

УДК 622.232.72

**П.А. Горбатов**, д-р техн. наук, проф.,  
**Н.М. Лысенко**, канд. техн. наук, доц.,  
Донецкий национальный технический университет

## **ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ВИБРОЗАЩИТНЫХ УСТРОЙСТВ, ВСТРАИВАЕМЫХ В ОПОРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ОЧИСТНЫХ КОМБАЙНОВ**

*Применительно к пакету перспективных виброзащитных устройств, встраиваемых в опорные механизмы современных очистных комбайнов, представлены эквивалентные динамические схемы на основе развития и обобщения рассмотренных разработок.*

**очистные комбайны, корпусная подсистема, опорные механизмы, виброзащитные устройства, эквивалентные динамические схемы**

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

Формирование корректных эквивалентных динамических схем виброзащитных устройств, встраиваемых в те или иные узлы силовых подсистем современных высоковооруженных очистных комбайнов, и разработка на их основе достаточно сложных математических моделей этих машин в целом как объектов исследования является необходимым и важным этапом при решении актуальной научно-технической проблемы, заключающейся в структурнопараметрической оптимизации очистных машин методом имитационного моделирования на стадии их проектирования [1, 2, 3].

***Анализ исследований и публикаций.*** Результаты экспериментальных и теоретических исследований, проведенных на кафедре «Горные машины» ДонНТУ [2 - 8 и др.], позволили сделать вывод о целесообразности встройки в корпусные подсистемы (ПК) современных высокоэнерговооруженных очистных комбайнов (ОК) соответствующих виброзащитных устройств (ВЗУ) с целью снижения динамической нагруженности отдельных узлов и элементов данных силовых подсистем и повышения на этой основе надежности всей машины в целом. При этом следует отметить, что в первую очередь необходимо решать задачу снижения динамичности вертикальных составляющих опорных реакций ОК, поскольку они гораздо выше горизонтальных составляющих [9].

На основании вышеизложенного сотрудниками кафедры «Горные машины» ДонНТУ совместно с конструкторами Горловского

машзавода им. С.М. Кирова при выполнении ряда НИР был разработан пакет перспективных ВЗУ, встраиваемых в входящие в состав ПК опорные механизмы (ОМ) очистных комбайнов. На этапе создания новых ОК конструктор, исходя из габаритных, функциональных и конструктивных особенностей их ОМ, может принимать за основу одну из конструктивных схем, входящих в состав указанного пакета, при необходимости разработки рассматриваемых ВЗУ.

На этапе реализации данных конструктивных схем в виде реальных образцов ВЗУ возникает задача, связанная с установлением рациональных динамических параметров (прежде всего упругих и диссипативных) проектируемого ВЗУ. Во многих случаях практически достаточно и экономически выгодно указанную задачу решать методом имитационного моделирования процесса функционирования основных силовых подсистем объекта исследования или отдельных их элементов, выполняемого на основе корректных математических моделей данных подсистем.

Такая постановка задачи применительно к рассматриваемому вопросу требует, прежде всего, разработки эквивалентных динамических схем корпусной подсистемы ОК, включающих ОМ со встроенными ВЗУ. Эти эквивалентные динамические схемы могут быть разработаны на основе синтеза эквивалентных динамических схем ПК базового комбайна и рассматриваемых ВЗУ.

**Постановка задачи.** Цель настоящей работы состоит в формировании корректных эквивалентных динамических схем перспективных ВЗУ, встраиваемых в опорные механизмы современных высокоэнерговооруженных очистных комбайнов, на основе развития и обобщения вышеуказанных разработок.

**Изложение основного материала.** Как известно одно из основных отличительных функциональных свойств ОМ очистных комбайнов состоит в возможности (или отсутствия такой возможности) регулирования пространственного положения корпуса машины, т.е. опорные механизмы могут быть регулируемы (ОМР) или нерегулируемы (ОМН). При наличии у очистного комбайна ОМР они, как правило, располагаются с забойной стороны корпуса машины, а с завальной стороны – ОМН.

Применительно к нерегулируемым опорным механизмам ВЗУ целесообразно выполнять в виде дополнительного упругого и диссипативного звеньев (дополнительные связи соответственно 0-го и 1-го порядка), встраиваемых между корпусом машины и лыжами данных

опор. При этом указанные дополнительные связи конструктивно необходимо реализовывать, исходя из минимизации конструктивных изменений базовых ОМН. На рис. 1 представлена конструкция нерегулируемой опоры ОК со встроенным ВЗУ-I. В данной конструкции дополнительная связь 0-го порядка выполнена в виде листовых рессор 5, а в качестве дополнительной связи 1-го порядка служат фрикционные пластины 4.

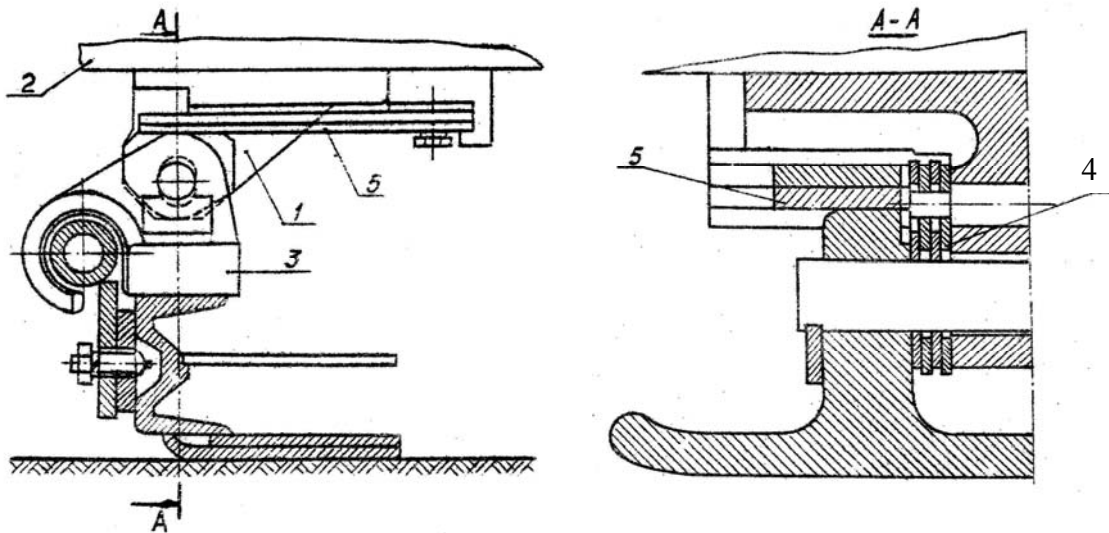


Рисунок 1. – Виброзащитное устройство типа ВЗУ-I

Под действием усилий, формирующихся в опоре, рессоры 5 прогибаются, вследствие чего происходит перемещение лыжи 3 относительно корпуса 2 и соответственно кронштейна 1 благодаря наличию овальных отверстий во фрикционных пластинах 4 и кронштейне 1. При этом фрикционные пластины проскальзывают относительно друг друга, обеспечивая рассеивание энергии колебаний корпуса комбайна.

Применительно к ряду современных и вновь создаваемым очистным комбайнам (КДК 400, КДК 500 и др.), у которых оси лыж ОМН одновременно выполняют и функцию осей ведущих зубчатых колес движителей подсистем подачи с жестким тяговым органом, виброзащитное устройства типа ВЗУ-II целесообразно встраивать между кронштейном опоры 1 и корпусом комбайна 2, см. рис.2. Учитывая несколько смещенное (несоосное) расположение лыжи 3 относительно узла крепления кронштейна к корпусу машины, упругие элементы ВЗУ могут быть выполнены в виде цилиндро-параболических стержней 4, работающих на изгиб под воздействием крутящего момента, формируемого вертикальной составляющей опорной реакции и тяговым усилием движителя. Функцию диссипативной связи

при этом будут выполнять силы трения между опорными цилиндрическими поверхностями кронштейна и корпуса комбайна при их взаимном провороте, обусловленном деформацией упругих цилиндро-параболических стержней.

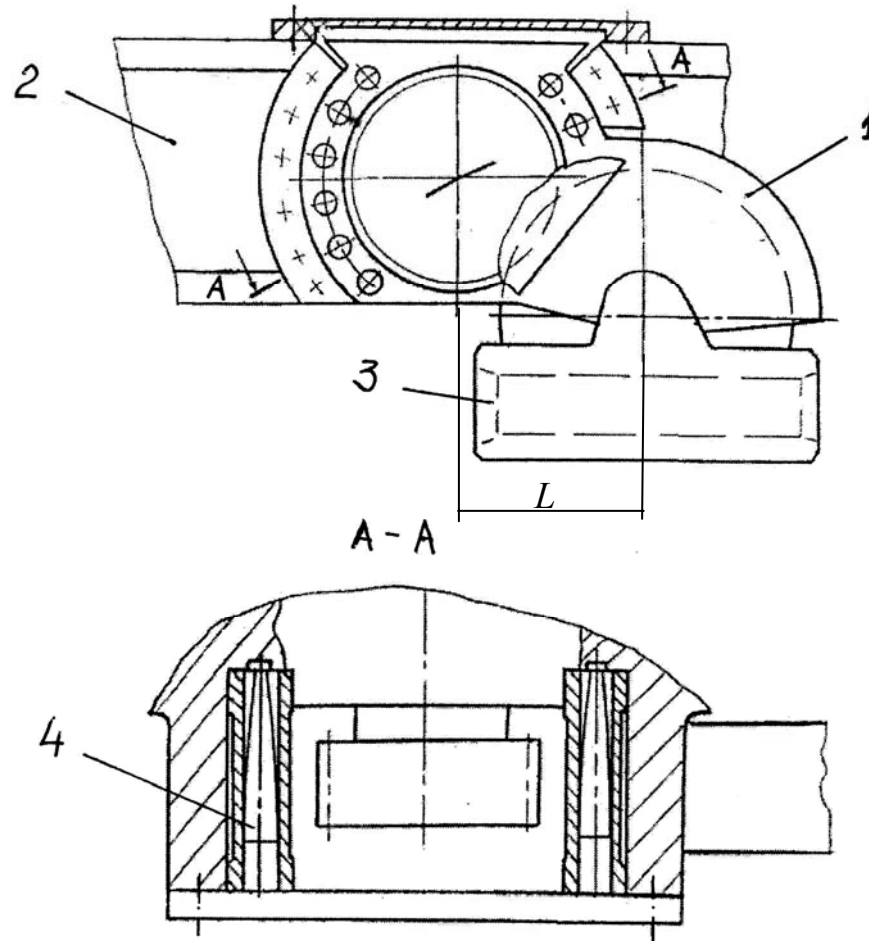


Рисунок 2. – Виброзащитное устройство типа ВЗУ-II

Рассмотренная конструктивная схема при своей сравнительной простоте позволяет разработать работоспособную и эффективную конструкцию ВЗУ, поскольку базируется на проверенных принципах рассеивания энергии колебаний в подсистемах привода исполнительных органов ряда очистных комбайнов, путем встройки в их шнеки подобного типа ВЗУ [2, 5, 10].

Применительно к ОМР с учетом специфики гидросистем этих механизмов разработаны два варианта ВЗУ. Для случая, когда одноименные полости гидродомкратов ОМР при отсутствии на них управляющих воздействий со стороны оператора между собой не соединены (исполнение ОМР<sub>н</sub>) виброзащитное устройство типа ВЗУ-III конструктивно может быть вписано в шток гидродомкрата регулируемой опоры, см. рис. 3.

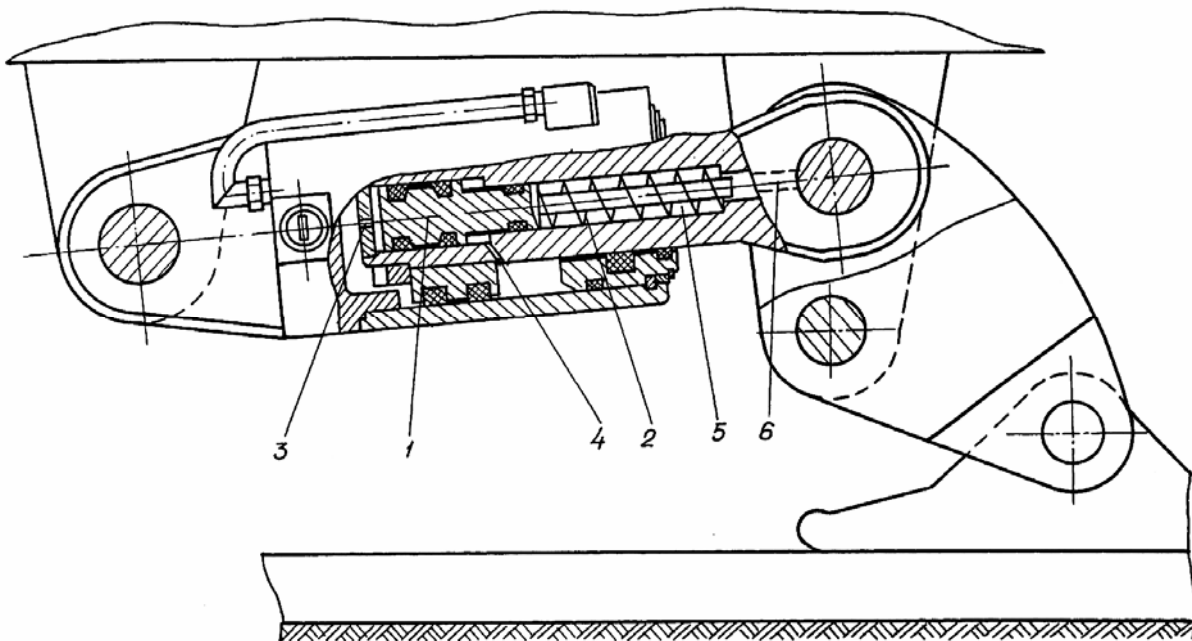


Рисунок 3. –Виброзахитне устройство типа ВЗУ-III

Данное ВЗУ содержит плунжер 1, подпружиненный упругим элементом 2, и дроссельные каналы 3 и 4. Плунжер выполнен ступенчатым для компенсации разности приращений объемов поршневой и штоковой полостей гидродомкрата. Удаление масла, попадающего в полость 5 вследствие утечек, осуществляется через дренажный канал 6.

Динамические нагрузки, формирующиеся в  $ОМР_n$  вызывают деформацию упругого элемента 2 и, как следствие, – возвратно-поступательное перемещение плунжера 1. При этом рабочая жидкость дросселируется через соответствующие каналы, и за счет этого происходит рассеивание энергии колебаний корпуса комбайна.

Если одноименные полости гидродомкратов  $ОМР$  между собой гидравлически связаны и работают по схеме гидравлического балансира (исполнение  $ОМР_c$ ), то целесообразно использовать виброзащитное устройство типа ВЗУ-IV (см. рис. 4), которое сравнительно просто может быть реализовано на основе базовой машины.

Указанное ВЗУ включает в себя гидромеханический аккумулятор 1 (ГМА), внутри корпуса которого содержится плунжер 2, грундбукса 3 и проставка 4, образующие поршневую 5 и штоковую 6 полости, а также камеры 7 и 8. Поршневая и штоковая полости соединены с одноименными полостями гидродомкратов регулируемых опор  $ГД1$  и  $ГД2$ . В камере 8 соосно с плунжером расположен пакет тарельчатых пружин 9. Камера 8 подключена к напорной гидролинии насоса  $H$ , а камера 7 связана с атмосферой.

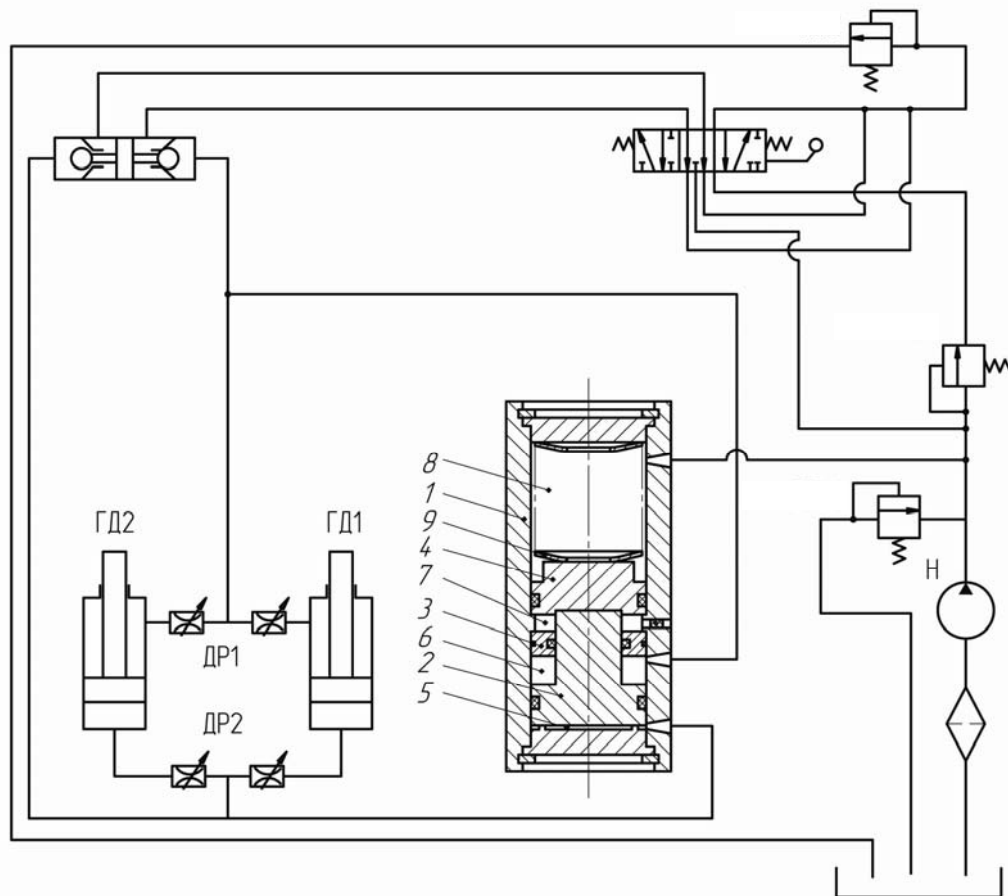


Рисунок 4. –Виброзащитное устройство типа ВЗУ-IV

При конструктивной разработке рассматриваемого ВЗУ обязательно должно обеспечиваться равенство отношений между площадями поршневых и штоковых полостей гидродомкратов регулируемых опор ( $S_n$ ,  $S_{ш}$ ) и ГМА ( $S_{на}$ ,  $S_{ша}$ ):

$$\frac{S_n}{S_{ш}} = \frac{S_{на}}{S_{ша}}$$

Следует также отметить, что за счет подачи рабочей жидкости с необходимым давлением от напорной магистрали насоса  $H$  в камеру 8 ГМА будет обеспечиваться частичная разгрузка его упругого элемента от средних уровней нагрузок, формирующихся в регулируемых опорах комбайна, вследствие чего упругий элемент будет в основном воспринимать динамические составляющие указанных нагрузок. Это позволит при сравнительно небольших габаритах ГМА реализовать достаточно податливый упругий элемент, что будет способствовать повышению эффективности функционирования ВЗУ.

Принцип работы рассматриваемого ВЗУ состоит в том, что при перетекании рабочей жидкости между одноименными полостями как самих гидродомкратов регулируемых опор, так и между полостями

данных гидродомкратов и соответствующими полостями ГМА будет происходить рассеивание энергии пространственных колебаний корпуса комбайна за счет гидравлического сопротивления соединительных гидромагистралей и встроенных в них дросселей ДР1 и ДР2.

Под динамическими эквивалентными схемами всех вышерассмотренных ВЗУ будем понимать в общем случае такое сочетание дополнительных связей 0-го (по перемещению), 1-го (по скорости) и 2-го (по ускорению) порядка, при введении которых в динамическую эквивалентную схему ПК базового комбайна моделируемые вертикальные составляющие его опорных реакций были бы адекватны реакциям, формирующимся в ОМ реальной машины при наличии в последних данных ВЗУ.

В общем случае эквивалентная динамическая схема ПК базовой машины характеризует пространственные колебания корпуса комбайна, рассматриваемого в качестве сосредоточенной массы, на 4-х (исполнение ОМР<sub>н</sub>) или на 3-х (исполнение ОМР<sub>с</sub>) упруго-диссипативных опорах, представленных в виде основных параллельно работающих связей соответственно 0-го и 1-го порядков [4]. Для описания пространственных колебаний корпуса комбайна целесообразно использовать прямоугольную систему координат OXYZ, оси которой имеют следующую направленность: OX – параллельна груди забоя; OY – перпендикулярна груди забоя; OZ – перпендикулярна почве пласта. При этом начало координат для машин с исполнением ОМР<sub>н</sub> совпадает с центром масс комбайна, а для машин с исполнением ОМР<sub>с</sub> начало координат вдоль оси OX, проходящей через центр масс комбайна, равноудалено по отношению к каждому ОМР. В качестве обобщенных координат, описывающих доминирующие (с позиции формирования вертикальных составляющих опорных реакций) пространственные колебания корпуса комбайна в рассмотренной системе координат OXYZ могут быть приняты:

$z$  – перпендикулярное почве пласта перемещение т.О;

$\varphi, \psi$  – угловые перемещения корпуса комбайна вокруг соответственно осей OX и OY.

На основании вышеизложенного сформированы эквивалентные динамические схемы ОМН с ВЗУ-I и ВЗУ-II, обуславливающих введение в ПК дополнительных связей 0-го и 1-го порядков. Если при этом учесть, что указанные дополнительные связи присоединяются последовательно к основным связям ПК, то искомая эквивалентная динамическая схема ОМН при наличии встроенного в него ВЗУ-I или

ВЗУ-II будет иметь вид, представленный на рис.5а. При этом каждая  $i$ -я нерегулируемая опора должна рассматриваться в отдельности под воздействием следующего обобщенного кинематического возмущения:

$$b_{oi} = z + \varphi x_{oi} + \psi y_{oi},$$

где  $x_{oi}$ ,  $y_{oi}$  - координаты  $i$ -ой опоры в координатной системе OXYZ.

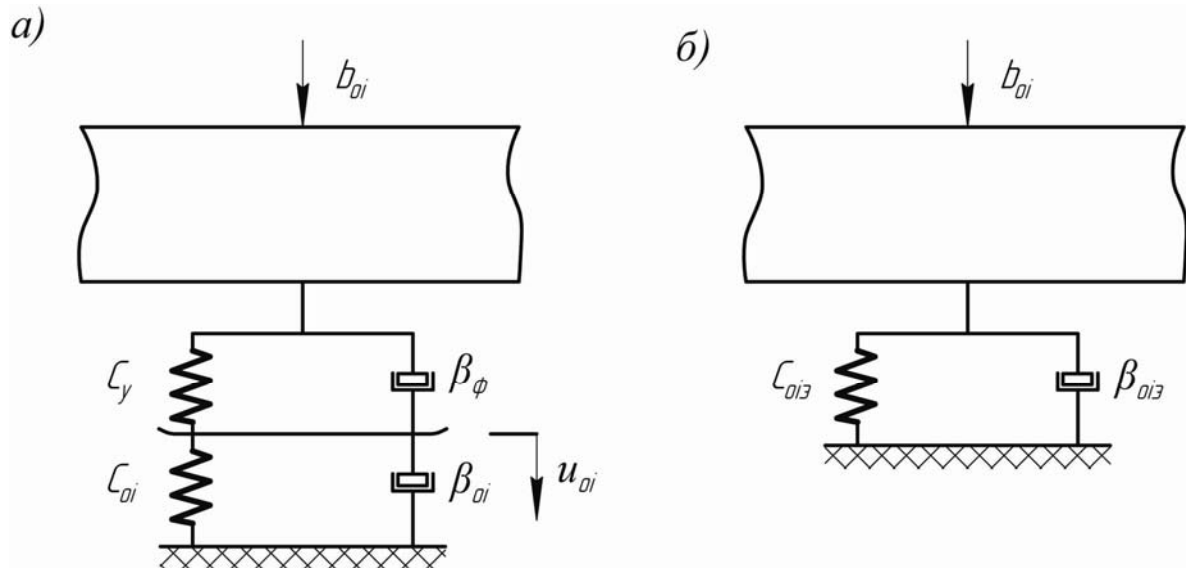


Рисунок 5. – Эквивалентная динамическая схема ОМН с ВЗУ-I и ВЗУ-II

На рис.5 а обозначены следующие параметры и характеристики:  $C_y$  и  $\beta_\phi$  - соответственно коэффициент жесткости упругих элементов ВЗУ-I или ВЗУ-II и коэффициент демпфирования, отражающий фрикционное трение между соответствующими элементами этих ВЗУ при относительном их проскальзывании;  $C_{oi}$  и  $\beta_{oi}$  - обобщенные коэффициенты жесткости и демпфирования, обусловленные соответственно упругими и диссипативными свойствами элементов рештаточно става (включая и его навесное оборудование) и «штыбовой подушки» на почве пласта, располагающихся под  $i$ -ой опорой комбайна;  $u_{oi}$  - дополнительная обобщенная координата, характеризующая вертикальные перемещения опорной поверхности лыжи  $i$ -го ОМН.

Необходимо отметить, что физически более приемлемыми характеристиками применительно к ВЗУ-II является коэффициент крутильной жесткости  $C_y^{кр}$  и коэффициента крутильного демпфирования  $\beta_\phi^{кр}$ , которые связаны с приведенными выше параметрами его эквивалентной динамической схемы следующими зависимостями:



$$C_y^{кр} = C_y L^2; \quad \beta_y^{кр} = \beta_y L,$$

где  $L$  – плечо кронштейна нерегулируемой опоры, конструктивно совмещенной с ведущим зубчатым колесом движителя подсистем подачи комбайна с жестким тяговым органом, см. рис.2.

Исходя из допустимости представления в качестве линейных вышерассмотренных дополнительных и основных связей ПК [2, 4, 5, 6 и др.] и пренебрегая инерционными свойствами сравнительно не тяжелых (по сравнению с массой всего комбайна) лыж и соответствующих кронштейнов его ОМН, сформированная эквивалентная расчетная схема может быть трансформирована в более простой вид, см. рис.5б. Здесь величины эквивалентного линейного коэффициента жесткости  $C_{oiэ}$  и эквивалентного линейного коэффициента демпфирования  $\beta_{oiэ}$  следует определять из выражений [11]:

$$C_{oiэ} = \frac{C_y C_{oi}}{C_y + C_{oi}}; \quad \beta_{oiэ} = C_{oiэ} \left( \frac{\beta_y}{C_y^2} + \frac{\beta_{oi}}{C_{oi}^2} \right).$$

Таким образом, можно в первом приближении считать, что введение ВЗУ-I или ВЗУ-II в ОМН не приводит к изменению эквивалентной расчетной схемы ПК базовой машины, но при этом появляется возможность достаточно широкого варьирования значениями упругих и диссипативных характеристик данной силовой подсистемы при решении задачи структурно-параметрической оптимизации вновь проектируемых очистных комбайнов.

На рис. 6 приведена эквивалентная динамическая схема  $i$ -го ( $i = 1; 2$ ) ОМР со встроенным ВЗУ-III. Динамические процессы, протекающие в каждом рассматриваемом ОМР под воздействием кинематического возмущения  $b_{oi}$  со стороны корпуса комбайна описываются дополнительными обобщенными координатами  $q_{oi}$  и  $v_{oi}$ . При этом  $q_{oi}$  характеризует приведенные к вертикальным (с учетом кинематики двухплечего рычажного механизма, входящего в конструкцию ОМР, см. рис. 3) перемещения цилиндров гидродомкратов ОМР относительно их поршней, обусловленные упругой деформацией пружины ВЗУ-III, а  $v_{oi}$  - вертикальные перемещения опорных поверхностей лыж, обусловленные суммарной упругой деформацией соответствующих элементов навесного оборудования, рештачного става и «штыбовой подушки» на почве пласта.

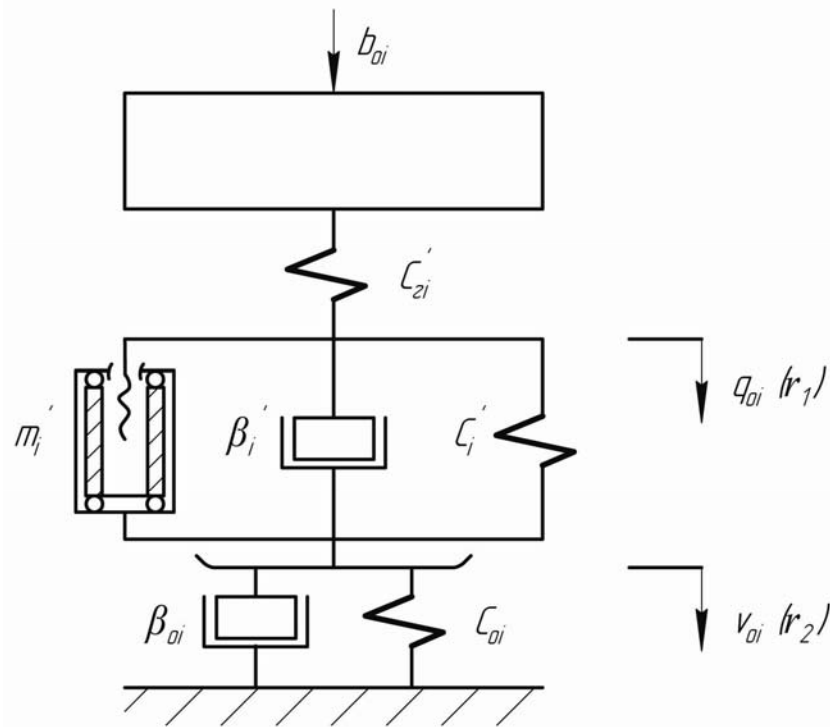


Рисунок 6. – Эквивалентная динамическая схема ОМР с ВЗУ-III

На рис.6, наряду с уже вышеописанными характеристиками (см. рис. 5 а), также указаны следующие динамические параметры  $i$ -го ОМР со встроенным ВЗУ-III:  $C'_{zi}$  - приведенный коэффициент жесткости, характеризующий упругие свойства рабочей жидкости, содержащейся в поршневой и штоковой полостях гидродомкрата ОМР с учетом податливости его цилиндра;  $C'_i$  - приведенный коэффициент жесткости упругого элемента ВЗУ;  $\beta'_i$  - приведенный коэффициент демпфирования, характеризующий рассеивание энергии колебаний корпуса комбайна, обусловленное перетеканием рабочей жидкости через дроссельные каналы ВЗУ и работой сил трения в шарнирных узлах рычажного механизма;  $m'_i$  - приведенная масса рабочей жидкости, находящейся в дроссельных каналах ВЗУ.

Исходя из вышеотмеченной специфики формирования демпфирующих свойств ВЗУ-III, на стадии выбора его рациональных параметров необходимо детально проанализировать и оценить влияние, оказываемое трением в шарнирных узлах рычажного механизма на эффективность работы данного ВЗУ. Это связано с тем, что с одной стороны наличие трения в шарнирных узлах рычажного механизма будет способствовать повышению демпфирующих свойств ВЗУ-III, а, с другой стороны, при определенных условиях может блокировать

его работу и, тем самым, снижать эффективность его функционирования [12].

При составлении эквивалентной динамической схемы ОМР с ВЗУ-IV должна учитываться специфика их гидравлической схемы, состоящая в том, что как при наличии, так и при отсутствии ВЗУ-IV колебания корпуса комбайна вокруг оси ОУ (обобщенная координата  $\varphi$ ) будут сопровождаться перетеканием рабочей жидкости между одноименными полостями гидродомкратов ОМР. Вследствие этого необходимо рассматривать две качественно различные эквивалентные динамические схемы ОМР с ВЗУ-IV. Эти схемы должны характеризовать динамические процессы, формирующиеся в данных опорных механизмах при дифференцированном воздействии на них следующих двух кинематических возмущений:

$$a = \varphi l_{op}; \quad c = z + \psi y_{oi},$$

где  $l_{op}$  - половина расстояния по оси ОХ между забойными ОМР.

На рис.7 приведена эквивалентная динамическая схема ОМР с ВЗУ-IV при воздействии на них кинематического возмущения  $a$ . Данная схема характеризуется тремя дополнительными обобщенными координатами  $d_1, d_2, d_3$ , а ее динамические параметры равны:

$$C_n = 2C_{ng}; \quad C_{ш} = 2C_{шг}; \quad m_n = m_{нж} \left( \frac{S_n}{S_k} \right)^2; \quad m_{ш} = m_{шж} \left( \frac{S_{ш}}{S_k} \right)^2;$$

$$\beta_n = \kappa_n S_n; \quad \beta_{ш} = \kappa_{ш} S_{ш}; \quad \beta'_{оэ} = 2\beta_{oi}; \quad C'_{оэ} = 2C_{oi},$$

где  $C_{ng}, C_{шг}$  - коэффициенты жесткости, характеризующие упругие свойства жидкости, находящейся соответственно в поршневых и штоковых полостях гидродомкратов ОМР, а также упругие свойства самих гидродомкратов;  $m_{нж}, m_{шж}$  - масса рабочей жидкости, находящейся в гидролиниях, соединяющих соответственно поршневые и штоковые полости гидродомкратов ОМР;  $\kappa_n, \kappa_{ш}$  - приведенные коэффициенты сопротивления гидролиний, соединяющих соответственно поршневые и штоковые полости гидродомкратов ОМР, с учетом сопротивлений встроенных в них регулируемых дросселей и потерь на трения в самих гидродомкратах;  $S_n, S_{ш}, S_k$  - площади соответственно поршневой и штоковой полостей гидродомкрата ОМР и поперечного сечения канала соединительных гидролиний.

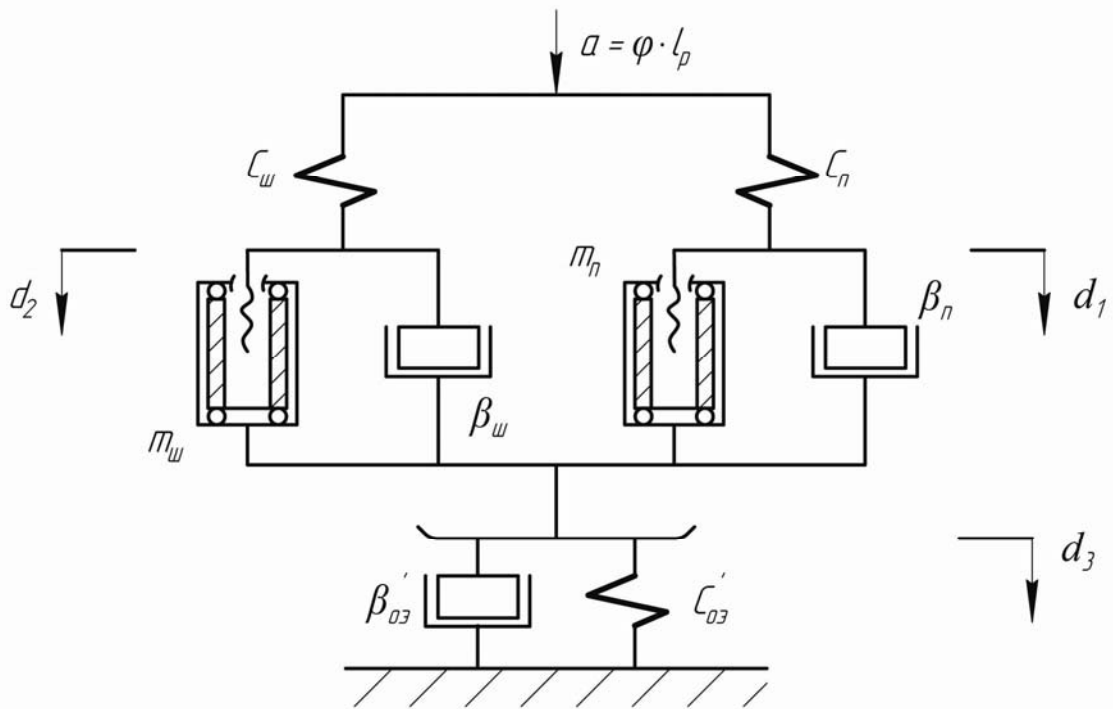


Рисунок 7. – Эквивалентная динамическая схема ОМР с ВЗУ-IV

Следует отметить, что в рассмотренной эквивалентной динамической схеме не нашли отражения упругие свойства соединяющих гидролиний, а находящаяся в них рабочая жидкость представляется в качестве весомого несжимаемого поршня. Такое допущение, довольно часто используемое при исследовании гидросистем [13, 14 и др.], позволяет, не прибегая к рассмотрению систем с распределенными параметрами, с достаточной инженерной точностью учесть инерционные свойства рабочей жидкости в указанных гидролиниях

Эквивалентная динамическая схема ОМР с ВЗУ-IV при воздействии кинематического возмущения  $c = z + \psi y_{oi}$  структурно аналогична эквивалентной динамической схеме ОМР с ВЗУ-III (см. рис. 6). При этом динамические процессы в ОМР с ВЗУ-IV будут характеризоваться дополнительными обобщенными координатами  $r_1$  и  $r_2$  (на рис. 6 показаны в скобках), а все остальные динамические параметры, приведенные на рис. 6, должны быть адекватно представлены в виде следующих характеристик:

$$m'_i \equiv m' = (0,25m_{нж} + m_{анж}) \left( \frac{2S_n}{S_k} \right)^2 + (0,25m_{шж} + m_{ашж}) \left( \frac{2S_{ш}}{S_k} \right)^2;$$

$$\beta'_i \equiv \beta_i = (\kappa_n + 4\kappa_{ан})S_n + (\kappa_{ш} + 4\kappa_{аш})S_{ш}; \quad C'_{2i} \equiv C'_2 = 2(C_{n2} + C_{ш2});$$

$$C_{oi} \equiv C'_{o3} = 2C_{oi}; \quad \beta_{oi} \equiv \beta'_{o3} = 2\beta_{oi},$$

Где  $K_{ан}$ ,  $K_{аш}$ ,  $m_{анж}$ ,  $m_{ашж}$  - эквивалентные приведенные коэффициенты сопротивления вспомогательных (технологических) гидрولينий, подводимых к ГМА, и массы рабочей жидкости в этих гидрелиниях.

**Выводы и направление дальнейших исследований.** В результате выполненного анализа применительно к рассмотренным ВЗУ представлен ряд их эквивалентных динамических схем. Реализация данных эквивалентных схем в составе соответствующих математических моделей позволит на основе имитационного моделирования динамических процессов в корпусных подсистемах устанавливать рациональные параметры ВЗУ и в конечном итоге обеспечить существенное снижение динамической нагруженности опорных механизмов современных высокоэнерговооруженных очистных комбайнов, а, следовательно, повысить надежность их корпусных подсистем и машин в целом.

Список источников:

1. Гуляев В.Г., Горбатов П.А., Кондрахин В.П. Оптимизация динамических свойств очистных комбайнов демпфирующими устройствами в силовых системах // Изв. вузов. Горн. журн.- 1981.- №5.- С.79-83.
2. Горбатов П.А. Теория функционирования и совершенствование очистных комбайнов как нелинейных динамических систем. Дис. ... докт.техн.наук.-Донецк.-1991.-551с.
3. Горбатов П.А., Лысенко Н.М., Марченко И.Н. Нелинейные математические модели для имитационного моделирования динамических процессов в корпусных системах очистных комбайнов с виброзащитными устройствами // Изв. вузов. Горн. журн.- 1990.- №11.- С.75-79.
4. Лысенко Н.М. Снижение динамических нагрузок в корпусной группе очистных комбайнов со шнековыми исполнительными органами. Дис. ... канд. техн. наук. - Донецк.- 1986.-266с.
5. Гуляев В.Г. Научные основы оптимизации динамических свойств очистных комбайнов демпфирующими устройствами. Дис. ... докт.техн.наук.-Донецк.-1985.-498с.
6. Марченко И.Н. Установление нагрузок и рациональных динамических параметров опорно-регулирующих механизмов очистных комбайнов с бесцепной системой подачи. Дис. ... канд. техн. наук. - Донецк.-1990.-326с.
7. П.А. Горбатов, Н.М. Лысенко, И.Н. Марченко Максимальные нагрузки в опорно-регулирующих механизмах очистных комбайнов // Уголь Украины.- 1994. -№3. – С.42-44.
8. Лысенко Н.М., Кацюк А.В. Разработка принципиальной конструктивной схемы виброзащитного устройства, встраиваемого в корпусную систему очистного комбайна // «Инженер». – 2003.- №4. Донецк: ДонНТУ. – С.128-129.
9. П.А. Горбатов, Н.М. Лысенко, И.Н. Марченко Методика определения и анализ статических и детерминированных составляющих нагрузок, формирующихся в опорно-направляющих устройствах очистных комбайнов// Изв. вузов. Горн. журн.- 1994.- №1.- С.89-94.
10. СТП-50-0135-90. Комбайны очистные. Система привода исполнительных органов с виброзащитными устройствами. Выбор рациональных динамических и конструктивных параметров виброзащитных устройств. Методика // Горловка: ГМЗ им. С.М. Кирова, 1990.– 17с.

- 11 Ильинский В.С. Защита аппаратов от динамических воздействий. – М.: Энергия, 1970. – 320с.
12. Заяц П.А., Лысенко Н.М. К вопросу проектирования виброзащитных устройств, встраиваемых в регулируемые опоры очистных комбайнов // Механика жидкости и газа: Материалы IV международной научн. конф. – Донецк: ДонНТУ, 2005. – С.73-76.
13. Кондрахин В.П. Динамические нагрузки и колебания в системе подвески и регулирования положения шнековых исполнительных органов очистного комбайна и пути их снижения. Дис. ... канд. техн. наук. - Донецк.-1980.-225с.
14. Селиванов С.А. Исследование и выбор параметров компенсационно-демпфирующих элементов для рабочего режима гидросистем горных машин: Автореф. дис....канд. техн. наук, - М. 1973.-16с.

***П.А.Горбатов, М.М.Лысенко. Еквівалентні динамічні схеми віброзахистних пристроїв, що вбудовуються в опорні механізми очисних комбайнів. Стосовно до пакету перспективних віброзахистних пристроїв, що вбудовуються в опорні механізми сучасних очисних комбайнів, представлені еквівалентні динамічні схеми на основі розвитку та узагальнення розглядуємих розробок. очисні комбайни, корпусна підсистема, опорні механізми, віброзахистні пристрої, еквівалентні динамічні схеми***

***P.A.Gorbatov, N.M.Lysenko. Equivalent dynamic charts of devices protecting from vibrations, built in supporting mechanisms of cleansing combines. As it applies to the package of perspective devices protecting from vibrations, built in the supporting mechanisms of modern cleansing combines, equivalent dynamic charts are presented on the basis of development and generalization of the considered developments. cleansing combines, corps subsystem, supporting mechanisms, devices protecting from vibrations, equivalent dynamic charts***

*Стаття надійшла до редколегії 03.09.2010*

*Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.К.Семенченко*

© П.А. Горбатов, Н.М.Лысенко, 2010