

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СОЕДИНЕНИЯ РЕШТАКОВ КАК ФУНКЦИОНАЛЬНО ЗАКОНЧЕННОГО ЭЛЕМЕНТА**

Семенченко А.К. докт. тех. наук., проф., Макаренко Д.Е.  
магистрант.

Донецкий национальный технический университет

*Разработана математическая модель соединения рештаков как ФЗЭ.*

В настоящее время для Украины актуальной является проблема создания средств комплексной механизации для эффективной выемки тонких и средней мощности пластов на основе современных очистных комплексов [1-5].

Одним из базовых элементов современных очистных комплексов является конвейер, конструкция и параметры которого должны обеспечивать надёжную высокопроизводительную работу механизированного комплекса. В этой связи создание теоретической базы для обоснования параметров элементов соединения рештаков конвейера и развития методов расчета этих соединений для проектирования механизированных комплексов с характеристиками, обеспечивающими их эффективную эксплуатацию в условиях повышения нагрузок на очистной забой, является актуальной научной задачей, имеющей практическое значение.

Цель данной работы – разработка математической модели узла соединения рештаков конвейера механизированного комплекса как функционально законченного элемента [6].

На рис.1 приведена схема элемента соединения рештаков конвейера механизированного комплекса. Из анализа приведенной схемы следует, что нагрузки возникающие в нём зависят от взаимного положения рештаков в пространстве и могут быть представлены в виде двух составляющих:

$\vec{F}_{СТ}$ ,  $\vec{M}'_{СТ}$  – вектор усилия и момента, действующий на рештак от упругой деформации стержня (пальца);

$\vec{F}_р$ ,  $\vec{M}'_р$  – вектор усилия и момента, действующий на рештак от упругой деформации втулок в процессе их взаимодействия.

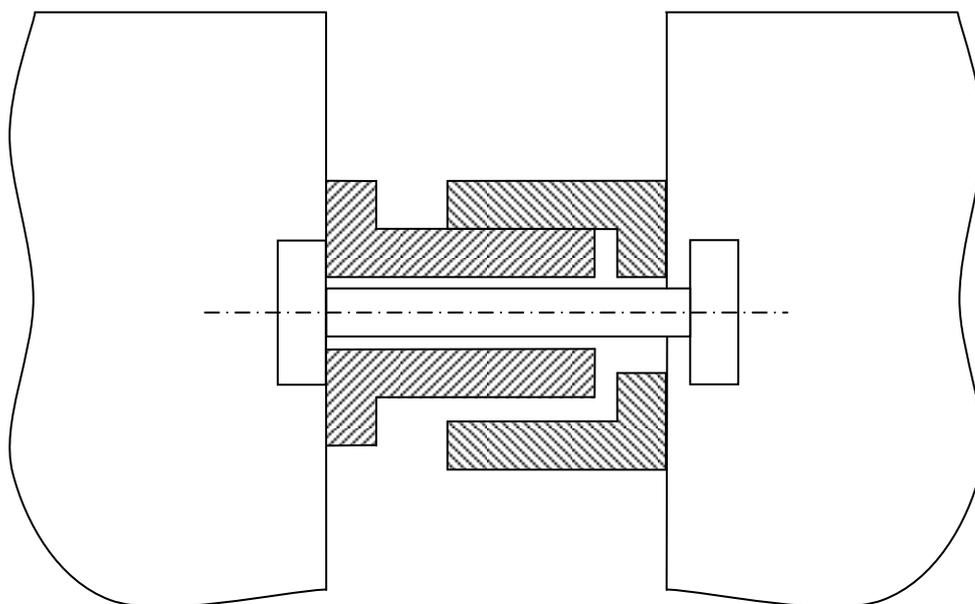


Рисунок 1 – Схема элемента соединения рештаков.

С учётом выполненного анализа была разработана расчётная схема формирования нагруженности элемента соединения рештаков приведенная на рис.2.

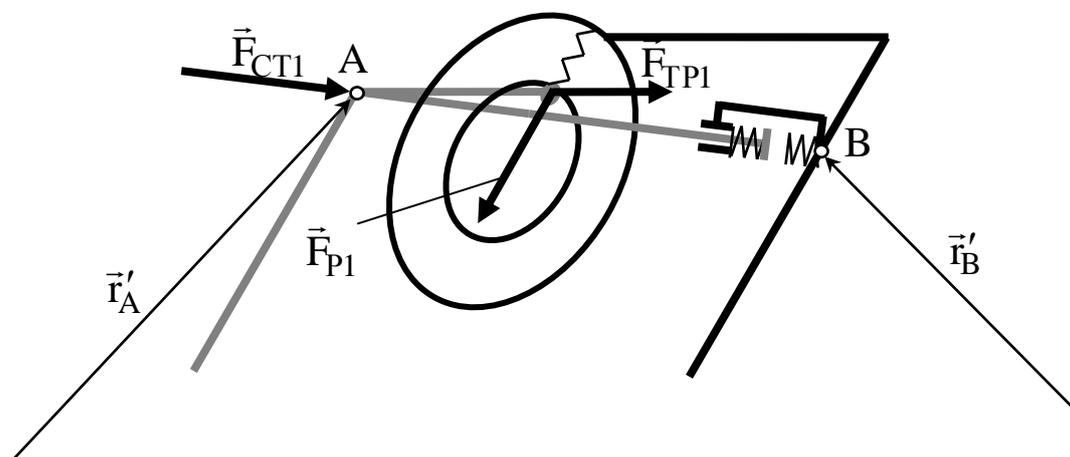


Рисунок 2 – Расчётная схема формирования нагруженности элемента соединения рештаков.

С учётом этой расчётной схемы была разработана ММ (1) формирования вектора нагрузки в соединении рештаков конвейера механизированного комплекса как ФЗЭ (функционально законченный элемент) с учетом пространственного характера перемещения соединяемых рештаков и элементов соединения.

$$\left\{ \begin{array}{l}
\vec{r}_{AB} = \vec{r}_{C2} + (C'_2)\vec{r}'_B - \vec{r}_{C1} - (C'_1)\vec{r}'_A; \quad u = |\vec{r}_{AB}|; \\
\vec{v}_{B-A} = \vec{v}_{C2} + (C'_2)(\vec{\omega}'_2 \times \vec{r}'_B) - \vec{v}_{C1} - (C'_1)(\vec{\omega}'_1 \times \vec{r}'_A); \quad v_{CT} = \vec{v}_{B-A} \cdot \frac{\vec{r}_{AB}}{|\vec{r}_{AB}|}; \\
\left\{ \begin{array}{l}
F_{CT} = 0, \quad \text{при } u \leq \Delta_{CT}; \\
F_{CT} = (u - \Delta_{CT}) \cdot c_{CT} + \beta_{CT} \cdot v_{CT}, \quad \text{при } u > \Delta_{CT};
\end{array} \right. \\
\vec{F}_{CT1} = F_{CT} \cdot \frac{\vec{r}_{AB}}{|\vec{r}_{AB}|}; \quad \vec{F}_{CT2} = -\vec{F}_{CT1}; \\
\vec{M}'_{CT1} = \vec{r}'_A \times ((C'_1)^T \vec{F}_{CT1}); \\
\vec{M}'_{CT2} = \vec{r}'_B \times ((C'_2)^T \vec{F}_{CT2}); \\
\vec{r}'_{AB}\{a;b;c\} = (C'_1)^T \vec{r}_{AB}; \quad \vec{w}'\{0;b;c\}; \quad w = |\vec{w}'|; \\
\vec{v}'_{B-A}\{A;B;C\} = (C'_1)^T \vec{v}_{B-A}; \quad \vec{v}'_P\{0;B;C\}; \quad v'_{TP}(A;0;0); \\
\left\{ \begin{array}{l}
F_P = 0, \quad \text{при } w \leq \Delta_P; \\
F_P = (w - \Delta_P) \cdot c_P - \beta_P \cdot v_P, \quad \text{при } w > \Delta_P;
\end{array} \right. \\
\vec{F}_{P1} = F_P \cdot \frac{(C'_1)\vec{w}'}{|\vec{w}'|} + f_T(A) \frac{v'_{TP}}{|v'_{TP}|}; \quad \vec{F}_{P2} = -\vec{F}_{P1}; \\
\vec{M}'_{P1} = \left( \vec{r}'_A + \frac{\vec{r}'_{AB}}{2} \right) \times ((C'_1)^T \vec{F}_{P1}); \\
\vec{M}'_{P2} = \left( \vec{r}'_B - \frac{(C'_2)^T \vec{r}_{AB}}{2} \right) \times ((C'_2)^T \vec{F}_{P2}); \\
\vec{F}_1 = \vec{F}_{CT1} + \vec{F}_{P1}; \quad \vec{F}_2 = \vec{F}_{CT2} + \vec{F}_{P2}; \\
\vec{M}'_1 = \vec{M}'_{CT1} + \vec{M}'_{P1}; \quad \vec{M}'_2 = \vec{M}'_{CT2} + \vec{M}'_{P2};
\end{array} \right. \quad (1)$$

где  $\vec{r}_{C1}$ ,  $\vec{r}_{C2}$  – радиус-векторы центра масс в СК OXYZ  $i$ -го и  $(i-1)$ -го рештака соответственно;

$\vec{v}_{C1}$ ,  $\vec{v}_{C2}$  – скорости центров масс  $i$ -го и  $(i-1)$ -го рештака соответственно в СК OXYZ;

$\vec{r}'_A$ ,  $\vec{r}'_B$  – радиус-векторы точек A и B в системах координат, жестко связанных с  $i$ -м и  $(i-1)$ -м рештаками соответственно;

$(C'_1)$ ,  $(C'_2)$  – матрицы направляющих косинусов локальных системах координат  $i$ -го и  $(i-1)$ -го рештака соответственно;

$\bar{\omega}'_1, \bar{\omega}'_2$  – угловые скорости  $i$ -го и  $(i-1)$ -го рештака соответственно;

$u$  – величина смещения вдоль стержня;

$\vec{v}_{B-A}$  – скорость точки В относительно точки А;

$F_{СТ}$  – усилие, вызванное деформацией стержня;

$\Delta_{СТ}$  – начальный зазор в стержне;

$c_{СТ}$  – коэффициент жёсткости стержня;

$\beta_{СТ}$  – коэффициент демпфирования стержня;

$\vec{M}'_{СТ}$  – момент от силы  $F_{СТ}$ ;

$F_p$  – от упругой деформации;

$\Delta_B$  – начальный зазор во втулке;

$c_B$  – коэффициент жёсткости втулки;

$\beta_B$  – коэффициент демпфирования втулки;

$\vec{M}'_p$  – момент от силы  $F_p$ .

С учётом [7, 8 и др.] для задания величины коэффициента трения  $f$  в модели использована зависимость его величины от скорости взаимного скольжения соприкасаемых элементов (2).

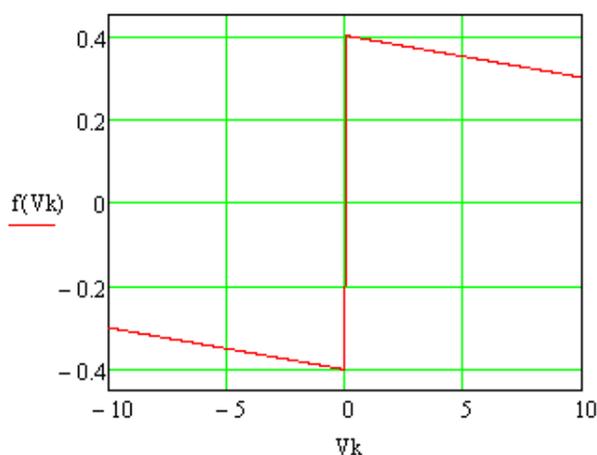
$$f = \begin{cases} -f_0 - a(V_C + b) & \text{если } V_C \leq -b \\ \frac{f_0}{b} \cdot V_C & \text{если } -b < V_C \leq b \\ f_0 - a(V_C - b) & \text{иначе} \end{cases} \quad (2)$$

где  $f_0$  коэффициент трения покоя;

$a$  – параметр характеризующий уменьшение величины коэффициента трения с ростом скорости скольжения.

$b$  – параметр

$V_C$  – скорость взаимного скольжения соприкасаемых элементов в точке их контакта;



На рисунке 3 изображена зависимость изменения коэффициента трения от скорости скольжения соприкасаемых элементов при  $a = 0.01$ ,  $b = 0.0001$  и  $f_0 = 0.4$ .

## Выводы:

1. Разработанная математическая модель описывает процесс формирования вектора нагрузки в соединении рештаков конвейера механизированного комплекса с учётом пространственного характера перемещения соединяемых рештаков как функционально законченного элемента. Модель может быть использована при проектировании высокопроизводительных механизированных комплексов для обоснования рациональных параметров системы передвижки конвейера и секций механизированной крепи, а также для получения исходных данных для расчёта элементов соединения и выбора их параметров.
2. Направлением дальнейших исследований является разработка математических моделей системы передвижки конвейера и крепи с учётом математических моделей гидропривода насосной станции и соединения рештаков, а также системы интеллектуального управления режимами работы комплекса как мехатронного объекта.

## Список источников.

1. К вопросу повышения технического уровня высокопроизводительных комплексов / Семенченко А. К., Шабаев О. Е., Семенченко Д. А., Степаненко Е. Ю., Мотин Н. Н. // Наукові праці Донецького національного технічного університету, випуск 14 (127), Серія: гірничо-електромеханічна, Донецьк, 2007.
2. Н.С. Сургай, В.В. Виноградов, Ю.И. Кияшко. Производительность очистных комплексов нового технического уровня и пути ее повышения. // Уголь Украины – 2001. - №6. – С. 2-6.
3. Лаптев А.Г. Перспективы развития горной промышленности на базе технического перевооружения шахт // Уголь Украины. – 2002. - №2-3. – С. 10-14.
4. Косарев В.В. Новая техника Донгипроуглемаша - основа интенсификации добычи угля // Уголь Украины. - 2003. - №9. - С.5-9.
5. Косарев В.В. Новый этап в развитии угольного машиностроения Украины // Уголь Украины. – 2004. - №12. – С. 3-10.
6. Семенченко А.К. Кравченко В.М., Шабаев О.Е. Теоретические основы анализа и синтеза горных машин и процесса их восстановления как динамических систем . Донецк: РВА ДонНТУ, 2002.
7. Бойко Н.Г. Динамика очистных комбайнов /Н.Г.Бойко. – Донецк: РВА ДонНТУ, 2004. – 206 с.
8. Кондрахин В.П. Математическая модель для исследования рабочих процессов частотно-регулируемой вынесенной системы перемещения очистного комбайна /В.П.Кондрахин, А.А.Мельник, В.В.Косарев, Н.И.Стадник, А.В.Мезников //Решение научно-технических проблем при создании и внедрении современного горно-шахтного оборудования. Сборник научных трудов ГП «Донгипроуглемаш» под общей редакцией кандидата технических наук В.В. Косарева, доктора технических наук Н.И. Стадника /Донецк – Астро, 2008 – С. 351-369.