

УДК 630*36:519.23

С. А. Голякевич, аспирант (БГТУ);

А. Р. Гороновский, кандидат технических наук, доцент, проректор (БГТУ)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАГРУЖЕННОСТИ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ШАРНИРНО-СОЧЛЕНЕННЫХ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Работа посвящена экспериментальному исследованию нагруженности несущих конструкций харвестеров и форвардеров. Проведены тензометрические исследования нагруженности шарниров сочленения их полурам на различных операциях технологического цикла. Выполнена проверка адекватности разработанных математических моделей. Проанализирована взаимозависимость возникающих при работе силовых факторов. Даны рекомендации по снижению нагруженности несущих конструкций.

The work is devoted to experimental investigation of loading bearing structures harvesters and forwarders. Strain studies conducted hinge joint loading of half-frames in the various operations of the technological cycle. Performed the validation of the developed mathematical models. Analyzed the interdependence arising from the work force factors. Recommendations to reduce the loading of load-bearing structures.

Введение. Эксплуатация отечественных харвестеров и форвардеров выявила ряд недостатков, касающихся надежности их несущих конструкций. Согласно статистическим данным, с потерей прочности несущих конструкций связано около 15–20% эксплуатационных отказов. Их ремонт в условиях лесосеки затруднителен и требует транспортировки машин в специализированные мастерские, что приводит к длительным простоям в работе, невыполнению плановых показателей предприятия и значительным экономическим потерям.

С целью проверки адекватности разработанных математических моделей реальным динамическим системам форвардеров и харвестеров и определения динамической нагруженности элементов их несущих конструкции проведены экспериментальные исследования.

Основная часть. Объектами экспериментальных исследований явились многооперационные лесозаготовительные машины производства ПО «МТЗ»: форвардер МЛПТ-354 и харвестер МЛХ-414.

Исследования форвардера МЛПТ-354 проводились на погрузочно-разгрузочных и транспортных технологических операциях. При выполнении транспортных операций регистрировались: вертикальные и продольные горизонтальные ускорения центра тяжести форвардера, вертикальные ускорения его заднего моста, время движения форвардера по экспериментальному участку дороги, величины деформаций на внешних гранях шарнира сочленения полурам. Предварительно для получения величин неровностей микропрофиля поверхности лесной дороги проведена нивелирная съемка экспериментального участка длиной 150 м

Регистрация вертикальных и горизонтальных ускорений производилась потенциометрическими датчиками МР-95. Их установка на

заднем мосту и в центре тяжести порожней машины показана на рис. 1.



Рис. 1. Размещение датчиков ускорений на форвардере МЛПТ-354:

а – вертикально на заднем мосту; *б*, *в* – вертикально и продольно в центре тяжести машины

Деформации в элементах несущей конструкции регистрировались посредством единичных тензорезисторов и тензометрических прямоугольных розеток (рис. 2).



Рис. 2. Размещение прямоугольной тензометрической розетки на боковой грани шарнирного сочленения полурам

Датчики ускорений и тензорезистивные датчики подключались к 8-канальному усилителю «Spider8».

При переезде форвардером единичных неровностей и его движении по экспериментальному участку лесной дороги варьировались скорость движения (от 1 до 12 км/ч), масса погруженных сортиментов (от 0 до 5000 кг), длина сортиментов (4 и 6 м), высота препятствия (0,1; 0,15; 0,25 м). После каждого изменения количества погруженных сортиментов, с целью определения массы пачки, равномерности ее распределения в пределах погрузочной площадки и определения

местоположения центра тяжести машины, производилось поочередное измерение опорных реакций переднего и заднего мостов форвардера с помощью весов УД-1 (рис. 3).



Рис. 3. Измерение опорных реакций переднего и заднего мостов форвардера

Движение форвардера осуществлялось с заблокированным и разблокированным шарниром полурам. При этом моменты возникновения максимальных значений нагрузок изгиба и кручения при переезде неровностей с заблокированным шарниром колесами одного борта не совпадают. Это объясняется различными моментами инерции рамы в продольной и поперечной плоскости, а также различными мгновенными значениями жесткостей блокировки шарнира и колес передней и задней оси. Отметим, что увеличение массы перевозимых сортиментов незначительно влияет на величину возникающих в шарнире моментов кручения. Максимальная разница для порожнего и полностью груженого форвардера составляет не более 1,3% при скорости движения 3 км/ч и не более 2,4% при скорости 12 км/ч при длине сортиментов от 4 до 6 м. Величины моментов кручения в шарнире для порожнего форвардера составляют 30,1 и 41,2 кН·м соответственно при переезде препятствий колесами задней и передней оси.

На рис. 4 показаны зависимости изменения моментов изгиба в шарнире, полученные после обработки показаний тензорезисторов и определения моментов сопротивления сечения в местах их установки.

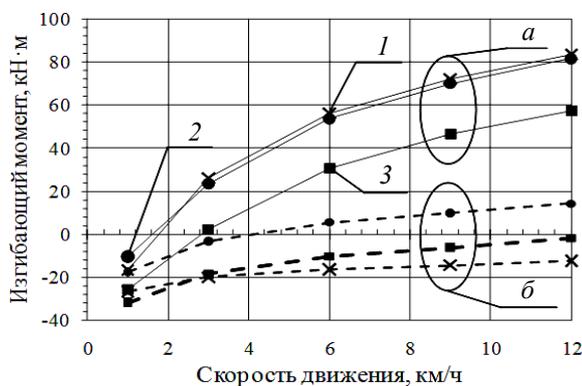


Рис. 4. Моменты изгиба в шарнире при переезде единичной неровности высотой 0,25 м: а – передние колеса, б – задние колеса; 1 – форвардер порожний; 2, 3 – форвардер полностью груженный сортиментами длиной 4 и 6 м

Здесь и далее данные для изгибающих моментов приведены с учетом теоретически рассчитанных статических моментов при различной загрузке грузовой платформы сортиментами.

С увеличением загрузки грузовой платформы происходит некоторое уменьшение величины изгибающих моментов при переезде препятствия колесами задней оси. Это объясняется ростом пятна контакта шин низкого давления с опорной поверхностью и увеличением их сглаживающей и поглощающей способностями.

Отключение блокировки шарнира разгружает раму от возникающих при движении моментов кручения, а также до 1,5% снижает максимальные моменты изгиба.

Исследования нагрузки форвардера при движении по экспериментальному участку лесной дороги проводились на режимах установившегося равномерного движения. Для оценки равномерности использовался датчик ускорений, располагавшийся продольно в центре тяжести машины (рис. 1, в).

При исследовании нагрузки шарнира на погрузочно-разгрузочных операциях помимо регистрации напряжений производилась запись показаний датчиков вертикальных ускорений в центре тяжести форвардера, вертикальных и горизонтальных ускорений в месте крепления ротатора грейферного захвата (рис. 5).



Рис. 5. Размещения датчиков ускорения МР-95 на манипуляторе форвардера

Масса сортиментов, используемых при проведении исследований, определялась предварительным взвешиванием при подвесе их к датчику измерения усилия U9В (рис. 6).



Рис. 6. Определение массы сортиментов

От массы поднимаемого сортимента, загрузки грузовой платформы (0–5000 кг) и длины погруженных сортиментов зависят величины статических крутящих и изгибающих моментов, действующих на шарнир форвардера МЛПТ-354 (рис. 7).

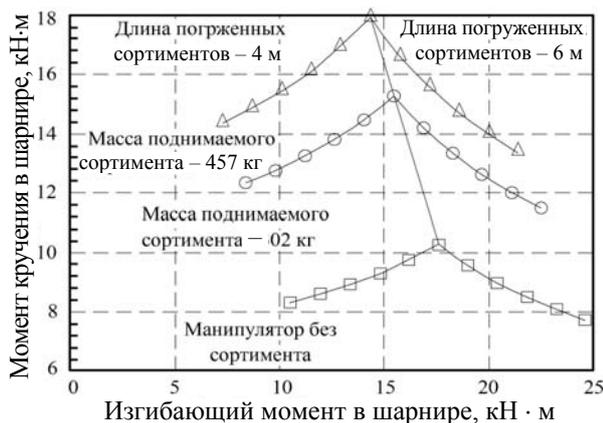


Рис. 7. Нагруженность шарнира на погрузочных операциях при вылете манипулятора 5,3 м и равномерном поднимании сортимента

Значительное смещение зависимостей (рис. 7) вдоль оси абсцисс объясняется консольным расположением центра тяжести энергетического модуля форвардера, что приводит к возникновению статического момента изгиба величиной 14–18 кН·м. Нелинейное уменьшение момента кручения в шарнире при увеличении загрузки форвардера вызвано ростом восстанавливающего момента технологического модуля и увеличением жесткости его колес.

Форвардер МЛПТ-354 и харвестер МЛХ-414 выполнены на базе унифицированного лесного шасси, поэтому важно исследовать нагруженность харвестера на операциях его технологического цикла.

Исследования нагруженности несущей конструкции харвестера проводились в реальных условиях его эксплуатации в ГЛХУ «Узденский лесхоз».

На несущей конструкции харвестера были расположены две прямоугольные тензометрические розетки (рис. 8).



Рис. 8. Размещение тензометрических розеток на раме харвестера МЛХ-414

На харвестерной головке был установлен потенциометрический датчик ускорений МР-95, который менял свою пространственную ориентацию в зависимости от транспортного или технологического положения головки.

При работе на больших вылетах манипулятора операторы часто складывают полурамы на угол до 15–30°, что значительно увеличивает устойчивость харвестера. Однако это также приводит к увеличению момента в поперечной плоскости технологи-

ческой части шарнира на 8–11 кН. Изменение момента в продольной плоскости не превышает 2%.

При повороте порожнего манипулятора при вылете 9,3 м на угол 90° моменты в продольной и поперечной плоскостях шарнира изменяются, как показано на рис. 9.

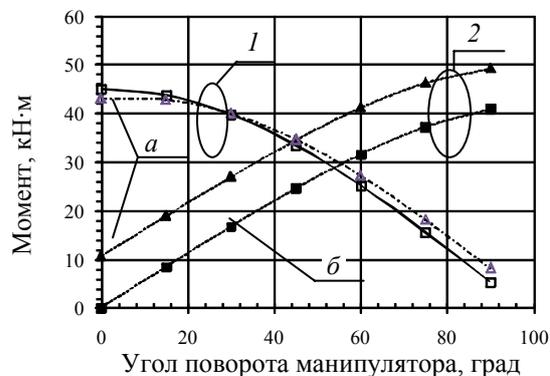


Рис. 9. Зависимости изменения моментов в продольной и поперечной плоскости шарнира: а – при сложенных на 15° полурамах; б – при соосном расположении полурам в продольной (1) и в поперечной (2) плоскостях

Дальнейшими теоретическими исследованиями установлено, что нагруженность шарнира сочленения значительно зависит от величины жесткости механизма блокировки полурам.

Заключение. Проведенные экспериментальные исследования показали высокую нагруженность шарниров сочленения полурам харвестеров и форвардеров.

Установлено, что величина момента изгиба в шарнире форвардера при преодолении неровности задними колесами уменьшается с увеличением массы перевозимой пачки до 5 т. При этом большее снижение нагрузок изгиба при загрузенности сортиментами длиной 4 м вызвано смещением на 0,45 м к передней оси положением центра тяжести погруженной пачки. На погрузочно-разгрузочных операциях увеличение массы погруженной пачки до 5 т приводит к уменьшению моментов кручения на 2–4 кН·м, а их величина при равномерном подъеме сортимента массой 457 кг при вылете манипулятора 5,3 м не превышает 14,5 кН·м.

Исследования нагруженности харвестера МЛХ-414 показали, что при осуществлении предварительного натяга дерева нагруженность шарнирного сочленения полурам значительно зависит от квалификации оператора. При порожнем повороте манипулятора на угол до 90° и вылете 9,3 м момент в продольной плоскости шарнира уменьшается на 38 кН·м, а в поперечной плоскости возрастает до 41 кН·м. Складывание полурам в сторону работы манипулятора вызывает увеличение момента в поперечной плоскости на 8–11 кН.

Поступила 15.03.2012