайней точки до взвода корпуса ударника, 9 – шток второго гидродвигателя, 10 – молот.

УМС с переменной массой ударника работает следующим образом: масляный гидронасос, вращаемый двигателем базовой машины, через гидрораспределитель ГП1 воздействует на первый гидродвигатель 1 и захват 3, соединяя захват с инструментом 7. Затем этот же поток масла взводит снаряд и натягивает пружину аккумулятора 2. Наряду с этим процессом масляный гидронасос воздействует через ГП2 на второй гидродвигатель 9, который соединяется с мультипликатором 8, что приводит к взводу ударника 4 над обрабатываемой поверхностью. Далее масло удаляется из поршневой полости второго гидродвигателя и нагнетает его в штоковую полость, что приводит к освобождению ударника. Происходит разгон ударника, а за ним после достижения ударником обрабатываемой поверхности происходит разгон снаряда в ударнике. Затем происходит удар по поверхности монолитного блока горной породы ударной частью снаряда 5. Под действием дополнительной пружины происходит дополнительный удар сразу после основного удара. И в завершении производится возврат подвижных частей системы в исходное состояние.

Для обеспечения управления и контроля таких ударных систем необходимо исследовать сетевую математическую модель (сеть Петри). Рассмотрим сеть Петри УМС (см. рис. 6) и ее списки условий и событий, приведенные в табл. 1 и 2. Список предусловий и постусловий приведен в табл. 3.

Полученная сетевая модель должна обладать следующими свойствами:

1. Безопасность сети при подаче любых внешних воздействий. Нарушения безопасности могут свидетельствовать об ошибке на стадии логического проектировании подсистем управления и контроля.

2. Живость переходов. Отсутствие живости переходов определяется программной или аппаратной избыточностью сети МПС или ошибкой проектирования.

3. Достижимость. Сетевая модель должна иметь не только начальную разметку, но и некоторое непустое множество всех допустимых разметок.

4. Отсутствие тупиков. Наличие тупика означает принудительную остановку снаряда на одном из этапов работы УМС.

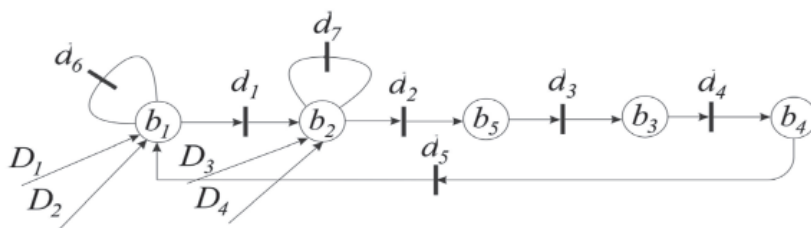


Рис. 6. Сеть Петри УМС

Таблица 1

Список условий

| Обозначение | Условия                               | Наличие начальных условий |
|-------------|---------------------------------------|---------------------------|
| $b_1$       | Принят запрос с датчика $D_1, D_3$    | Есть                      |
| $b_2$       | Принят запрос с датчика $D_2, D_4$    | Есть                      |
| $b_3$       | Выполнение удара системой             | Нет                       |
| $b_4$       | Возврат системы к исходному состоянию | Нет                       |
| $b_5$       | Сохранение энергии                    | Нет                       |

Таблица 2

Список событий

| Обозначение | События   |
|-------------|---|
| $d_1$       | Переход от взвода к разгону                           |
| $d_2$       | Переход от разгона к сохранению энергии               |
| $d_3$       | Переход от сохранения энергии к удару                 |
| $d_4$       | Переход от удара к возврату                           |
| $d_5$       | Переход от возврата к взводу                          |
| $d_6$       | Переход к завершению работы системы на стадии взвода  |
| $d_7$       | Переход к завершению работы системы на стадии разгона |

Таблица 3

Список предусловий и постусловий

| Предусловие | Событие | Постусловие |
|-------------|---------|-------------|
| $b_1$       | $d_1$   | $b_2$       |
| $b_2$       | $d_2$   | $b_5$       |
| $b_5$       | $d_3$   | $b_3$       |
| $b_3$       | $d_4$   | $b_4$       |
| $b_4$       | $d_5$   | $b_1$       |
| $b_1$       | $d_6$   | $b_1$       |
| $b_2$       | $d_7$   | $b_2$       |

**Формализация разработки алгоритмов управления мехатронными системами**

Для решения этих задач необходимо исследовать сетевую модель по графу достижимости сети Петри. Согласно списку предусловий и постусловий строятся матрицы прямой и обратной функции инцидентности, которые выявляют входные и выходные события  $d_j$  при выполнении или невыполнении условий  $b_i$ .

По матрицам прямой и обратной функции инцидентности составляются уравнения (1), определяющие наличие метки в позиции  $b_i$  после срабатывания перехода  $d_j$ .

$$\begin{cases} b_1 = d_5 \vee d_6 & b_1(d_1 \bar{d}_6) \\ b_2 = d_1 \vee d_7 & b_2(d_2 \bar{d}_7) \\ b_3 = d_3 & b_3(d_4) \\ b_4 = d_4 & b_4(d_5) \\ b_5 = d_2 & b_5(d_3) \end{cases} \quad (1)$$

На основании уравнений составляется граф достижимости, который соответствует маршруту обхождения всех ребер сети Петри и матрица смежности графа достижимости  $Q$  с условиями  $p_j$  срабатывания переходов  $d_j$ , которые напрямую зависят от информации от датчиков системы (табл. 4).

Таблица 4

Матрица  $Q$

| Разметка | $b_1$     | $b_2$     | $b_5$     | $b_3$     | $b_4$     |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| $b_1$    | $d_6 p_6$ | $d_1 p_1$ |           |           |           |
| $b_2$    |           | $d_7 p_7$ | $d_2 p_2$ |           |           |
| $b_5$    |           |           |           | $d_3 p_3$ |           |
| $b_3$    |           |           |           |           | $d_4 p_4$ |
| $b_4$    | $d_5 p_5$ |           |           |           |           |

Согласно информации от датчиков  $D_1-D_4$  – определяются все возможные условия срабатывания переходов и функций выходов, на базе которых строится граф  $\Gamma_2$ . Граф  $\Gamma_2$  отображает разметку сети Петри, то есть выявляет все возможные состояния управляющей подсистемы и переходы между ними.

После построения графа  $\Gamma_2$  необходимо составить матрицу смежности  $Q$ , возведенную в квадрат, для определения цепей длины 2, которая выделяет из графа  $\Gamma_2$  все возможные нулевые и последующие переходы и состояния по ходу их следования от нулевого состояния. Минимизированная матрица  $Q_m^2$  выявляет все необходимые состояния и переходы для работы подсистемы управления и контроля УМС. Выявленные

состояния соответствуют выполняемым микрокомандам  $A_i$  подсистемы управления и контроля, которые включают в себя необходимые наборы микроопераций  $A_j$  для выполнения микрокоманд. Выявленные переходы  $\alpha_k$ , согласно условиям срабатывания, переводят подсистему управления и контроля УМС от выполнения одной команды к другой.

Для составления алгоритмов управления необходимо задать набор микрокоманд и микроопераций. Для каждой конкретной УМС определяется свой набор.

На основании управляемых параметров УМС [2] составляется таблица микроопераций и микрокоманд для системы управления и контроля УМС (табл. 5).

Таблица 5

Таблица микроопераций и микрокоманд

|                  |   |                                 |
|------------------|---|---------------------------------|
| $C_0$            | Установка нулевого состояния                        |                                 |
| $C_1$            | Запись кода   |                                 |
| $C_2$            | Считывание прямого кода $D_1$                       |                                 |
| $C_3$            | Считывание обратного кода $D_1$                     |                                 |
| $C_4$            | Считывание прямого кода $D_2$                       |                                 |
| $C_5$            | Считывание обратного кода $D_2$                     |                                 |
| $C_6$            | Считывание прямого кода $D_3$                       |                                 |
| $C_7$            | Считывание обратного кода $D_3$                     |                                 |
| $C_8$            | Считывание прямого кода $D_4$                       |                                 |
| $C_9$            | Считывание обратного кода $D_4$                     |                                 |
| $C_{10}$         | Переход в режим взвода                              |                                 |
| $C_{11}$         | Переход в режим разгона                             |                                 |
| $C_{12}$         | Переход в режим накопления энергии                  |                                 |
| $C_{13}$         | Переход в режим удара                               |                                 |
| $C_{14}$         | Переход в режим возврата                            |                                 |
| $C_{\text{ош}}$  | Сигнал ошибки переходов, остановка работы системы   |                                 |
| $C_{\text{нар}}$ | Сигнал остановки устройства после завершения работы |                                 |
| $\alpha_0$       | Безусловный переход                                 |                                 |
| $\alpha_1$       | $D_1$ сработал                                      |                                 |
| $\alpha_2$       | $D_3$ сработал                                      |                                 |
| $\alpha_3$       | $D_2$ сработал                                      |                                 |
| $\alpha_4$       | $D_4$ сработал                                      |                                 |
| $A_1$            | Установка исходного состояния системы               | $C_0, C_1, C_2, C_3, C_6, C_7$  |
| $A_2$            | Взвод системы                                       | $C_{10}, C_4, C_5, C_8, C_9$    |
| $A_3$            | Разгон системы                                      | $C_{11}$                        |
| $A_4$            | Накопление энергии                                  | $C_{12}$                        |
| $A_5$            | Удар  | $C_{13}$                        |
| $A_6$            | Возврат системы в исходное состояние                | $C_{14}$                        |
| $A_7$            | Подготовка к завершению работы системы              | $C_{\text{ош}}, C_{\text{нар}}$ |

На основании табл. 5 для представленного примера получим алгоритм работы

$$A_0 A_1 \downarrow^1 \alpha_1 \uparrow^2 \alpha_0 \alpha_2 \uparrow^2 A_2 \alpha_3 \uparrow^2 \alpha_0 \alpha_4 \uparrow^2 A_3 A_4 A_5 A_6 \uparrow^1; \downarrow^2 A_7 A_6 A_K.$$

Полученный алгоритм является основой для построения микропрограммного автомата управления по методике работ [7–11]. Достоинством предложенной методики анализа и синтеза УМС является комплексный подход к проектированию как энергетических подсистем, реализуемых механическими средствами, так и информационно-управляющих подсистем УМС. При этом нет необходимости разделять проектирование обеих подсистем и решать в последующем как и какими средствами реализовать электронные средства контроля и управления УМС. Созданный по предлагаемой методике вариант реализации УМС сразу эмерджентно обладает свойствами безошибочного управления энергетическим каналом, так как учитывает сложную логическую структуру взаимосвязи состояний системы с последовательностью выдаваемых команд и средств контроля.

#### Заключение

В статье показана целесообразность представления мехатронных систем структурной моделью в виде функциональной, информационной, логической, адресной и управляющей подсистем.

Предложенный в статье метод системного анализа механических систем ударного действия на основе графовых структурных моделей и их анализ с применением математического аппарата сетей Петри позволяет определить правильность функционирования всех подсистем энергетического канала механических систем и одновременно формализовать процедуры управления. По полученным алгоритмам может быть построен автомат управления системой.

#### Список литературы

1. Мельников А.В. Анализ работы молота с пружинным аккумулятором энергии при разрушении негабаритов горных пород // Горное оборудование и электромеханика. – 2008. – № 11. – С. 43–47.
2. Мельников А.В. Особенности управления внешними силами ударных систем. Информационные системы контроля и управления в промышленности и на транспорте: сб. науч. трудов. – Иркутск: ИрГУПС. – 2011. – Вып. 17. – С. 58–65.
3. Мельников А.В. Ударный механизм // Патент России № 2343280. 2009. Бюл. № 1.
4. Мельников А.В. Молот МАА для разрушения негабаритов горных пород // Патент России № 2237808 С2. 2004. Бюл. № 28.
5. Мельников А.В. Способ взвода, разгона и нанесения удара снарядом и устройство для его осуществления при разрушении различных материалов // Патент России № 2291298. 2007. Бюл. № 1.
6. Мельников А.В. Способ многоступенчатого взвода, разгона, удара снарядом и установка ударного действия для его реализации при разрушении горных пород // Патент России № 2325527 С2. 2008. Бюл. № 15.

подсистемы управления и контроля УМС в форме логической схемы (ЛСА):

7. Мухопад Ю.Ф. Теория дискретных устройств. – Иркутск: ИрГУПС, 2010. – 172 с.
8. Мухопад Ю.Ф. Микроэлектронные системы управления. – Братск: БрГУ, 2009. – 285 с.
9. Мухопад А.Ю., Мухопад Ю.Ф. Микропрограммный автомат // Патент России № 82888. 2009. Бюл. № 13.
10. Мухопад А.Ю. Структурный синтез автоматов управления системами обработки информации реального времени. Автореферат кандидатской диссертации технических наук. – Братск: БрГУ, 2010. – 19 с.
11. Мухопад Ю.Ф., Мухопад А.Ю. Методы синтеза автоматов управления на больших интегральных схемах // Проблемы информатики. – Новосибирск: СО РАН, 2011. – Вып. № 4(12). – С. 17–28.
12. Филатов Д.А., Мухопад Ю.Ф. Методика контроля и управления турбо-механизмами // Современные технологии // Системный анализ. Моделирование. – 2012. – № 4(36). – С. 117–125.

#### References

1. Melnikov A.V. Analys's millers of work of a hammer with the spring accumulator of energy at destruction not a dimension rocks/the Mountain equipment and electromechanics. 2008. no. 11. pp. 43–47.
2. Melnikov A.V. Feature's millers of management of external forces of shock systems. Information monitoring systems and managements in the industry and on transport: the collection of proceedings/under by Ju.F. Muxopad's edition. Irkutsk: IrGUPS. 2011. Release 17. pp. 58–65.
3. Melnikov A.V. Shock's millers the mechanism // The patent of the Russian Federation no. 2343280. 2009. The bulletin no. 1.
4. Melnikov A.V. Hammer's MAA millers for destruction not a dimension rocks // The patent of the Russian Federation no. 2237808 C2. 2004. The bulletin no. 28.
5. Melnikov A.V. Way's millers of a platoon, dispersal and drawing of blow by a shell and the device for its realisation at destruction of various materials // The patent of the Russian Federation no. 2291298. 2007. The bulletin no. 1.
6. Melnikov A.V. Way's millers of a multistage platoon, dispersal, blow by a shell and installation of shock action for its realisation at destruction of rocks // The patent of the Russian Federation no. 2325527 C2. 2008. The bulletin no. 15.
7. Muxopad Ju.F. The theory of discrete devices. Irkutsk: IrGUPS. 2010. 172 p.
8. Muxopad Ju.F. Microelectronic of a control system. Bratsk: BrGU. 2009. 285 p.
9. Muxopad Ju.F., Muxopad A.Ju. The microprogram automatic machine // the patent of the Russian Federation no. 82888. 2009. The bulletin no. 13.
10. Muxopad A.Ju. Structural synthesis of automatic machines of management by systems of the information's processing of real time. The author's abstract of the candidate dissertation engineering science. Bratsk: BrGU. 2010. 19 p.
11. Muxopad Ju.F., Muxopad A.Ju. Methods of synthesis of automatic machines of management on the big integrated schemes // Computer science Problems. Novosibirsk: The Siberian branch of the Russian academy of science. 2011. Release no. 4(12). pp. 17–28.
12. Filatov D.A., Muxopad Ju.F. Technique of control and management of turbo-mechanisms // Modern technologies. The system analysis. Modelling. 2012. no. 4 (36). pp. 117–125.

#### Рецензенты:

Марюхненко В.С., д.т.н., доцент кафедры «Автоматика и телемеханика», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск;

Лукьянов А.В., д.т.н., профессор, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск.

Работа поступила в редакцию 19.07.2013.