

УДК 622.232.7

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СЛУЧАЙНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ УСИЛИЙ НА РЕЗЦАХ НА НАГРУЖЕННОСТЬ ПОДСИСТЕМ ПРОХОДЧЕСКОГО КОМБАЙНА

В.П. Кондрахин, А.И. Хиценко, С.В. Тыртычный
ГВУЗ "Донецкий национальный технический университет"

Досліджено вплив випадкових складових навантаження на виконавчому органі прохідницького комбайна на навантаження в його підсистемах.

Для создания новых проходческих комбайнов (ПК) высокого технического уровня и модернизации существующих машин необходимо знать эксплуатационные нагрузки в подсистемах, в формировании которых существенную роль играют случайные составляющие (СС).

В работах [1,2] предложена математическая модель формирования нагрузок на резцах исполнительного органа (ИО) с учетом СС. Для моделирования рабочего процесса ПК разработана имитационная математическая модель, учитывающая случайный характер внешней нагрузки на резцах ИО и позволяющая исследовать его влияние на нагрузки в силовых подсистемах ПК в различных режимах его работы, в том числе и в неустановившихся [3].

Влияние СС нагрузки на резцах ИО на показатели работы подсистем комбайна оценивалось путем сравнения спектральных плотностей и значений среднего квадратического отклонения (СКО) откликов, полученных в вычислительных экспериментах с учетом СС нагрузки и без их учета.

Для исследования влияния СС усилий на резцах ИО на нагруженность подсистем ПК были проведены вычислительные эксперименты, охватывающие характерные режимы разрушения забоя. Эксперименты проводились для различных направлений подачи ИО при разрушении забоя, направлений фрезерования, а также значений контактной прочности породы, скорости подачи ИО, его заглубления в массив и толщины реза.

В качестве откликов рассматривались статистические характеристики реализаций следующих случайных процессов: проекции главного момента на ось OY M_y , проекций главного вектора нагрузки на ИО на вертикальную и горизонтальные оси координат F_x и F_z , момента на выходном валу редуктора привода ИО, мгновенной мощности

электродвигателя (ЭД) привода ИО, реакции опоры комбайна, давления в напорной магистрали и реакции гидродомкрата подъема при повороте ИО и реакции гидродомкрата поворота при подъеме ИО.

Как показал вычислительный эксперимент, СС нагрузки на резцах на низких частотах не оказывают влияние на проекции F_x , F_z и M_y . Влияние СС на проекцию F_x имеет место на диапазоне частот от 15 Гц, на проекцию F_z – от 20 Гц и на M_y – на частоте выше 8 Гц.

При этом в различных режимах относительное увеличение СКО в результате учета СС с доверительной вероятностью 0,95 составляет, %: для F_x – от 25,8 до 94,8; для F_z – от 28,7 до 87,6; для M_y – от 45,1 до 91,3. Для примера на рисунке показаны фрагменты реализаций (а) и оценки спектральных плотностей (б) проекции на ось ОУ главного момента внешних сил на ИО с учетом и без учета СС.

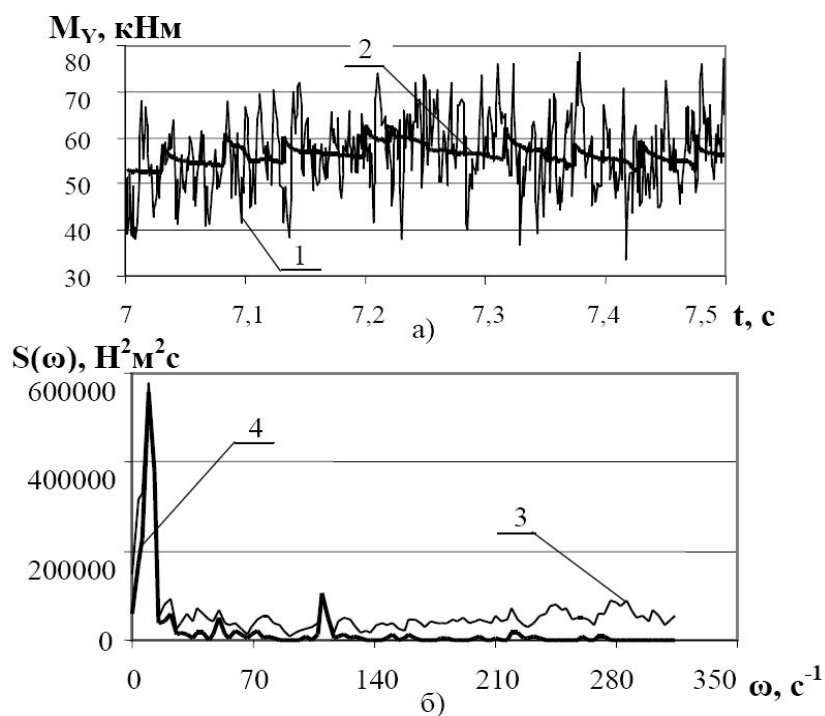


Рис. Фрагменты реализаций (а) и оценки спектральных плотностей (б) проекции M_y с учетом (кривые 1 и 3 соответственно) и без учета СС (кривые 2 и 4 соответственно)

Влияние СС нагрузки на резцах ИО на нагрузки в подсистеме привода ИО во всех режимах работы комбайна значительно, из-за не учета СС возможны ошибки в определении СКО крутящих моментов до 97 %, СКО мгновенной мощности ЭД – до 46 %.

Влияние СС усилий на резцах ИО на подсистему подвески и подачи оценивается отдельно на нагрузки в гидроцилиндрах, осуществ-

ляющих подачу ИО, и на нагрузки в гидроцилиндрах, фиксирующих ИО. Для первого случая таким показателем является давление в напорной магистрали, а для второго – реакция гидродомкрата подъема при повороте ИО и реакция гидродомкрата поворота при подъеме ИО.

На давление в напорной магистрали СС усилий на резцах ИО комбайна оказывают влияние только в тех режимах, когда происходит срабатывание предохранительного клапана. Влияние СС на реакцию гидродомкрата поворота имеет место при встречном фрезеровании на частоте выше 3 Гц, при попутном – это влияние отсутствует. Влияние же СС на реакцию гидродомкрата подъема незначительное. Доверительные интервалы относительного увеличения СКО составляют, %: для реакции гидродомкрата поворота – от 8,7 до 36,8; а для реакции гидродомкрата подъема – от 12,0 до 40,2. Следовательно, влиянием СС на нагрузки в гидроцилиндрах, фиксирующих ИО, можно пренебречь, тогда как влияние СС на нагрузки в гидроцилиндрах, осуществляющих подачу ИО, существенно. Не учет СС приводит к ошибке в определении СКО нагрузок в подсистеме подвески и подачи ИО до 35 %.

Влияние СС усилий на резцах ИО на подсистему корпуса комбайна оценивается путем сравнения спектральных плотностей реакции наиболее нагруженной опоры [3]. СС усилий на резцах ИО оказывают наибольшее влияние на реакцию опоры на диапазоне частот от 3 до 5 Гц при резании с вертикальной подачей ИО, при горизонтальной подаче ИО влияние СС на нагрузку в подсистеме корпуса наблюдается во всем диапазоне частот. Случайные составляющие нагрузки на резцах ИО в меньшей степени влияют на нагрузку в подсистеме корпуса, чем на нагрузку в других силовых подсистемах. Не учет СС нагрузки на резцах может привести к ошибке до 19 % при определении СКО нагрузок в опорах. Учет СС практически не сказывается на средних значениях нагрузки на резце, но приводит к существенному росту (в 5...100 раз) СКО по сравнению с СКО усилий резания и подачи, полученных без учета СС. Таким образом, динамические составляющие нагрузки на резцы практически полностью определяются СС нагрузки от резания породы.

Следует отметить, что при работе комбайна имеют место режимы, в которых скорости движения его элементов конструкции имеют пониженные или нестационарные значения. Такие режимы являются следствием переходных процессов в подсистемах комбайна: срабатывания предохранительного клапана в гидросистеме подачи ИО, потери устойчивости комбайна или приводного ЭД. Исследование влияния

СС нагрузки на резах ИО комбайна на эти переходные процессы представляет большой научный интерес.

Основным режимом неустойчивой работы комбайна является работа со срабатыванием предохранительного клапана в гидросистеме подачи ИО. Как показали проведенные вычислительные эксперименты, срабатывание клапана происходит достаточно часто при работе ПК.

Для исследования влияния СС на срабатывание предохранительного клапана был проведен вычислительный эксперимент, в ходе которого постепенно увеличивалась контактная прочность породы. Остальные режимные параметры комбайна соответствовали базовому режиму. Срабатывание предохранительного клапана происходит при контактной прочности породы $p_k \geq 500$ МПа как во время моделирования рабочего процесса ПК с учетом СС нагрузки на резах, так и без учета.

Опрокидывание ЭД привода ИО тоже является причиной неустойчивой работы ПК. Однако в отличие от режима срабатывания предохранительного клапана, когда разрушение массива возможно, но происходит с меньшими значениями толщины стружки, при опрокидывании ЭД срабатывает аппаратура защиты приводного ЭД и вращение ИО прекращается.

Для получения режима опрокидывания ЭД привода ИО в ходе вычислительного эксперимента постепенно повышалась скорость подачи (начальное значение $V_n = 1,2$ м/мин), остальные параметры работы комбайна принимались такими, как в базовом режиме. При этом предохранительный клапан гидросистемы подсистемы подвески и подачи ИО не срабатывал. Было установлено, что учет СС приводит к снижению расчетного значения устойчивого момента ЭД, причем при учете СС в соответствии с разработанной математической модели снижение устойчивого момента ЭД составляет 3,8 %, а при учете в соответствии с отраслевым стандартом снижение устойчивого момента составляет 2,9 %.

Для моделирования третьего переходного режима работы комбайна, в котором происходит потеря устойчивости, в вычислительном эксперименте были смоделированы режимы работы с учетом и без учета СС на крепкой породе (контактная прочность породы $p_k = 1200$ МПа, что соответствует $\sigma_{сж} = 110$ МПа).

Анализ результатов моделирования показывает, что потеря устойчивости возможна при работе комбайна на крепкой породе с толщиной реза $H = 0,2 \dots 0,3$ м при нижнем положении разрушаемой пачки

и встречном фрезеровании. При этом происходит отрыв передних опор.

Причиной потери устойчивости комбайна в данном режиме является «отрицательное» сопротивление подаче ИО на забой. При этом давление в напорной линии гидросистемы нулевое, происходит затягивание ИО в массив и потеря устойчивости комбайна из-за большой вертикальной составляющей внешней нагрузки. Снижение задаваемой номинальной скорости подачи не позволяет избежать потери устойчивости. Способом избежания потери устойчивости может быть увеличение толщины реза H для устранения «отрицательного» сопротивления подаче ИО. Так уже при $H=0,4$ м потери устойчивости комбайна не происходит. При моделировании с учетом и без учета СС было установлено, что потеря устойчивости ПК происходит в обоих случаях.

В ходе исследований установлено, что СС нагрузки на резце ИО не оказывают существенного влияния на процессы срабатывания предохранительного клапана в подсистеме подвески и подачи ИО, опрокидывания ЭД привода ИО и на процесс потери устойчивости комбайна.

Выводы

Таким образом, СС усилий на резцах должны учитываться в имитационных математических моделях для исследования нагрузок в подсистеме привода ИО, в гидроцилиндрах, осуществляющих подачу ИО и внешней нагрузки на ИО. В имитационных математических моделях для исследования нагрузок в подсистеме корпуса комбайна и запертых полостях гидроцилиндров подсистемы подвески и подачи ИО СС можно пренебречь. Полученные результаты необходимо использовать при проведении структурно-параметрической оптимизации машин в процессе создания новой техники.

Библиографический список

1. Кондрахин В.П., Осипенко А.И. Имитационное моделирование процесса формирования нагрузок на резцах при резании горных пород / Наукові праці Донецького державного технічного університету. – Вып. 16. - 2000. – С. 161-168.
2. Кондрахин В.П., Хиценко А.И. Имитационное моделирование усилия подачи при резании горных пород / Наукові праці Донецького державного технічного університету. – Вып. 42. - 2002. – С. 124-129.
3. Кондрахин В.П., Хиценко А.И., Мотин Н.Н. Разработка и установление адекватности имитационной математической модели проходческого комбайна / Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. – Донецк: ДонНТУ, 2003. Вып. 25. – С. 182-187.