

УДК 630*36:621.7

С. А. Голякевич, аспирант (БГТУ)

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ НЕСУЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ ХАРВЕТЕРА

Работа посвящена исследованию напряженного состояния несущей конструкции харвестера при выполнении технологических операций валки дерева и обрезки сучьев. Разработана конечно-элементная модель полурамы харвестера. На основе конечно элементной модели и предварительно выполненной оценки возникающих нагрузочных режимов получены зависимости изменения напряженного состояния полурамы на различных операциях работы. Даны рекомендации по рациональному использованию технологических приемов работы харвестера.

Work is devoted research of an intense condition of a bearing design harvester at performance of technological operations are shaky a tree and scraps of boughs. The element model of a semi frame harvesters is developed certainly. On a basis it is final element model and preliminary executed estimation of arising loading modes dependences of change of an intense condition of a semi frame on various operations of work are received. Recommendations about rational use of processing methods of work harvesters are given.

Введение. Отечественными машиностроительными предприятиями для нужд лесопромышленного комплекса налажен выпуск валочно-сучкорезно-раскряжевочных машин (харвестеров) и погрузочно-транспортных машин (форвардеров). С целью удешевления их производства и большей унификации с серийно выпускающимися образцами техники несущие конструкции этих машин созданы на базе дорожно-строительных (ОАО «Амкорд») и сельскохозяйственных (ПО «МТЗ») тракторов. Значительным отличием этих машин от серийно выпускаемых является наличие в их несущих конструкциях шарнирного сочленения полурам, а также нового технологического оборудования.

В технологическом цикле работы харвестеров и форвардеров присутствуют операции, выполнение которых приводит к возникновению нехарактерных режимов нагружения их несущих конструкций. Следствием этого является большое количество отказов этих лесозаготовительных машин ввиду возникающих трещин в их несущих конструкциях. В этой связи исследование напряженного состояния несущих конструкций харвестеров и форвардеров на различных операциях технологического цикла является задачей, имеющей важное народнохозяйственное значение.

Основная часть. Исследования проведены для рамы харвестера МЛХ-424 производства ПО «МТЗ». Она состоит из двух модулей: технологического и энергетического, которые соединены между собой при помощи двухступенного шарнира. Основной материал конструкции полурам – сталь 09Г2С (класс прочности 345 согласно [1]).

Для реализации поставленной задачи разработана конечно-элементная модель технологической полурамы харвестера (рис. 1). Она основана на пространственной твердотельной

модели технологической полурамы, разбитой на 98 213 объемных конечных элементов. Максимальный размер ребра, используемого в объемной конечно-элементной сетке, составляет 30 мм с уменьшением на порядок в наиболее напряженных зонах. Места уменьшения сетки заданы вручную после предварительной оценки напряженного состояния.

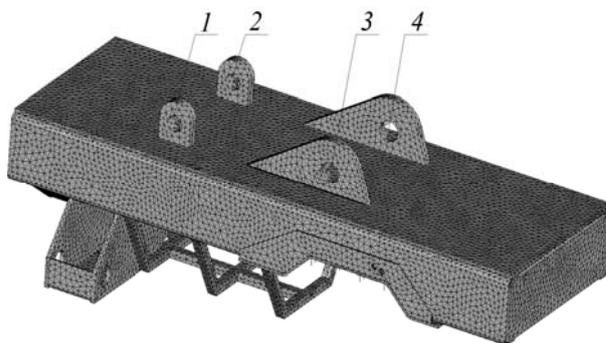


Рис. 1. Общий вид конечно-элементной модели технологической полурамы харвестера МТЗ МЛХ-424

Нагруженность полурамы при работе технологического оборудования обуславливается: усилиями, передающимися на опоры 1–4 от манипулятора, реакциями, действующими со стороны двигателя и возникающими при взаимодействии полурамы с шарниром сочленения. Режимы нагружения были предварительно получены при использовании пространственной динамической модели работы манипулятора харвестера. Величина допустимых эквивалентных напряжений в полураме принималась согласно методике, изложенной в литературе [2].

Технические характеристики устанавливаемого на исследуемый харвестер манипулятора (Kesla 1395 H) [3] позволяют производить отрыв дерева с $d_{1,3} = 32$ см от пня на максимальном вылете, составляющем 9,5 м.

На операции отрыва дерева от пня в положении манипулятора, параллельном продольной оси харвестера, наибольшие напряжения возникают по периметру опор 1–4 и вдоль внутренних граней лонжеронов. В этом случае их величина не превышает 180 Н/мм^2 . Это означает, что при работе «перед собой» можно производить валку дерева с $d_{1,3} = 32 \text{ см}$ на максимальном вылете манипулятора.

Отклонение положения манипулятора относительно продольной оси харвестера приводит к увеличению напряжений в конструкции полурамы и их перераспределению. Наибольшие значения напряжений достигают 490 Н/мм^2 и возникают при отклонении манипулятора на угол 75° (рис. 2).

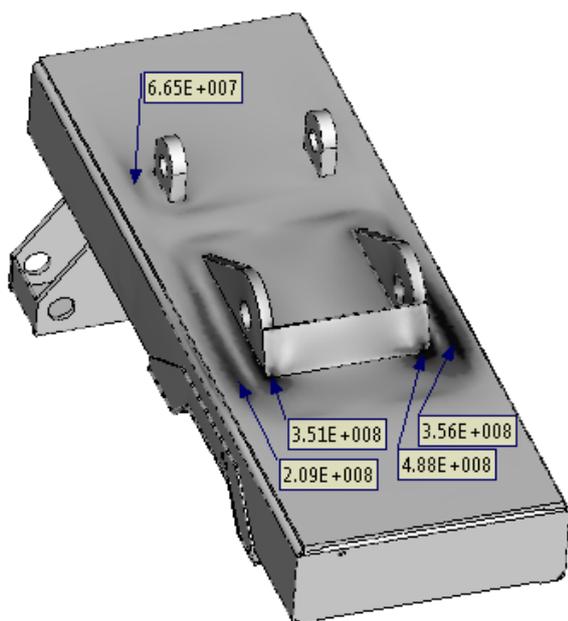


Рис. 2. Распределение напряжений в технологической полураме харвестера при работе на вылете манипулятора $9,5 \text{ м}$ и $\gamma = 75^\circ$

При дальнейшем отклонении манипулятора перераспределение напряжений продолжается, однако их предельная величина незначительно уменьшается до 470 Н/мм^2 . Указанные величины напряжений значительно превышают предельно допустимый уровень и соизмеримы с временным сопротивлением материала конструкции, равным 480 Н/мм^2 . В этой связи следует уменьшать вылет манипулятора при валке деревьев сбоку согласно схеме, приведенной на рис. 3.

Максимально допустимый вылет отклоненного на 90° манипулятора при валке дерева с $d_{1,3} = 32 \text{ см}$ составляет $5,6 \text{ м}$. В этом случае напряжения, возникающие в конструкции, не превышают величину 240 Н/мм^2 . В таком положении манипулятора, на максимальном его

вылете, допускается валка деревьев с $d_{1,3} \leq 16 \text{ см}$. Операции валки дерева в зонах, расположенных дальше указанных, могут быть проведены в единичных случаях. При этом не следует производить отрыв дерева от пня. Следует осуществлять его валку методом направленного сталкивания, после чего при наличии выдвинутого телескопического звена сократить вылет манипулятора.

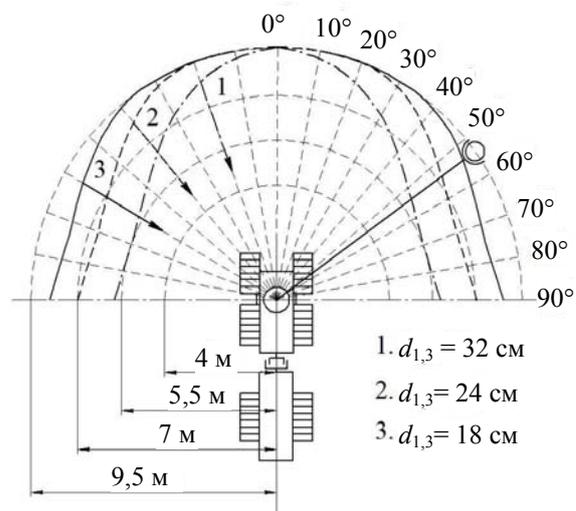


Рис. 3. Допускаемые рабочие зоны манипулятора харвестера на операции отрыва дерева от пня

Указанное на рис. 3 ограничение допускаемой рабочей зоны манипулятора приводит к сокращению площади, обрабатываемой харвестером, с одной технологической стоянки до 65% максимальной. Это негативно сказывается на производительности и требует корректировки технологических схем работы харвестера, особенно на лесосеках с преобладающим диаметром ствола $d_{1,3} \geq 24 \text{ см}$.

Исследования показали, что на операции обрезки сучьев [4] величины и распределение напряжений в конструкции полурамы отличаются от таковых при валке деревьев. Это вызвано возникающими при протаскивании дерева силами, их моментами, создаваемым при этом перераспределением вертикальных опорных реакций манипулятора, а также горизонтальными реакциями передних опор. Отмеченное перераспределение реакций особенно характерно при работе харвестера на склонах, когда харвестерная головка расположена значительно выше или ниже уровня крепления манипулятора к полураме.

Допускаемые зоны работы манипулятора при выполнении операции обрезки сучьев представлены на рис. 4. Рассмотрен случай протаскивания дерева перпендикулярно продольной оси манипулятора, при котором, как

показали исследования, создаются наибольшие напряжения в конструкции технологической полурамы харвестера. Отмеченные зоны построены для случая работы головки на высоте 1–1,2 м над опорной поверхностью харвестера. Операторы часто используют такое положение головки для снижения вероятности образования трещин в сортирентах при их раскрывке.

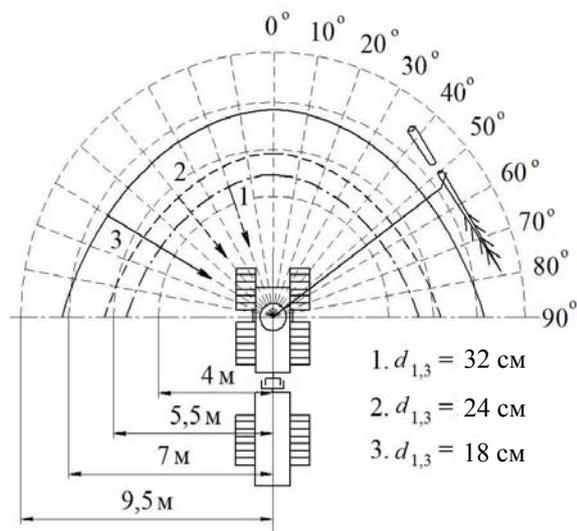


Рис. 4. Допускаемые рабочие зоны манипулятора харвестера на операции обрезки сучьев

Уменьшение рабочей зоны при обрезке сучьев перед харвестером обусловлено значительной величиной возникающих горизонтальных реакций на передних опорах манипулятора, величина которых при обработке дерева с $d_{1,3} = 32$ см может достигать 210 кН (при вылете манипулятора 6 м). При отклонении манипулятора на угол до 55° происходит некоторое уменьшение допускаемой рабочей зоны манипулятора, что вызвано конструктивными особенностями опор и возникающими в их передней части концентрациями напряжений. Далее рабочая зона манипулятора увеличивается, что обусловлено снижением напряженности конструкции ввиду перераспределения возникающей при протаскивании дерева нагрузки на задние опоры манипулятора.

Расширение рабочей зоны манипулятора на операции обрезки сучьев при работе с крупными деревьями возможно за счет применения совмещения операции протаскивания деревьев в харвестерной головке и ее дополнительной подачи при помощи манипулятора. Целесообразно применять его при обрезке сучьев в указанных на рис. 4 зонах, при диаметре обрабатываемого дерева $d_{1,3} \geq 26$ см, что приводит к значительному уменьшению действующих на полураму инерционных сил и снижению ее напряженности.

Заключение. Разработанная конечно-элементная модель технологической полурамы харвестера МТЗ МЛХ-424 позволила определить напряжения, возникающие в ее конструкции на различных технологических операциях.

Рассмотренные режимы нагружения дали возможность установить, что максимальные напряжения в конструкции распределяются по периметру опор манипулятора и вдоль верхних внутренних ребер лонжеронов, а их величины значительно зависят от угла поворота манипулятора в горизонтальной плоскости.

Проведенный анализ позволил установить, что по причине высоких напряжений, возникающих в конструкции технологической полурамы харвестера, и с целью снижения вероятности выхода ее из строя следует ограничивать рабочую зону манипулятора: при валке дерева, как показано на рис. 3, а на операции обрезки сучьев, как показано на рис. 4.

Установлено, что несоблюдение указанных рабочих зон может приводить к возникновению в конструкции технологической полурамы харвестера напряжений, соизмеримых с временным сопротивлением материала конструкции, равным 480 Н/мм^2 .

Анализ показал, что уменьшение допускаемой рабочей зоны манипулятора на валке деревьев приводит к сокращению площади, обрабатываемой харвестером, с одной технологической стоянки до 65% максимальной, что должно учитываться при выборе технологических схем разработки лесосек, особенно в лесах с преобладающим диаметром ствола $d_{1,3} \geq 24$ см.

Малая площадь контакта передних опор манипулятора с полурамой приводит к высокой концентрации напряжений вдоль опор и в передней их части. Для снижения величины напряжений целесообразно увеличить контактную площадь опор применением боковых раскосов.

Литература

1. Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия: ГОСТ 19281. – Введ. 28.09.1989. – М., 1989.
2. Проскураков, В. Б. Динамика и прочность рам и корпусов транспортных машин / В. Б. Проскураков. – Л., 1972. – 179 с.
3. Технические характеристики манипуляторов Kesla Foresteri [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.kesla.com/www_esitteet2008/KESLA_forest.mach.cranes_ENG.pdf. – Дата доступа: 17.02.2011.
4. Машины и оборудование для лесосечных работ / Ю. В. Шелгунов [и др.]. – М.: МЛТИ, 1989. – 62 с.

Поступила 15.03.2011