

УДК 622.232.72

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНЕРЦИОННЫХ И УПРУГИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОДСИСТЕМ ПОДВЕСКИ И ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ ОЧИСТНЫХ КОМБАЙНОВ С ПОВОРОТНЫМИ БЛОКАМИ РЕЗАНИЯ НА ОСНОВЕ 3D МОДЕЛЕЙ

Горбатов П.А., докт. техн. наук, проф., Лысенко Н.М., канд. техн. наук, доц., ДонНТУ, Воскресенский В.С., инж., Донгипроуглемаш, Воробьев Е.А., инж., холдинг АТГ

На основе 3D моделей определены инерционные и упругие характеристики подсистем подвески и перемещения исполнительных органов очистного комбайна нового поколения с поворотными блоками резания.

On the basis of 3D models descriptions of inertial and elastic parameters of subsystems of pendant and moving of working units of new generation hearers with the turning blocks of cutting of are determined.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Повышение технического уровня очистных комбайнов является актуальной научно-технической проблемой, которая обязательно должна решаться на стадии их проектирования. Для этого конструктору необходимо решить ряд задач. К числу таких задач относится выбор рациональных структур и параметров основных силовых подсистем очистных комбайнов с обязательным учетом динамического характера нагружения их элементов. В связи с изложенным установление достоверных динамических характеристик подсистем подвески и перемещения исполнительных органов очистного комбайна нового поколения с поворотными блоками резания является актуальной и востребованной задачей.

Анализ исследований и публикаций. В качестве основных инерционных характеристик подсистем подвески и перемещения исполнительных органов (ППО) очистного комбайна с поворотными блоками резания, как известно, в общем виде могут рассматриваться масса этих блоков и их главные массовые моменты инерции (далее моменты инерции), определяемые относительно соответствующих осей прямоугольной системы координат, начало которой совпадает с центром масс указанных блоков резания. На основании указанных

характеристик в зависимости от конкретики решаемой задачи могут быть рассчитаны соответствующие приведенные осевые и смешанные моменты инерции относительно любой другой прямоугольной системы координат.

Упругие свойства подсистемы ППО применительно к шнековым очистным комбайнам в основном характеризуются податливостью гидродомкрата регулирования [1]. При этом величина коэффициента линейной жесткости данного гидродомкрата C_d будет определяться коэффициентами жесткости его поршневой C_p и штоковой $C_{ш}$ полостей и в зависимости от условий нагружения гидродомкрата может быть рассчитана по следующим трем зависимостям:

$C_d = C_p + C_{ш}$ – в независимости от вида нагружения (на сжатие или на растяжение) гидродомкрата при наличии в обеих его полостях определенного уровня давления рабочей жидкости;

$C_d = C_p$ – при нагружении гидродомкрата на сжатие и отсутствии давления рабочей жидкости в его штоковой полости;

$C_d = C_{ш}$ – при нагружении гидродомкрата на растяжение и отсутствии давления рабочей жидкости в его поршневой полости.

Постановка задачи. Цель настоящей работы – определение инерционных и упругих характеристик подсистем подвески и перемещения исполнительных органов очистного комбайна нового поколения КДК 500 I типоразмера с поворотными блоками резания (ПБР). При этом целесообразно использовать современные компьютерные технологии (на основе прикладных пакетов трехмерного моделирования), обеспечивающие высокую точность результатов.

Изложение материала и результаты. Для определения инерционных характеристик подсистемы ППО очистного комбайна КДК500 использовалась полноценная трехмерная твердотельная модель его ПБР (см. рис. 1) со всеми элементами, входящими в состав данной сборочной конструкции (корпусные детали, приводной электродвигатель, исполнительный орган, валы, оси, зубчатые колеса, подшипники, дистанционные и стопорные кольца, втулки, болты, шайбы и т.д.). Величина суммарной массы рассматриваемой сборочной конструкции с трехзаходным шнековым исполнительным органом диаметром 1,25 м и шириной захвата 0,63 м составила 4472 кг.

На указанной модели отмечены две прямоугольные координатные системы $OXYZ$ и $O'X'Y'Z'$. При этом одна из них (координатная система $OXYZ$) является главной системой координат, начало которой совпадает с центром масс рассматриваемой сборочной единицы,

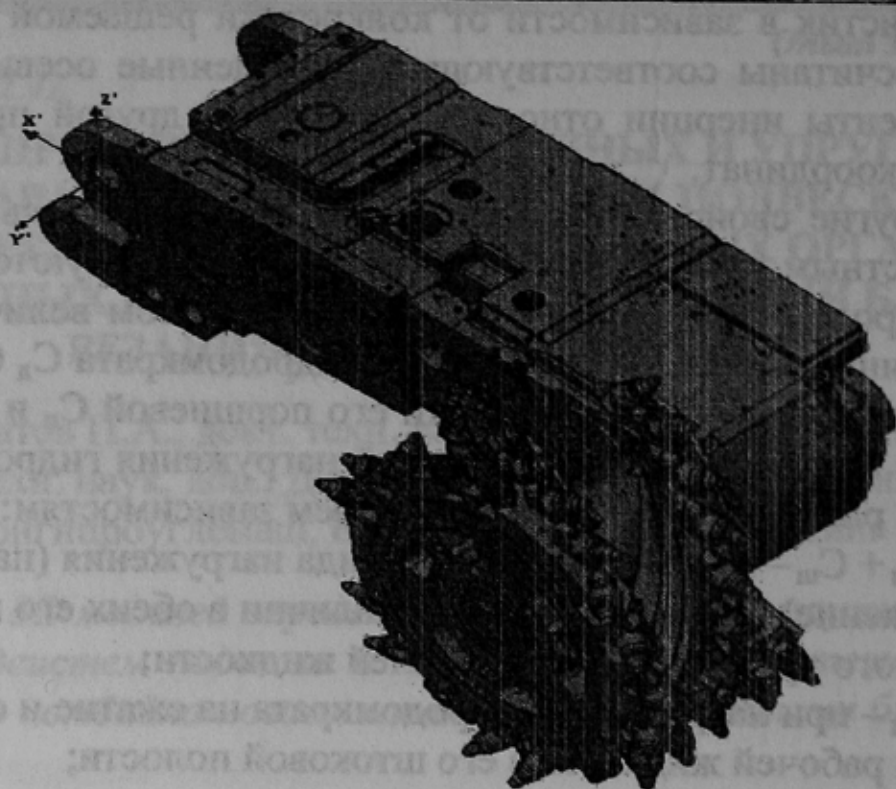


Рисунок 1 – Трехмерная модель ПБР комбайна КДК500

а соответствующие массовые моменты I_x , I_y , I_z по определению будут иметь статус главных моментов инерции. Вторая координатная система ($O'X'Y'Z'$), ось Y' которой совпадает с осью поворота ПБР, а начало лежит в боковой внешней плоскости забойной его проушины, принята в качестве расчетной (исходной) координатной системы.

Следует отметить, что в состав данной модели не вошел гидродомкрат, с помощью которого осуществляется регулирование положения исполнительного органа по мощности вынимаемого пласта. Это объясняется тем, что включение его в рассматриваемую расчетную модель практически не окажет заметного влияния на численные значения рассчитываемых инерционных характеристик подсистемы ППО, а только существенно усложнит их определения (приведенный момент инерции гидродомкрата регулирования является переменной величиной, зависящей от угла подъема поворотного блока резания). Следует отметить, что результаты расчета инерционных характеристик подсистемы ППО, выполненные ранее по традиционной методике применительно к очистному комбайну ГШ500 (структурно-компоновочная схема подсистемы подвески и перемещения исполнительного органа аналогичная с комбайном КДК500), подтверждают, что приведенный момент инерции гидродомкрата регулирования со-

ставляет не более 0,4% от величины момента инерции его ПБР относительно оси Y' расчетной координатной системы $O'X'Y'Z'$.

Применительно к вышерассмотренной трехмерной модели с использованием прикладных пакетов трехмерного моделирования был рассчитан стандартный комплекс следующих инерционных характеристик:

I_x, I_y, I_z – главные моменты инерции (в координатной системе $OXYZ$);

$I_{xx}, I_{yy}, I_{zz}, I_{xy}, I_{xz}, I_{yx}, I_{yz}, I_{zx}, I_{zy}$ – осевые и смешанные моменты инерции (в координатной системе $O'X'Y'Z'$).

Кроме того, были установлены координаты X_G, Y_G, Z_G , и значения единичных направляющих косинусов $\cos(X-X'), \cos(X-Y'), \cos(X-Z'), \cos(Y-X'), \cos(Y-Y'), \cos(Y-Z'), \cos(Z-X'), \cos(Z-Y'), \cos(Z-Z')$, соответственно характеризующих в рассматриваемой расчетной координатной системе $O'X'Y'Z'$ расположение центра масс поворотного блока резания и направление соответствующих осей главной координатной системы.

Значения указанных характеристик приведены в таблице.

Таблица – Численные значения инерционных характеристик подсистемы ПРО

Величина	Значение	Величина	Значение	Величина	Значение
$I_x, \text{кгм}^2$	616	$I_{yx}, \text{кгм}^2$	227	$\cos(X-Y')$	-0,275
$I_y, \text{кгм}^2$	2340	$I_{yz}, \text{кгм}^2$	-5,4	$\cos(X-Z')$	0,045
$I_z, \text{кгм}^2$	2640	$I_{zx}, \text{кгм}^2$	642	$\cos(Y-X')$	0,278
$I_{xx}, \text{кгм}^2$	843	$I_{zy}, \text{кгм}^2$	-5,4	$\cos(Y-Y')$	0,957
$I_{yy}, \text{кгм}^2$	10640	$X_G, \text{м}$	-1,369	$\cos(Y-Z')$	-0,089
$I_{zz}, \text{кгм}^2$	11080	$Y_G, \text{м}$	-0,111	$\cos(Z-X')$	-0,019
$I_{xy}, \text{кгм}^2$	227	$Z_G, \text{м}$	-0,092	$\cos(Z-Y')$	0,098
$I_{xz}, \text{кгм}^2$	642	$\cos(X-X')$	0,961	$\cos(Z-Z')$	0,995

Для определения упругих характеристик гидродократа регулирования использовалась его трехмерная твердотельная модель, в состав которой были введены трехмерные модели столбов жидкости в штоковой и поршневой полостях. Общий вид трехмерной модели приведен на рис.2.

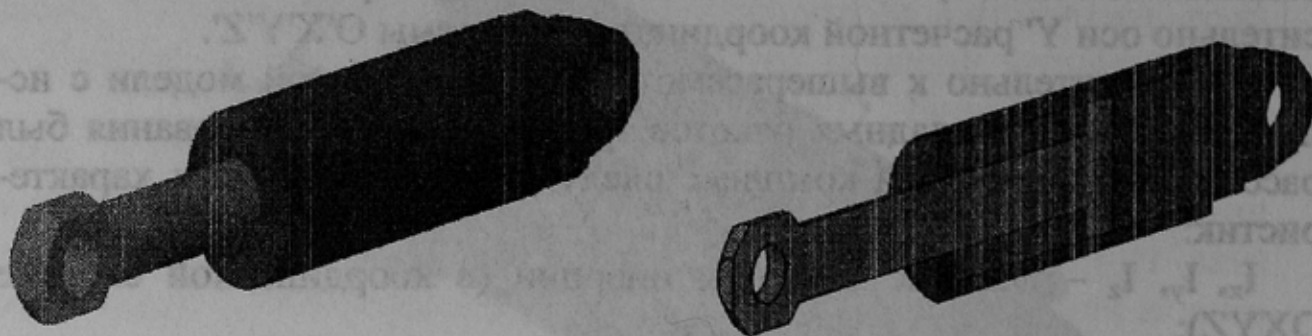


Рисунок 2 – Трехмерная модель гидродомкрата регулирования

Установление упругих характеристик проводилось методом конечных элементов при различной раздвижности гидродомкрата (различной высоте столбов жидкости в поршневой и штоковой полостях). При этом закладывались соответствующие физико-механические свойства материала гидродомкрата ($E_d = 2,1 \cdot 10^{11}$, Па – модуль упругости легированной стали) и рабочей жидкости ($E_{ж} = 2 \cdot 10^9$, Па). Конечно-элементная модель гидродомкрата приведена на рис.3.

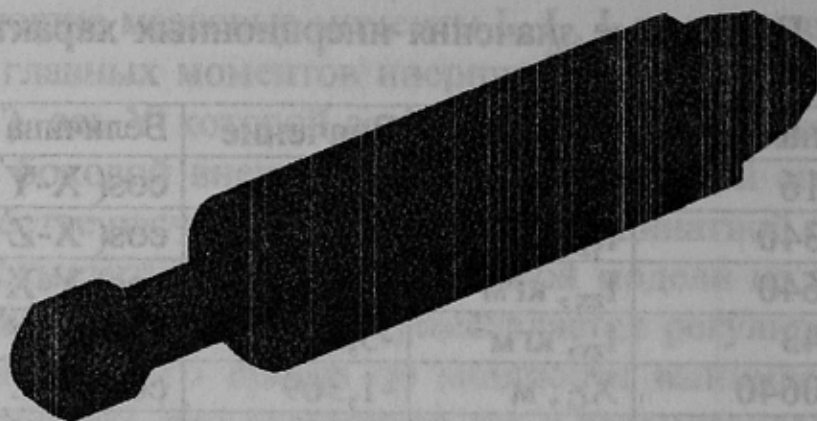


Рисунок 3 – Конечно-элементная модель гидродомкрата регулирования.

Результатом моделирования явилось напряженно-деформированное состояние гидродомкрата, на основании которого определялись упругие деформации всей конструкции с учетом упругих деформаций столба жидкости и материала гидродомкарата. Исследование упругих деформаций гидродомкрата проводилось во всем диапазоне его раздвижности как при нагружении гидродомкрата на сжатие, так и на растяжение.

Поскольку на сливе в гидросистеме управления комбайна КДК 500 отсутствует подпорный клапан, то можно предположить, что коэффициент жесткости (податливости) гидродомкрата регулирования будет зависеть от вида его нагружения. Для этого необходимо проанализировать нагруженность гидродомкрата в процессе его функционирования в составе подсистемы ППО комбайна КДК500 при работе последнего в представительных горно-геологических условиях.

Данную задачу достаточно корректно можно решить на основе исследования нагруженности гидродомкрата регулирования силой тяжести поворотного блока резания и средними составляющими усилий резания, формирующихся на исполнительном органе комбайна при разрушении угольного массива.

Исходя из анализа направленности равнодействующих усилий резания на опережающем и отстающем шнековых исполнительных органах аналогичных размеров, но оснащенных радиальными резцами [2], можно ожидать, что для гидродомкрата регулирования в составе подсистемы ППО комбайна КДК500 возможна реализация всех трех видов нагружения, а именно: параллельная работа обеих полостей ($C_d = C_n + C_{ш}$); работа на растяжение при отсутствии давления рабочей жидкости в поршневой полости (наиболее вероятна для опережающего исполнительного органа, $C_d = C_{ш}$); работа на сжатие при отсутствии давления рабочей жидкости в штоковой полости (наиболее вероятна для отстающего исполнительного органа, вынимающего угольную пачку мощностью не менее половины диаметра, $C_d = C_n$).

На основании вышеизложенного результаты выполненных расчетов целесообразно представить для всех трех возможных видов нагружения гидродомкрата регулирования. При этом коэффициент податливости подсистемы подвески и перемещения исполнительного органа будет определяться по следующей зависимости:

$$e_{ппо} = h_0^{-2} \cdot C_d^{-1},$$

где C_d – коэффициент линейной жесткости гидродомкрата;

h_0 – плечо реакции гидродомкрата относительно оси поворота ПБР.

График зависимости коэффициента податливости подсистемы ППО от вынимаемой мощности пласта N_p и соответствующего угла подъема поворотного блока резания $\varphi_{пб}$ приведен на рис. 4.

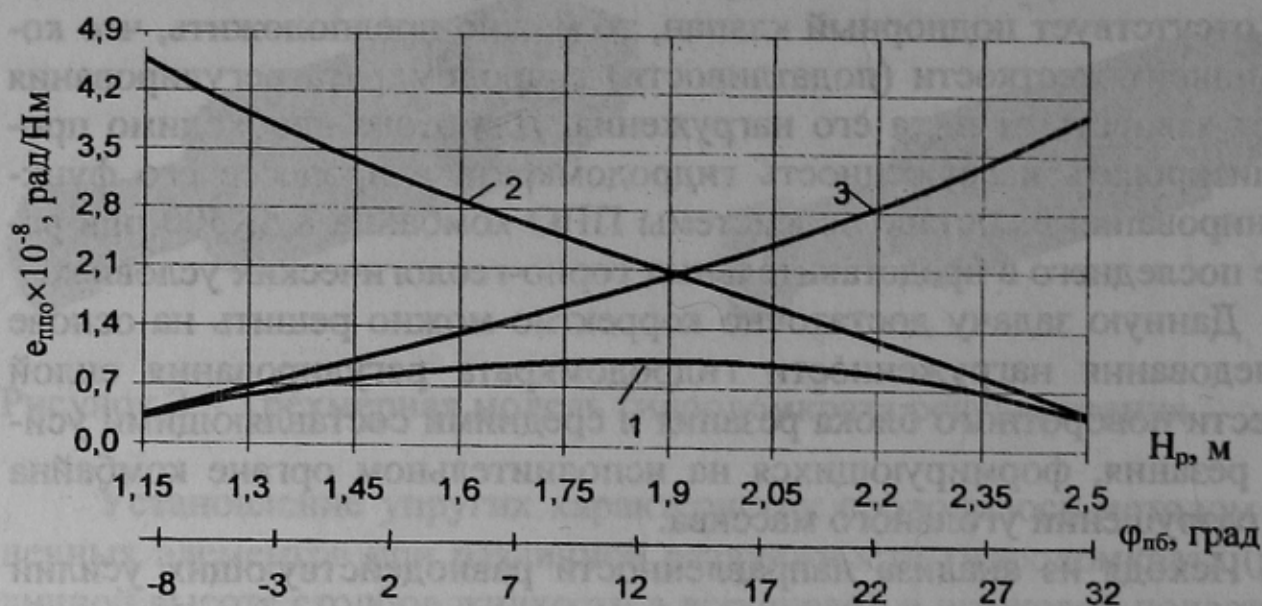


Рисунок 4 – Графік залежності $e_{ппо}(H_p; \varphi_{пб})$ при роботі обох полостей (1), штокової полости (2) или поршневий полости (3) гидродомкрата регулювання

Выводы и направление дальнейших исследований. В настоящей работе на основании 3D моделей установлены инерционные и упругие характеристики подсистемы подвески и перемещения исполнительного органа очистного комбайна с поворотными блоками резания. При этом рассмотрены все три возможные виды нагружения гидродомкрата регулювання и приведены зависимости коэффициента податливости подсистемы подвески и перемещения исполнительного органа от вынимаемой мощности пласта и соответствующего угла подъема поворотного блока резания.

В дальнейшем предполагается использование полученных результатов при имитационном моделировании функционирования очистных комбайнов рассматриваемого типа.

Список источников:

1. Гуляев В.Г., Горбатов П.А., Кондрахин В.П. Исследование нелинейной динамики модели систем подвески и регулювання положения исполнительных органов шнековых комбайнов // – Изв. вузов. Горн. журн. – 1977. - №6. - С. 91-96.
2. Кондрахин В.П. Динамические нагрузки и колебания в системе подвески и регулювання положения шнековых исполнительных органов очистного комбайна и пути их снижения. – Дис. ...канд.техн.наук – Донецк, 1980 – 224с.

Дата поступления статьи в редакцию: 27.10.06