

УДК 622.232.7

ВЛИЯНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ АКСИАЛЬНЫХ КОРОНОК КОМБАЙНА П110 НА МАКСИМАЛЬНУЮ СКОРОСТЬ ПОДАЧИ

Семенченко А.К., докт. техн. наук, проф., Хиценко Н.В.,
ассистент, Донецкий национальный технический университет

Исследовано влияние динамических колебаний проходческого комбайна с аксиальными коронками на формирование максимальной толщины среза

The influence of vibration of heading machine with transverse cutting heads on forming of maximal depth of cut is investigated

Проблема и ее связь с научными или практическими задачами. Задача повышения технического уровня проходческих комбайнов (ПК) является актуальной, ее решение обеспечит повышение конкурентоспособности отечественных горных машин и эффективности горного производства. Один из аспектов решения этой задачи – проблема обоснования параметров системы подачи исполнительного органа (ИО).

Анализ исследований и публикаций. Вопрос выбора динамических параметров системы подачи для ПК достаточно изучен [1]. Вместе с тем, такой важный параметр как максимальная скорость подачи выбирается исходя из обеспечения толщины стружки, не превышающей радиальный вылет резца [2]. Известно [3], что неравномерность подачи очистных комбайнов может привести к колебаниям толщины стружки на резцах. Для ПК вопрос влияния неравномерности подачи ИО, вызванной их динамическим функционированием, на формирование максимальной толщины стружки не изучен. Ввиду сложности математического описания рабочего процесса ПК для исследований принят метод имитационного математического моделирования [4].

Постановка задачи. Цель исследования – обосновать обусловленное динамическим функционированием ПК ограничение максимальной по вылету резца скорости подачи ИО. В качестве объекта исследования был принят ПК П110. Задачи исследования:

- разработка и реализация математической модели (ММ) динамического функционирования ПК;

- модельные исследования неравномерности движения ИО и оценка ее влияния на формирование максимальных толщин среза и максимальную по вылету резца скорость подачи.

Изложение материала и результаты. Математическая модель динамического функционирования ПК построена на основании его системного представления как совокупности подсистем. Основные подсистемы: подсистема внешней динамики корпуса комбайна; подсистема подачи ИО; подсистема привода ИО.

Для решения поставленных задач ММ может быть упрощена исключением подсистемы привода ИО, так как в рабочем режиме привод имеет жесткую характеристику и скорость вращения коронки может быть принята постоянной, а работа ПК с нестационарными режимами работы привода не исследуется.

В основу ММ (рис. 1) положены функционально законченные элементы (ФЗЭ), математические описания которых известны [4, 5]: пространственно перемещающаяся масса (М), сферический шарнир (Ш), упор (У), гидроцилиндр (Ц), коронка (К), насос (Н), предохранительный клапан (ПК), трубопровод (Т), регулятор расхода (РР), распределитель (Р), дроссель (Д), односторонний дроссель (ДО), делитель потока (ДП), гидрозамок (ГЗ).

При описании внешней динамики ПК представлен как система, состоящая из трех масс: корпуса комбайна М1, поворотной рамы (ту-рели) М2 и стрелы М3. Корпус комбайна установлен на почве выработки на четырех опорах У1..4, две из которых соответствуют носку питателя, остальные – аутригерам. При составлении ММ подсистемы подачи ИО выделена часть гидросистемы, обеспечивающая перемещение ИО в основных режимах работы: цилиндры поворота Ц1, Ц2 и подъема Ц3, Ц4 ИО и гидроаппаратура, подводящая к ним рабочую жидкость. Модели ФЗЭ гидропривода, приведенные в [5] доработаны с учетом возможности наличия нерастворенного воздуха в гидросис-теме.

Математическая модель динамического функционирования ПК:

$$\begin{cases} f_M(\bar{X}_{M1..3}, \bar{Y}_{M1..3}, \bar{P}_{M1..3}) = 0; & f_C(\bar{X}_{C1..4}, \bar{Y}_{C1..4}, \bar{P}_{C1..4}) = 0; \\ \bar{Y}_{Ш1..4} = f_{Ш}(\bar{X}_{Ш1..4}, \bar{P}_{Ш1..4}); & \bar{Y}_{У1..4} = f_U(\bar{X}_{У1..4}, \bar{P}_{У1..4}); \\ \bar{Y}_{К1,2} = f_K(\bar{X}_{К1,2}, \bar{P}_{К1,2}); & \bar{Y}_{Н1} = f_N(\bar{X}_{Н1}, \bar{P}_{Н1}); \\ f_{ПК}(\bar{X}_{ПК1}, \bar{Y}_{ПК1}, \bar{P}_{ПК1}) = 0; & f_T(\bar{X}_{Т1..13}, \bar{Y}_{Т1..13}, \bar{P}_{Т1..13}) = 0; \end{cases}$$

$$\begin{cases} f_{PP}(\bar{X}_{PP1}, \bar{Y}_{PP1}, \bar{P}_{PP1}) = 0; & f_P(\bar{X}_{P1,2}, \bar{Y}_{P1,2}, \bar{P}_{P1,2}) = 0; \\ f_D(\bar{X}_{D1,2}, \bar{Y}_{D1,2}, \bar{P}_{D1,2}) = 0; & f_{DO}(\bar{X}_{DO1,2}, \bar{Y}_{DO1,2}, \bar{P}_{DO1,2}) = 0; \\ f_{DP}(\bar{X}_{DP1,2}, \bar{Y}_{DP1,2}, \bar{P}_{DP1,2}) = 0; & f_{G3}(\bar{X}_{G31..4}, \bar{Y}_{G31..4}, \bar{P}_{G31..4}) = 0, \end{cases}$$

где $f_N()$ – вектор-функция, задающая математическое описание ФЗЭ N-го типа ($N="M", "Ц", \dots$); $\bar{X}_{Ni}, \bar{Y}_{Ni}, \bar{P}_{Ni}$ – соответственно векторы входных, выходных величин и вектор параметров для i-го ФЗЭ N-го типа.

Цель вычислительного эксперимента – оценить, во сколько раз увеличится максимальная толщина стружки при неравномерном (вследствие динамического функционирования) движении ИО по сравнению с равномерным движением. Увеличение максимальной толщины стружки характеризуется коэффициентом динамического повышения максимальной толщины стружки:

$$k_{hd} = h_{\max}^d / h_{\max}^p,$$

где h_{\max}^d, h_{\max}^p – максимальные толщины стружки на резцах при динамическом (неравномерном) и равномерном движении ИО.

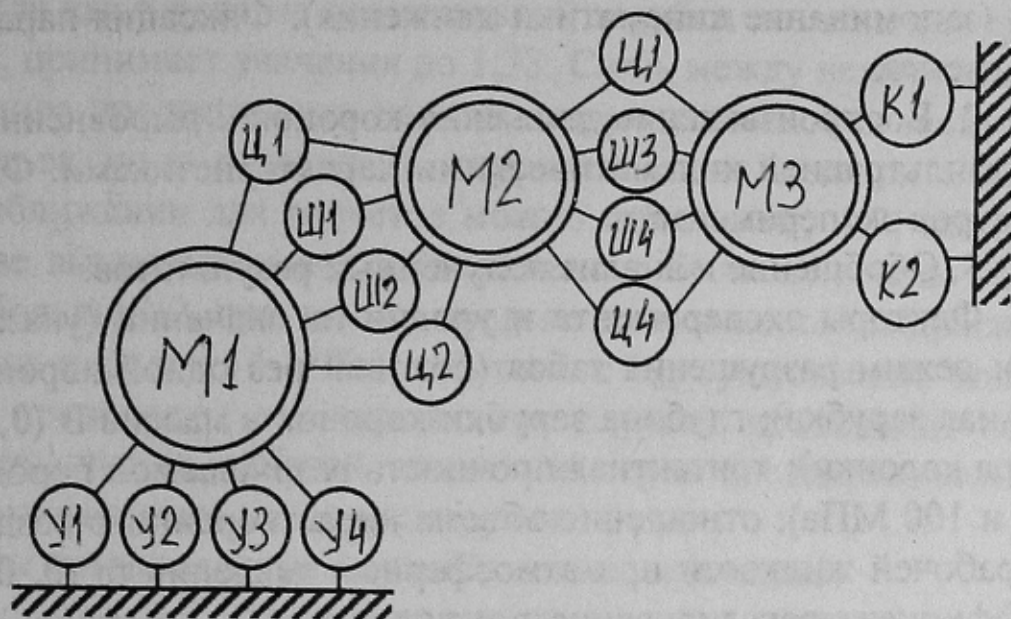
Коэффициент k_{hd} также показывает, во сколько раз должна быть снижена полученная в предположении равномерного движения максимальная по вылету резца скорость подачи ИО для нормальной работы резца с учетом динамического функционирования ПК.

В различных режимах разрушения забоя фиксировался основной параметр – максимальная толщина стружки на резцах коронок h_{\max} , а также дополнительные параметры: $\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z$ – амплитуды колебаний коронок относительно траектории равномерного движения вдоль осей системы координат, связанной с забоем (Ox – вдоль оси выработки, Oz – вертикальная), M – момент сопротивления на валу коронок.

Методика оценки влияния пространственных колебаний ИО на максимальную по вылету резца скорость подачи предусматривает выполнение следующих этапов:

1. Математическое моделирование рабочего процесса ПК с запоминанием траектории движения коронок, их скоростей и ориента-

а)



б)

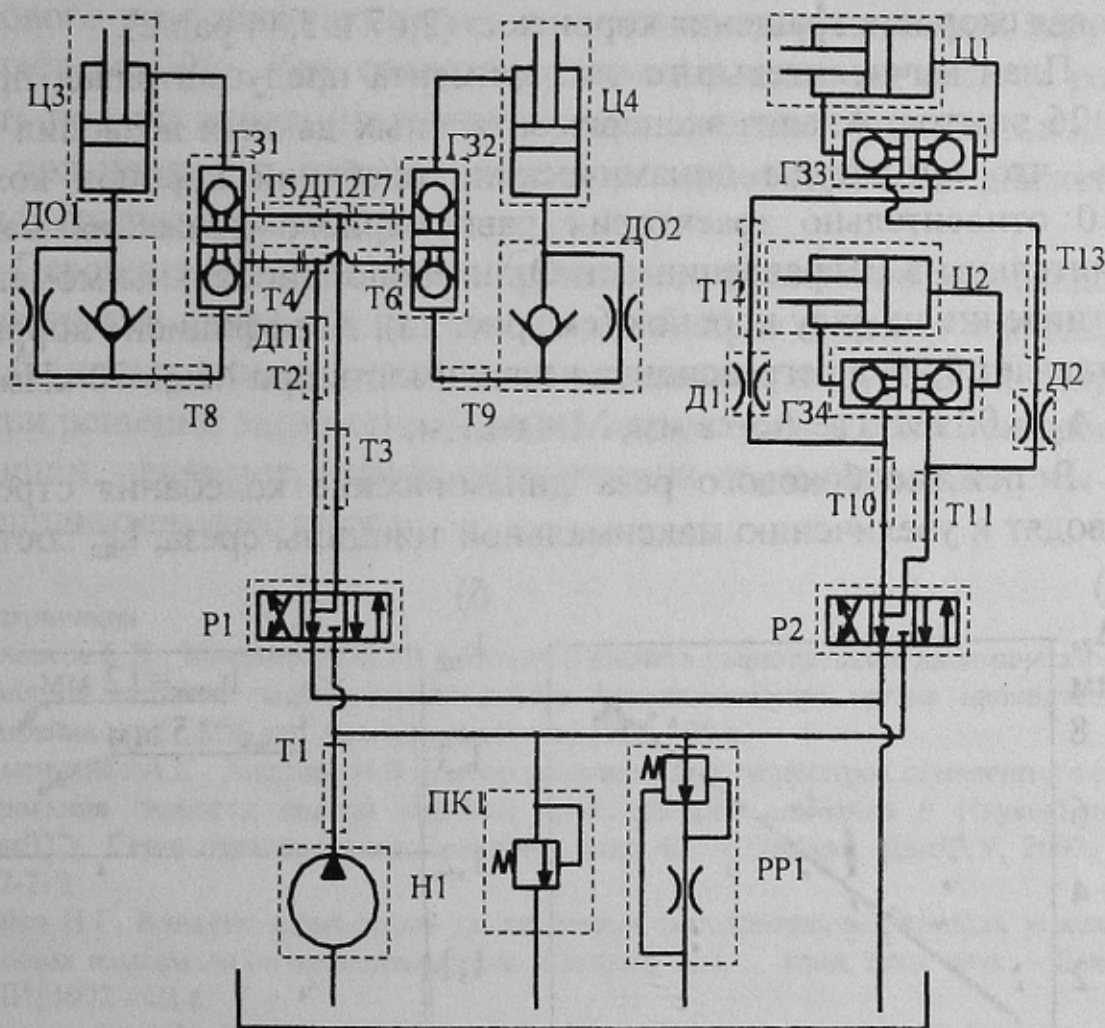


Рисунок 1 – Структурная схема ПК П110: конструкции (а) и гидропривода (б)

ции (запоминание кинематики движения). Фиксация параметров эксперимента.

2. Воспроизведение движения коронок с выровненными линейной фильтрацией кинематическими характеристиками. Фиксация параметров эксперимента.

3. Обобщение и анализ полученных результатов.

Факторы эксперимента и уровни их значений (указаны в скобках): режим разрушения забоя (боковой рез одной короной, вертикальная зарубка); глубина зарубки коронок в массив В (0,8 и 0,4 диаметра коронки); контактная прочность разрушаемой породы p_k (1000, 500 и 100 МПа); отношение объема нерастворенного воздуха к объему рабочей жидкости при атмосферном давлении m (0, 0,07 и 0,15); коэффициент регулирования подачи насоса $k_{\text{рег}}$ (уровни выбирались исходя из обеспечения подачи коронок за оборот $s_k \approx 100, 75$ и 50 мм); угловая скорость вращения коронок ω (2,67 и 5,44 рад/с).

План вычислительного эксперимента предусматривал проведение 26 опытов. Анализ экспериментальных данных позволил заключить, что амплитуды динамических колебаний коронок комбайна П110 относительно траектории равномерного движения наиболее значительны в направлении оси Oz и пропорциональны моменту сопротивления на валу коронок (см. рис. 2а). Коэффициент корреляции составляет 0,96, а регрессионная зависимость при М до 70 кНм имеет вид $\Delta_z = 0,11M$, где Δ_z – в мм, М – в кНм.

В режиме бокового реза динамические колебания стрелы не приводят к увеличению максимальной толщины среза, $k_{\text{нд}}$ составляет

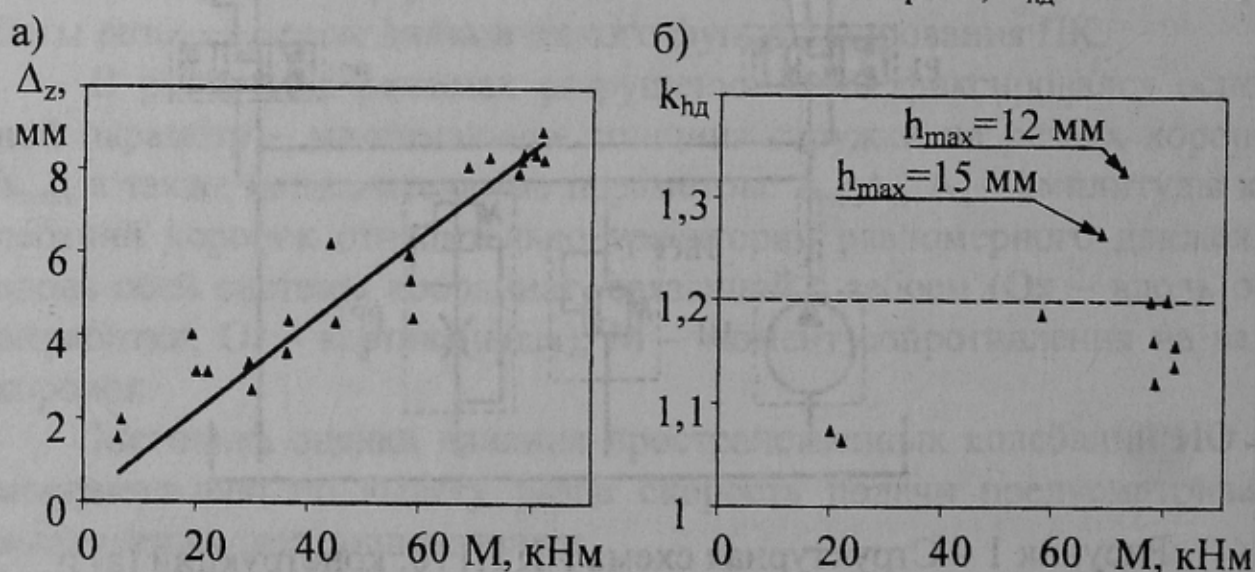


Рисунок 2 – Зависимости Δ_z (а) и $k_{\text{нд}}$ в режиме вертикальной зарубки (б) от момента сопротивления на валу коронок

до 1,01, тогда как в режиме вертикальной зарубки это влияние существенно, k_{hd} принимает значения до 1,33. Связь между величинами Δ_z и M позволила предположить наличие корреляционной зависимости k_{hd} и M . Как видно из рисунка 2б, корреляция этих величин слаба. В первом приближении для расчетов можно принять $k_{hd}=1,2$, так как в большинстве вычислительных экспериментов были получены значения k_{hd} не больше 1,2, при чем на пределе возможностей гидросистемы (давление порядка 14 МПа); опытами с k_{hd} существенно больше 1,2 можно пренебречь, так как в этих случаях происходит сброс большого количества рабочей жидкости через предохранительный клапан и максимальные толщины стружек малы.

Выводы и направление дальнейших исследований.

1. Относительное увеличение максимальной толщины среза, вызванное динамическими колебаниями стрелы комбайна П110 в режиме бокового реза незначительно, а в режиме вертикальной зарубки составляет до 20%. Как следствие, максимальная по вылету резца скорость подачи исполнительного органа в режиме вертикальной зарубки, полученная в предположении его равномерного движения, должна быть снижена в 1,2 раза.

2. Перспективным является проведение аналогичных исследований для других типов проходческих комбайнов с целью выявления более общих закономерностей и использование полученных результатов при решении задач оптимизации параметров и режимов работы этих машин, например, задачи оптимизации параметров системы подачи исполнительного органа.

Список источников.

1. Зиновьев Б.П., Красникова О.Ю. Методика расчета рациональных динамических параметров системы подачи стреловидного исполнительного органа проходческого комбайна. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1988. – 29 с.
2. Семенченко А.К., Хиценко Н.В. Выбор рациональных параметров ступенчатого регулирования скорости подачи коронки проходческого комбайна // Наукові праці ДонДТУ. Серія гірничо-електромеханічна, вип. 42. – Донецьк: ДонДТУ, 2002. – С. 207-212.
3. Бойко Н.Г. Влияние возмущения на шнековых исполнительных органах угледобывающих комбайнов на их перемещение. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Донецк: ДПИ, 1972 – 23 с.
4. Семенченко А.К., Кравченко В.М., Шабаев О.Е. Многокритериальный синтез горных машин и процесса их восстановления как динамических систем. – Донецк: ДонГТУ, 2002 – 312 с.
5. Бажин И.И., Беренгард Ю.Г., Гайцгори М.М. и др. Автоматизированное проектирование машиностроительного гидропривода. – М.: Машиностроение, 1988. – 312 с.