

УКД 622.232

**А.К. Семенченко**, д-р техн. наук, проф.,  
**Д.Е. Макаренко**, магистрант, **Ю.Н. Кирилюк**, асп.,  
Донецкий национальный технический университет

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ КОНВЕЙЕРА И СЕКЦИИ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ КРЕПИ ОЧИСТНОГО КОМПЛЕКСА**

*Предложена математическая модель механизированного комплекса как пространственной многомассовой динамической системы «конвейер – крепь» для исследования процесса перемещения конвейера и секции крепи.*

**очистной комплекс, конвейер, механизированная крепь, пространственно перемещающаяся масса, функционально законченный элемент**

### ***Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.***

В народном хозяйстве Украины уголь занимает важное место в системе энергоносителей. По оценкам [1] Украина располагает запасами угля в 117,3 млрд.т., основная доля которых (78,3 %) сосредоточена в пластах мощностью от 0,7 до 2,5 м. Это определяет актуальность проблемы создания эффективных средств комплексной механизации для рентабельной отработки тонких и средней мощности пластов на основе современных очистных комплексов.

Базой современных очистных комплексов являются конвейер и щитовая механизированная крепь, конструкция и параметры которых должны обеспечивать надёжную высокопроизводительную работу всего оборудования комплекса и безопасность работы персонала. В этой связи создание теоретической базы для обоснования параметров динамической системы конвейер – крепь и развития методов их расчета для проектирования механизированных крепей с характеристиками, обеспечивающими их эффективную эксплуатацию в условиях повышения нагрузок на очистной забой, является актуальной научной задачей, имеющей практическое значение.

***Анализ исследований и публикаций.*** Созданию и исследованию рабочих процессов очистных комплексов посвящены работы многих научно-исследовательских, проектно-конструкторских институтов, высших учебных заведений и заводов горного машиностроения, среди которых, в первую очередь, следует отметить Донгипроуглемаш, ДонУГИ, ИГД им. А.А. Скочинского, Донецкий национальный технический университет и многие другие.

В результате предложено системное представление современных очистных механизированных комплексов; рассмотрены их устройство и особенности работы; представлены характеристики горных массивов и в обобщенном виде проанализированы основные закономерности взаимодействия крепи с боковыми породами [2]. Созданы основы теории рабочих процессов щитовых механизированных крепей и разработаны математические модели функционирования крепей; установлены закономерности формирования внутрисекционных нагрузок при взаимодействии с боковыми породами секций щитовых крепей с различными кинематическими и силовыми параметрами [3]. Рассмотрены вопросы передвижки секций крепи, определены математические зависимости изменения давления в гидросистеме крепи для оперативного управления их устойчивостью [4]. Составлена и исследована математическая модель гидросистемы передвижения секции крепи, позволяющая определить время выполнения операций передвижения секции в различных местах лавы и динамическое состояние в любой точке гидросистемы [5]. Исследована работа гидроцилиндров передвижки, при передвижке одновременно нескольких секций, при передвижении одной секции с одновременной её разгрузкой, а также при фронтальной передвижке конвейера [6]. Предложены математические модели гидросистемы передвижки секции и разработана инженерная методика проектного расчета параметров гидросистемы механизированных крепей [7,8].

В целом анализ этих работ показывает, что закономерности процесса динамической нагруженности системы перемещения конвейера и секции крепи в настоящее время изучены недостаточно. Существующие математические модели не учитывают многомассовость конвейера и крепи, пространственный характер перемещения и нагружения секций и рештаков конвейера, не позволяют определять нагрузки в элементах системы передвижки с учётом динамических параметров ее элементов, рештачного става, секции механизированной крепи и ее гидропривода.

**Постановка задачи.** В данной работе поставлена и решена задача по разработке математической модели очистного комплекса (как пространственной многомассовой динамической системы «конвейер – крепь») для описания рабочего процесса передвижки рештаков конвейера и секций механизированной крепи.

**Изложение материала и результаты.** В качестве объекта для составления модели был принят очистной комплекс на основе щитовой крепи ДМ. Анализ этого комплекса показывает что основными

элементами комплексу являються просторово перемещаючися взаємозв'язані рештаки і секції механізованої крепи, взаємодіючі між собою за допомогою системи передвиження на основі гідропривода. На основі вищепреведеного аналізу для рішення поставленої задачі була розроблена структурна схема комплексу як багатомасової просторової динамічної системи, яка представлена на рис. 1.

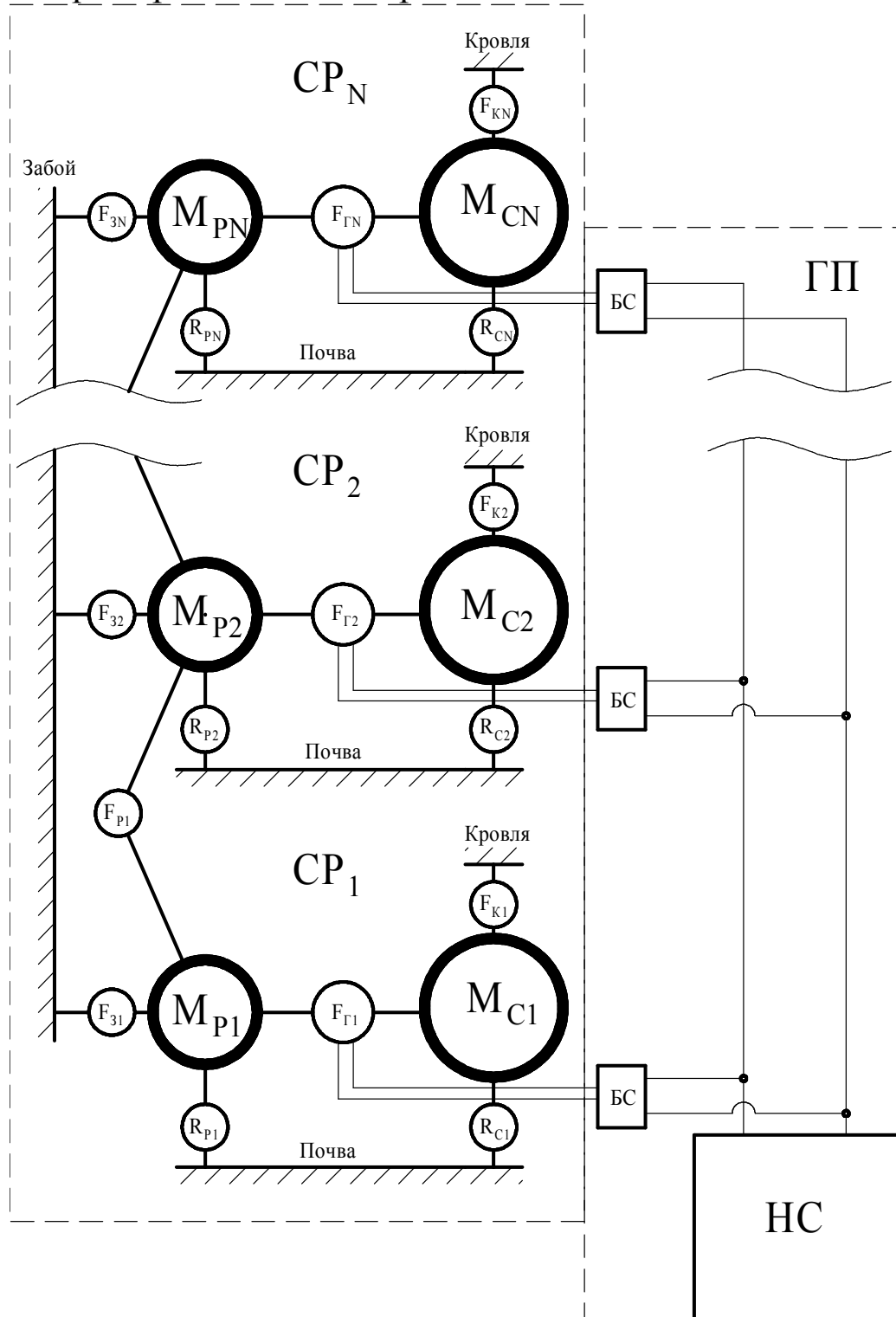
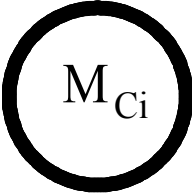
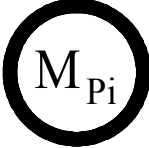



Рисунок 1 – Структурная схема комплекса как системы «конвейер – крепь»


На схемі система «конвейер – крепь» показана в виді двох підсистем: конструкції і гідропривода

Основними елементами підсистеми конструкції згідно [9] являються:


 –  $i$ -а секція механізованої крепи як просторовно переміщується маса (ППМ), (при  $i = 1$  і  $i = N$  – секція крепи сопряжения);


 –  $i$ -й рештак скребкового конвейера як ППМ (при  $i = 1$  і  $i = N$  – приводні головки конвейера);  
– елемент з'єднання  $i$ -го рештака конвейера з наступним рештаком як вузол зв'язи ППМ;


 – вузол зв'язи ППМ;  
– гідродомкрат передвиги  $i$ -го рештака і секції крепи як вузол внутрішніх возмущень.


 – вузол внутрішніх возмущень.

Узлы зовнішніх возмущень:

 – вектор навантаження  $\bar{F}_{Ki}$ , діючий від кровлі на базове перекриття  $i$ -ої секції механізованої крепи;

 – вектор навантаження  $\bar{F}_{Zi}$ , діючий від забоя на  $i$ -й рештак;

 – вектор реакції  $\bar{R}_{Ci}$ , діючий від ґрунту на основу  $i$ -ої секції механізованої крепи;

 – вектор реакції  $\bar{R}_{Pi}$ , діючий від ґрунту на  $i$ -й рештак.

Згідно зведеної структурної схеми комплексу його конструкція представляє собою  $N$  ( $N$  число секцій в комплексі) просторовно переміщується мас, входять в систему «конвейер – крепь». Кожна ППМ являється абсолютно жорстким тілом, на яке діє система концентрованих сил, прикладених в вузлах взаємодії з іншими ППМ і зовнішнім середовищем, а також власний вага.

Вхідним вектором для ППМ являється  $\bar{F}$  і  $\bar{M}'$  – головний вектор і головний момент системи зовнішніх сил, прикладених до неї в вузлах взаємодії. Головний вектор зовнішніх сил прикладений до ППМ в нерухомій системі координат  $OXYZ$ , жорстко зв'язаної з забоем. Головний момент сил прикладений в локальній системі координат

нат  $CX'Y'Z'$ , жёстко связанной с ППМ, с началом координат в центре масс, оси, которой направлены по главным осям инерции.

ММ конструкции системы «конвейер – крепь» согласно рис. 1 имеет вид ( $i = 1 \dots N$ ):

$$\left\{ \begin{array}{l}
 m_{P_i} \ddot{r}_{CP_i} = \bar{F}_{3i} + \bar{R}_{P_i} + \bar{F}_{P_i} + \bar{F}_{P_{i-1}} + \bar{F}_{\Gamma_i} + \bar{G}_{P_i}; \\
 J_{PX_i} \dot{\omega}'_{PX_i} + (J_{PZ_i} - J_{PY_i}) \omega'_{PY_i} \omega'_{PZ_i} = M'_{PX_i} (\bar{F}_{3i}, \bar{R}_{P_i}, \bar{F}_{P_i}, \bar{F}_{P_{i-1}}, \bar{F}_{\Gamma_i}); \\
 J_{PY_i} \dot{\omega}'_{PY_i} + (J_{PX_i} - J_{PZ_i}) \omega'_{PZ_i} \omega'_{PX_i} = M'_{PY_i} (\bar{F}_{3i}, \bar{R}_{P_i}, \bar{F}_{P_i}, \bar{F}_{P_{i-1}}, \bar{F}_{\Gamma_i}); \\
 J_{PZ_i} \dot{\omega}'_{PZ_i} + (J_{PY_i} - J_{PX_i}) \omega'_{PX_i} \omega'_{PY_i} = M'_{PZ_i} (\bar{F}_{3i}, \bar{R}_{P_i}, \bar{F}_{P_i}, \bar{F}_{P_{i-1}}, \bar{F}_{\Gamma_i}); \\
 \dot{\bar{i}}_{P_i} = \bar{i}_{P_i} \times \bar{\omega}'_{P_i}; \\
 \dot{\bar{j}}_{P_i} = \bar{j}_{P_i} \times \bar{\omega}'_{P_i}; \\
 \dot{\bar{k}}_{P_i} = \bar{k}_{P_i} \times \bar{\omega}'_{P_i}; \\
 (C'_{P_i}) = (\bar{i}_{P_i}, \bar{j}_{P_i}, \bar{k}_{P_i})^T; \\
 m_{C_i} \ddot{r}_{CC_i} = \bar{F}_{K_i} + \bar{R}_{C_i} + \bar{F}_{\Gamma_i} + \bar{G}_{C_i}; \\
 J_{CX_i} \dot{\omega}'_{CX_i} + (J_{CZ_i} - J_{CY_i}) \omega'_{CY_i} \omega'_{CZ_i} = M'_{CX_i} (\bar{F}_{K_i}, \bar{R}_{C_i}, \bar{F}_{\Gamma_i}); \\
 J_{CY_i} \dot{\omega}'_{CY_i} + (J_{CX_i} - J_{CZ_i}) \omega'_{CZ_i} \omega'_{CX_i} = M'_{CY_i} (\bar{F}_{K_i}, \bar{R}_{C_i}, \bar{F}_{\Gamma_i}); \\
 J_{CZ_i} \dot{\omega}'_{CZ_i} + (J_{CY_i} - J_{CX_i}) \omega'_{CX_i} \omega'_{CY_i} = M'_{CZ_i} (\bar{F}_{K_i}, \bar{R}_{C_i}, \bar{F}_{\Gamma_i}); \\
 \dot{\bar{i}}_{C_i} = \bar{i}_{C_i} \times \bar{\omega}'_{C_i}; \\
 \dot{\bar{j}}_{C_i} = \bar{j}_{C_i} \times \bar{\omega}'_{C_i}; \\
 \dot{\bar{k}}_{C_i} = \bar{k}_{C_i} \times \bar{\omega}'_{C_i}; \\
 (C'_{C_i}) = (\bar{i}_{C_i}, \bar{j}_{C_i}, \bar{k}_{C_i})^T; \\
 \bar{F}_{\Gamma_i} = f_{\Gamma} (\bar{Y}_{P_i}, \bar{Y}_{C_i}, Q_1, Q_2; \bar{P}_{\Gamma_i}); \\
 \bar{F}_{3i} = f_3 (\bar{Y}_{P_i}; \bar{P}_{3i}); \\
 \bar{F}_{P_i} = f_P (\bar{Y}_{P_i}, \bar{Y}_{P_{i+1}}; \bar{P}_{\Xi_i}); \\
 \bar{R}_{P_i} = f_P (\bar{Y}_{P_i}; \bar{P}_{P_i}); \\
 \bar{R}_{C_i} = f_C (\bar{Y}_{C_i}; \bar{P}_{C_i}); \\
 \bar{F}_{K_i} = f_K (\bar{Y}_{C_i}; \bar{P}_{K_i});
 \end{array} \right. \quad (1)$$

где  $m_{Pi}, m_{Ci}$  – масса  $i$ -го рештака и  $i$ -й секции крепи соответственно;  
 $J_{PXi}, J_{PYi}, J_{PZi}, J_{CXi}, J_{CYi}, J_{CZi}$  – главные моменты инерции  $i$ -го рештака и  $i$ -й секции крепи соответственно;

$\bar{r}_{CPi}, \bar{r}_{CCi}$  – радиус-векторы центра масс в СК OXYZ  $i$ -го рештака и  $i$ -й секции крепи соответственно;

$\bar{v}_{CPi} = \dot{\bar{r}}_{CPi}, \bar{v}_{CCi} = \dot{\bar{r}}_{CCi}$  – скорости центров масс  $i$ -го рештака и  $i$ -й секции крепи соответственно в СК OXYZ;

$\bar{i}_{Pi}, \bar{j}_{Pi}, \bar{k}_{Pi}$  и  $\bar{i}_{Ci}, \bar{j}_{Ci}, \bar{k}_{Ci}$  – единичные векторы направления осей (CX', CY' и CZ')  $i$ -го рештака и  $i$ -й секции крепи соответственно в СК OXYZ;

$\bar{\omega}'_{Pi} \{\omega'_{XPi}, \omega'_{YPi}, \omega'_{ZPi}\}, \bar{\omega}'_{Ci} \{\omega'_{XCi}, \omega'_{YCi}, \omega'_{ZCi}\}$  – угловые скорости  $i$ -го рештака и  $i$ -й секции крепи соответственно в их локальных системах координат;

$(C'_{Pi}), (C'_{Ci})$  – матрицы направляющих косинусов локальных систем координат  $i$ -го рештака и  $i$ -й секции крепи соответственно;

$\bar{F}_{\Gamma i}$  – сила, действующая от гидродомкрата на  $i$ -й рештак и  $i$ -ю секцию крепи;

$\bar{R}_{Pi}, \bar{R}_{Ci}$  – силы, действующие от почвы на  $i$ -й рештак и  $i$ -ю секцию крепи соответственно;

$\bar{F}_{Pi}, \bar{F}_{Pi-1}$  – силы, действующие на  $i$ -й рештак от последующего рештака ( $i+1$ ) и предыдущего ( $i-1$ ) соответственно;

$\bar{F}_{3i}$  – сила, действующая со стороны забоя на  $i$ -й рештак;

$\bar{F}_{Ki}$  – сила, действующая от кровли на  $i$ -ю секцию крепи;

$\bar{G}_{Pi}, \bar{G}_{Ci}$  – вес, заданный в СК OXYZ,  $i$ -го рештака и  $i$ -й секции крепи соответственно;

$\bar{M}'_{Pi}, \bar{M}'_{Ci}$  – главный момент системы внешних сил, приложенных к  $i$ -му рештаку и  $i$ -й секции крепи соответственно;

$\bar{F}_{\Gamma i} = f_{\Gamma}(\bar{Y}_{Pi}, \bar{Y}_{Ci}, Q_1, Q_2; \bar{P}_{\Gamma i})$  – ММ (в интегрированном виде) формирования усилия в гидродомкратае [9],

где  $\bar{Y}_{Pi} \{\bar{r}_{PCi}, \bar{v}_{CPi}, \bar{\omega}'_{Pi}, (C'_{Pi})\}, \bar{Y}_{Ci} \{\bar{r}_{CCi}, \bar{v}_{CCi}, \bar{\omega}'_{Ci}, (C'_{Ci})\}$  – вектор состояния  $i$ -го рештака и  $i$ -й секции крепи соответственно;

$Q_1, Q_2$  – расходы в точках подключения;

$\bar{P}_{\Gamma}$ , – вектор параметров гидродомкрата.

$\bar{F}_{3i} = f_3(\bar{Y}_{Pi}; \bar{P}_{3i})$  – ММ (в интегрированном виде) формирования внешнего возмущения в зоне взаимодействия  $i$ -го рештака с забоем, где  $\bar{P}_{3i}$  – вектор параметров зоны взаимодействия рештака с забоем.

$\bar{F}_{Pi} = f_P(\bar{Y}_{Pi}, \bar{Y}_{Pi+1}; \bar{P}_{\Delta i})$  – ММ (в интегрированном виде) формирования вектора нагрузки в элементах соединения  $i$ -го рештака конвей-

ера с последующим рещтаком,

где  $\bar{P}_{\Delta i}$  – вектор параметров элемента соединения рещтаков.

$\bar{R}_{Pi} = f_P(\bar{Y}_{Pi}; \bar{P}_{Pi})$ ,  $\bar{R}_{Ci} = f_C(\bar{Y}_{Ci}; \bar{P}_{Ci})$  – ММ (в интегрированном виде) формирования векторов реакций, действующих от почвы на  $i$ -й рещтак и основание  $i$ -ой секции крепи соответственно,

где  $\bar{P}_{Pi}$ ,  $\bar{P}_{Ci}$  – векторы параметров опорных систем опоры  $i$ -го рещтака и основания  $i$ -ой секции крепи соответственно.

$\bar{F}_{Ki} = f_K(\bar{Y}_{Ci}; \bar{P}_{Ki})$  – ММ (в интегрированном виде) формирования вектора внешнего возмущения действующего от кровли на перекрытие  $i$ -ой секции крепи,

где  $\bar{P}_{Ki}$  – вектор параметров зоны взаимодействия кровли с верхним перекрытием.

Анализ гидропривода комплекса показывает, что основными его элементами являются насос,

Для составления ММ подсистемы гидропривода крепи ДМ был выполнен анализ его структуры. Анализ показал, что в крепи используется незамкнутая гидросистема, основными элементами являются насосная станция, (представляющая собой гидробак, насос регулируемой производительности, соединённый с электродвигателем) и гидромагистрали, связывающие её с секциями крепи посредством секционных блоков и имеющие общие линии нагнетания и слива. Подсоединение секционных блоков осуществляется с использованием тройников, установленных в линиях нагнетания и слива и соединённых последовательно при помощи двух трубопроводов между собой и с секционным блоком. Распределитель для управления домкратом передвижки установлены на секционном блоке при помощи двух трубопроводов обеспечивают подачу рабочей жидкости в его полости по двум трубопроводам.

На основании вышеприведенного анализа была разработана расчётная схема гидропривода крепи ДМ, которая представлена на рис. 2. Согласно приведенной схеме гидропривод представляет собой: гидробак, силовой агрегат, включающий насос, регулируемой производительности, связанный с ротором электродвигателя и соединённый со сливной и нагнетательной линиями;  $N$  секционных блоков (БС),  $2N$  тройников (ТК) и  $6N$  трубопроводов (ТР).

При составлении ММ гидропривода согласно расчётной схеме, представленной на рис. 2 были приняты следующие допущения: неравномерность подачи вследствие кинематических особенностей насоса и сжимаемости жидкости в полостях не учитывается, ММ тру-

бопровода имеет сосредоточенные параметры. С учётом принятых допущений ММ гидропривода крепи ДМ может быть представлена в виде неявной вектор-функции (2).

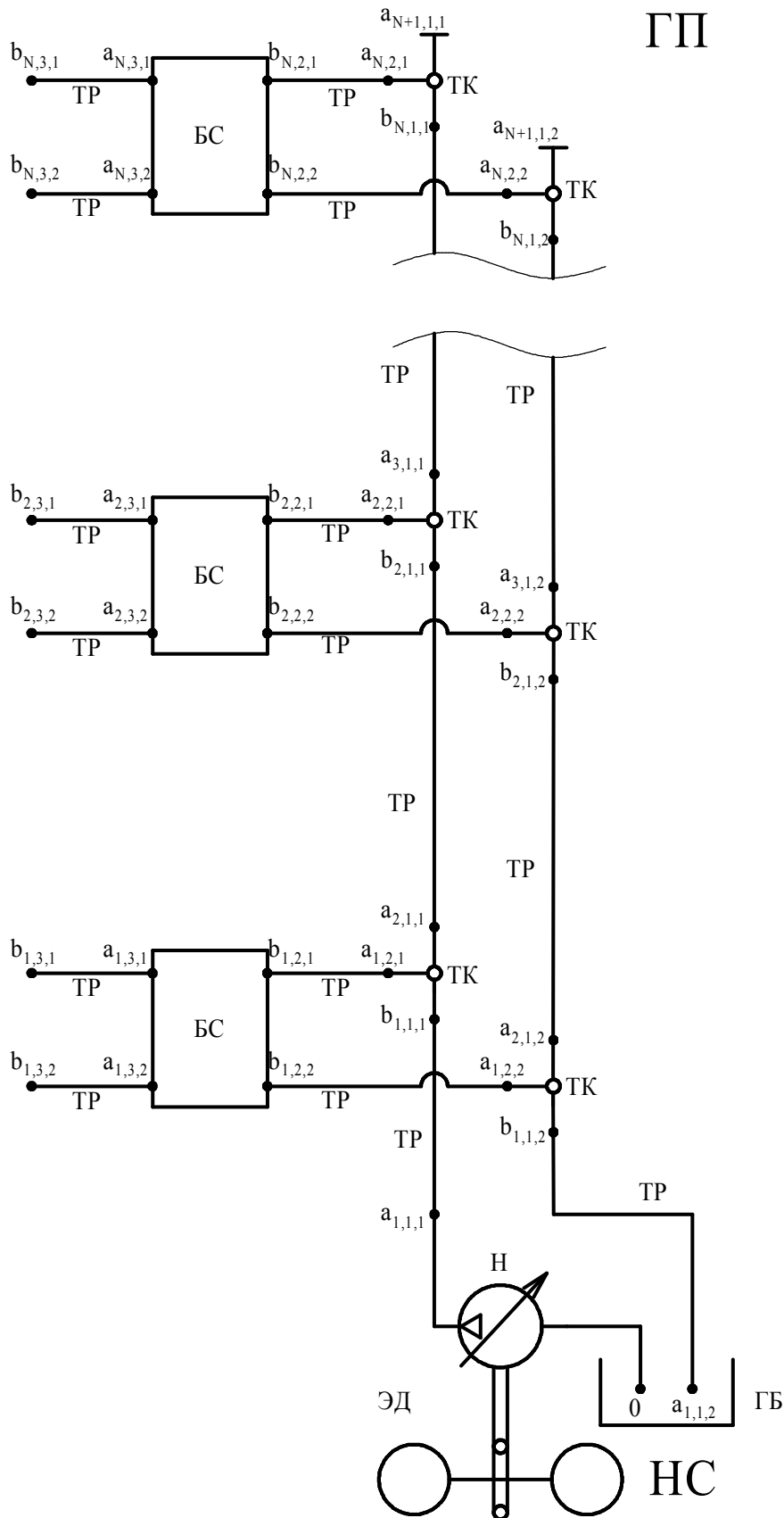


Рисунок 2 – Расчётная схема подсистемы «гидропривод»



ММ подсистемы «гидропривод» имеет вид ( $i = 1..N, j = 1..3, k = 1,2$ ):

$$\left\{ \begin{array}{l} (J_P + J_H) \cdot \dot{\omega}_D = M_D - M_H; \\ M_H = q_H f(q)(p_0 - p_{a1,1,1}) + a_\omega \omega_D + a_p |p_0 - p_{a1,1,1}| + a; \\ M_D = f_D(\omega_D, \bar{P}_D) \\ Q_{a1,1,1} = -\frac{q_H f(q) \omega}{2\pi} + k_{yT} p_{a1,1,1}; \\ Q_0 = +\frac{q_H f(q) \omega}{2\pi} + k_{yT} p_0; \\ \dot{p}_{ai,j,k} = -\frac{Q_{ai,j,k} + Q_{bi,j,k}}{k_{под.тр}}; \\ p_{bi,j,k} = p_{ai,j,k} - \lambda \frac{8\rho L_{тр}}{\pi^2 d_{тр}^5} \left| \frac{Q_{bi,j,k} - Q_{ai,j,k}}{2} \right| \left| \frac{Q_{ai,j,k} - Q_{bi,j,k}}{2} \right|; \\ \dot{Q}_{ai+1,1,k} = -B \left[ \mu_{ai+1,1,k} f_{ai+1,1,k} \text{sign}(p_{bi,1,k} - p_{ai+1,1,k}) \sqrt{\frac{2}{\rho} |p_{bi,1,k} - p_{ai+1,1,k}|} + Q_{ai+1,1,k} \right]; \\ \dot{Q}_{ai,2,k} = -B \left[ \mu_{ai,2,k} f_{ai,2,k} \text{sign}(p_{bi,1,k} - p_{ai,2,k}) \sqrt{\frac{2}{\rho} |p_{bi,1,k} - p_{ai,2,k}|} + Q_{ai,2,k} \right]; \\ Q_{bi,1,k} = -Q_{ai+1,1,k} - Q_{ai,2,k}; \end{array} \right. \quad (2)$$

где  $J_P, J_H$  – моменты инерции ротора электродвигателя и насоса соответственно;

$M_D$  – крутящий момент на валу электродвигателя. ММ электродвигателя представляет собой статическую механическую характеристику, аппроксимированную прямыми.

$\omega_D$  – угловая скорость ротора электродвигателя;

$\bar{P}_D$ , – вектор параметров электродвигателя.

$M_H$  – момент сопротивления от насоса;

$q_H$  – максимальный рабочий объем насоса;

$f(q)$  – параметр регулирования,  $-1 \leq f(q) \leq 1$ ;

$p_0, p_{a1,1,1}$  – давление на входе и выходе из насоса соответственно.

$p_0 = 100$  КПа;

$a_\omega$  – коэффициент гидромеханических потерь, зависящих от угловой скорости;

$a_p$  – коэффициент гидромеханических потерь, зависящих от давления;

$a$  – постоянная гидромеханических потерь;  
 $Q_0, Q_{a1,1,1}$  – расход рабочей жидкости на входе и выходе из насоса соответственно;  
 $k_{yt}$  – коэффициент объемных потерь насоса;  
 $p_{ai,j,k}, p_{bi,j,k}$  – давление на входе и выходе из трубопровода соответственно.  $p_{a1,1,2} = 100$  КПа;  
 $Q_{ai,j,k}, Q_{bi,j,k}$  – расход рабочей жидкости на входе и выходе из трубопровода;  
 $k_{под.тр}$  – коэффициент податливости трубопровода с жидкостью;  
 $\lambda$  – коэффициент потерь по длине;  
 $\rho$  – плотность рабочей жидкости;  
 $L_{тр}$  – длина трубопровода;  
 $d_{тр}$  – диаметр трубопровода  
 $p_{bi,1,k}, p_{ai+1,1,k}, p_{ai,2,k}$  – давления в точках соединения тройника;  
 $Q_{bi,1,k}, Q_{ai+1,1,k}, Q_{ai,2,k}$  – расходы в точках соединения тройника;  
 $\mu_{ai+1,1,k}, \mu_{ai,2,k}$  – коэффициенты расхода;  
 $\zeta_{ai+1,1,k}, \zeta_{ai,2,k}$  – коэффициенты гидравлического сопротивления;  
 $f_{ai+1,1,k}, f_{ai,2,k}$  – площади проходных сечений тройника.  $f_{aN+1,1,k} = 0$ ;  
 Система уравнений (1), (2) представляет собой математическую модель системы «конвейер – крепь» как пространственная много-массовая система.

### ***Выводы и направление дальнейших исследований***

1. Разработанная математическая модель перемещения конвейера и секций механизированной крепи очистного комплекса описывает его работу как пространственной многомассовой динамической системы «конвейер-крепь» с учетом структуры и основных параметров гидропривода крепи, пространственных перемещений рештаков конвейера и секций крепи, а также узлов взаимодействия этих пространственно перемещающихся масс как между собой так и с внешней средой. Модель может быть использована для исследований характера перемещения конвейера и крепи, оценки динамической нагруженности их элементов и устойчивости секций крепи при их передвижке.

2. Направлением дальнейших исследований является разработка математических моделей распорной системы секций крепи и узла внешнего взаимодействия верхнего перекрытия секции с кровлей с целью возможности использования разработанной модели не только

для режима перемещения комплекса, но и остальных режимов работы в пределах полного цикла.

#### Список литературы

1. Дроздник И.Д. Мировой рынок угля: поставки, цены, транспорт / И.Д.Дроздник, Ю.С.Кафтан, Ю.Б.Должанская // Уголь Украины. – 1998. - № 8-9. – С.3-6.
2. Механизированные крепи очистных комплексов и агрегатов / П.А. Горбатов, В.Г. Гуляев, Н.М. Лысенко и др. – Донецк: Новый мир, 1997. – 275 с.
3. Гуляев К.В. Обоснование кинематических и силовых параметров щитовых механизированных крепей поддерживающе-оградительного типа для очистных забоев: дис. ... канд. техн. наук / К.В. Гуляев.
4. Зензеров В.И. Обоснование параметров системы устойчивости секций механизированных крепей при отработке угольных пластов: дис. ... канд. техн. наук / В.И. Зензеров.
5. Баландин А.А. Исследование гидросистем передвижения секций механизированных крепей и совершенствование методики их расчета: дис. ... канд. техн. наук / А.А. Баландин. – М., 1981.– 190 с.
6. Баландин А.А. Исследование групповой работы гидроцилиндров / А.А. Баландин // Научные сообщения. М.: ИГД им. А.А. Скочинского. – 1980. - Вып. 191. - С. 56-60.
7. Баландин А.А. Уравнения движения секций механизированной крепи в безразмерной форме / А.А. Баландин // Научные сообщения. М.: ИГД им. А.А. Скочинского. – 1978. - Вып. 162. – С. 15-23.
8. Пономаренко Ю.Ф. Инженерная методика проектного расчета параметров гидросистемы механизированных крепей / Ю.Ф. Пономаренко, А.А. Баландин. - М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1981. - 22 с.
9. Семенченко А.К. Теоретические основы анализа и синтеза горных машин и процесса их восстановления как динамических систем / А.К. Семенченко, В.М.Кравченко, О.Е. Шабаев. - Донецк: РВА ДонНТУ, 2002.

**А.К. Семенченко, Д.Є. Макаренко, Ю.М. Кирилюк.** Математична модель переміщення конвеєра й секції механізованого кріплення очисного комплексу. Запропонована математична модель механізованого комплексу як просторової багатомасової динамічної системи «конвеєр – кріплення» для дослідження процесу переміщення конвеєра й секції кріплення.

**очисной комплекс, конвеєр, механізоване кріплення, маса, що просторово переміщається, функціонально закінчений елемент**

**A. Senenchenko, D. Makarenko, Ju. Kirilyuk.** A Mathematical Model of the Movement of the Conveyor and the Section of Mechanized Support of the Cleaning Complex. A mathematical model of the mechanized complex is offered as a spatial multimass dynamic system «the conveyor – support» to study the process of conveyor and support section movement.

**cleaning complex, conveyor, mechanized support, spatially moving weight, functionally finished element**

Стаття надійшла до редколегії 09.10.2010

Рецензент: зав. каф. ЕМС ДонНТУ, д-р техн. наук, проф. М.Г.Бойко