

Таким образом, задача решена – определены оптимальные размеры брусьев и досок получаемых при распиловке пиловочника больших размеров брусом – развальным способом с выпиливанием двух брусьев и двух пар боковых досок.

Библиографический список

1. Пижурин А.А. Основы моделирования и оптимизации процессов деревообработки: Учебник для вузов/ Пижурин А.А., Розенблит М.С. - М.: Лесная пром-сть, 1988.-293с.
2. Аксенов П.П. Теоретические основы раскря пиловочного сырья. – М.; Л.: Гослесбумиздат, 1960.-216с.
3. Ветшева В.Ф. Раскря крупномерных бревен на пиломатериалы. - М.: Лесная пром-сть, 1976.-168с.
4. Агапов А.И. Определение оптимальных размеров основного постава брусо-развального способа раскря бревен\ Сб.мат ВНТК «Наука-производство-технологии-экология»- Киров:ВятГУ, 2003. Том 5. ФАМ, ИСФ –с.97-98
5. Агапов А.И. Оптимизация раскря крупномерных бревен\ Сб.мат ВНТК «Наука-производство-технологии-экология»- Киров:ВятГУ, 2003. Том 5. ФАМ, ИСФ – с.99-100
6. Агапов А.И. Определение оптимального соотношения высоты бруса и диаметра бревна при брусо-развальном способе раскря бревен больших размеров\ Деп.рукопись в ВИНТИТИ г.Москва, №499-В2004 26.03.04
7. Агапов А.И. Теоретические предпосылки к расчету оптимальных размеров пилопродукции при раскря пиловочника брусо-развальным способом\ Сб.мат. Международной НТК, Уральской гос.лесотехн.университет – г.Екатеринбург, 2007. 438 с.116-119
8. Агапов А.И. Определение оптимальной зоны размеров бруса и боковых досок при брусо-развальном способе раскря пиловочника (статья)\ Сб.мат ВНТК «Наука-производство-технологии-экология»- Киров:ВятГУ, 2008. Том 4. ФАМ, ФСА 340с (с.139-140)
9. Агапов А.И. Оптимизация раскря пиловочника больших размеров\УДК 061.3:001 ББК Ч 215.16 ВНТК «Наука-производство-технология-экология» Сборник материалов. В 3т – Киров: Изд-во ГОУ ВПО Вят.ГУ, 2009, том2. ХБ, БФ, ФАМ – с.262 (с.188-191).

Арико С. Е., Мохов С. П. (БГТУ, г. Минск, РБ) sergeyariko@mail.ru

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ВАЛОЧНО-СУЧКОРЕЗНО- РАСКРЯЖЕВОЧНОЙ МАШИНЫ ESTIMATION OF HARVESTER STABILITY

Энергетический парк лесозаготовительных и лесохозяйственных предприятий Республики Беларусь долгие годы состоял из гусеничных тракторов Российского производства и агрегатных машин, созданных на их базе и предназначенных для заготовки древесины по хлыстовой технологии. В последние годы в Республике наметилась ус-

тойчивая тенденция увеличения объема рубок леса по сортиментной технологии. Учитывая данный факт, а также с целью увеличения уровня механизации лесозаготовительных работ, на отечественных предприятиях ОАО «Амкодор» и РУП «Минский тракторный завод» ведется работа по созданию новых и модернизации существующих лесозаготовительных комплексов в составе валочно-сучкорезно-раскряжевочной (харвестера) и погрузочно-транспортной (форвардера) машин (рисунок 1).



Рисунок 1 – Валочно-сучкорезно-раскряжевочная и погрузочно-транспортная машины

При создании данных лесных машин особое внимание уделяется оценке динамической нагруженности базового шасси и устанавливаемого технологического оборудования. В частности для реализации поставленной цели при создании валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины (ВСРМ) для рубок промежуточного пользования разработана математическая модель взаимодействия многооперационной лесозаготовительной машины с предметом труда в различных природно-производственных условиях (рисунок 2). Модель учитывает ранее проведенные исследования по оценке нагруженности колесных и гусеничных лесных машин оснащенных манипулятором. Следует отметить тот факт, что в рассмотренных работах должное внимание не уделяется учету возмущающих усилий возникающих от ветровой нагрузки и взаимодействия сучьев падающего и стоящих деревьев, что характерно при проведении рубок промежуточного пользования. Данные возмущения учитывались в работах Жукова А.В. [1, 2] и Асмоловского М.К. [3] при исследовании динамических процессов возникающих в процессе работы харвестерной и узкозахватной валочной машин.

В математической модели работы ВСРМ шины лесозаготовительной машины представлены в виде упругодемпфирующих элементов, расположенных перпендикулярно опорной поверхности. Горизонтально-вертикальный шарнир – в виде двух угловых обобщенных координат с упругодемпфирующими элементами, связывающими полурамы энергетического и технологического модулей. Металлоконструкция полурам принимается жесткой с соответствующими сосредоточенными массами M_1 и M_2 . Колебания базового шасси рассматриваются как малые. Математическая модель стрелы и рукояти манипулятора представляется в виде двойного маятника с вязкоупругими шарнирами и колеблющейся точкой крепления стрелы [4]. Масса технологического оборудования представляется в виде отдельных дискретных масс, приведенных к характерным точкам [5]. При этом базовое шасси лесозаготовительной машины рассматривает-

ся в виде двух, а манипулятор в виде трех сосредоточенных масс. Связь между элементами, входящими в динамическую модель, описывается восьмью степенями свободы, которые позволяют рассмотреть процесс работы машины с учетом вертикальных, поперечных и продольных колебаний. Особенностью модели является представление работы харвестера в пространстве, что способствует рассмотрению динамической нагруженности харвестерной машины при расположении технологического оборудования в любой точке рабочей зоны.

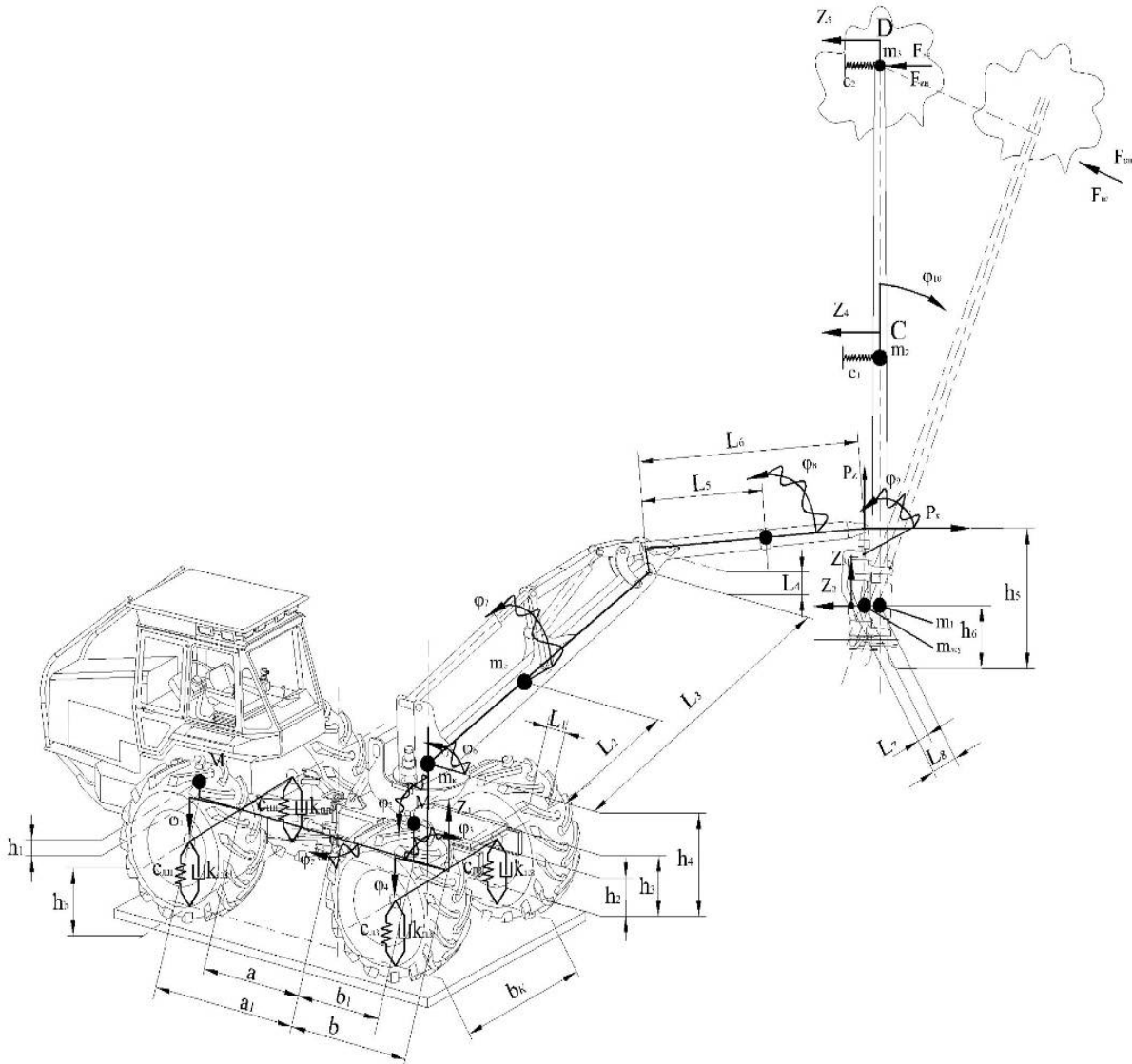


Рисунок 2 – Математическая модель работы харвестера

В расчетной схеме приняты следующие обозначения: M_1 , M_2 , m_k , m_c , m_p , $m_{зсу}$ – масса энергетического, технологического модулей, колонны, стрелы, рукояти манипулятора, харвестерной головки; a , b – расстояние от оси колес энергетического и технологического модулей до вертикально-горизонтального шарнира; a_1 , b_1 – расстояние от центра масс энергетического и технологического модулей до вертикально-горизонтального шарнира; h_b – высота от опорной поверхности до оси колес; h_1 , h_2 , h_4 , h_3 – высоты расположения масс M_1 , M_2 , m_k и места расположения шарнира наклона колонны относительно горизонтальной оси; L_1 – расстояние от оси технологического модуля до шарнира наклона колонны; L_3 , L_4 , L_6 , L_2 , L_5 – длинна стрелы, кронштейна, ру-

кояти, а также места расположения соответственно центров масс стрелы и рукояти; L_7 , L_8 – расстояние от оси до центров тяжести $m_{ЗСУ}$ и m_1 ; h_5 , h_6 – расстояние от земли до места крепления ротатора и оси вращения захватно-срезающего устройства (ЗСУ); обобщенные координаты Z_1 , Z_2 , Z_3 , Z_4 , Z_5 учитывают линейные перемещения ВСРМ, оси вращения ЗСУ, дискретных масс m_2 и m_3 ; $\varphi_1 - \varphi_{10}$ учитывают угловые перемещения базового шасси, манипуляторного оборудования, углы валки дерева относительно продольной оси лесной машины и вертикального его положения. Модель учитывает влияние ветровой нагрузки ($F_{ВН}$) и усилия взаимодействия между сучьями падающего и стоящих деревьев ($F_{ВС}$).

Для реализации математической модели и обработки полученных данных использованы пакеты программ: AutoCAD 2007, MathCAD 14 и Excel.

Система дифференциальных уравнений, описывающая процесс работы харвестера, решается совместно с системой уравнения описывающей процесс управляемого падения дерева с учетом действующих внешних сил [6] и решается методом Рунге – Кутты с постоянным шагом интегрирования.

С целью оценки адекватности получаемых результатов теоретических исследований, а также получения экспериментальных данных по устойчивости созданной валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины, проводились измерения реакций под колесами энергетического и технологического модулей лесной машины при различном положении технологического оборудования. Варьируемыми параметрами при этом являлись вылет манипулятора, угол его поворота и вес сортимента, закрепленного в харвестерной головке.

При проведении экспериментальных исследований (рисунок 3) для записи измеряемых параметров использовалась измерительная аппаратура в составе восьмиканального многофункционального измерительного усилителя «SPIDPAK» и портативного переносного компьютера. Запись измеряемых параметров производилась непосредственно на жесткий диск компьютера.



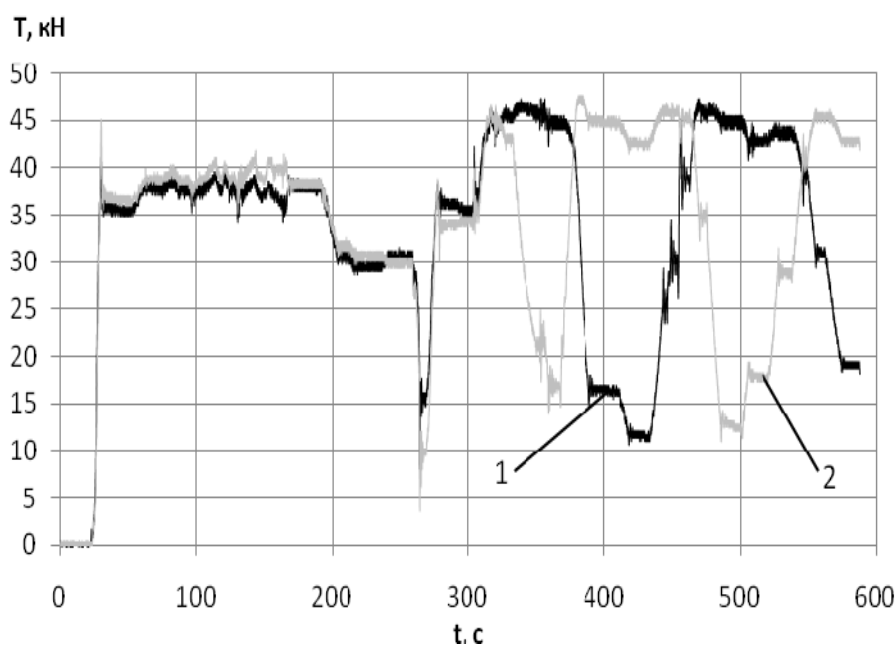
Рисунок 3 – Экспериментальные исследования устойчивости харвестера и определение веса сортимента датчиком силы

При рассмотрении устойчивости шарнирно-сочлененных машин выделяют следующие признаки потери устойчивости [7]: отрыв от плоскости склона одного из колес; необратимая потеря устойчивости и опрокидывание одной из секций (модуля)

трактора на ограничительные опоры другой секции (случай отключения блокировки вертикально-горизонтального шарнира); необратимая потеря устойчивости всей машины и ее опрокидывание.

Экспериментальными исследованиями установлено, что харвестерная машины при отключенном горизонтально-вертикальном шарнире обладает невысокой устойчивостью. В связи с этим выполнение операций технологического цикла, за исключением переездов с одного места стоянки в другое, возможно только при заблокированном шарнире.

С целью обеспечения необходимой точности измерения и упрощения обработки полученных результатов технологическое оборудование, при нахождении в контрольных точках, останавливалось на 5–7 с и фиксировалось время и положение. Данный процесс представлен на рисунке 4.



1 – колесо правого борта; 2 – колесо левого борта

Рисунок 4 – Распределение нагрузки между колесами технологического модуля харвестера при перемещении сортимента массой 585 кг

Согласно данным, полученным при исследовании продольной устойчивости, при увеличении массы сортимента с 287 кг (соответствует параметрам наиболее характерного древостоя для рубок промежуточного пользования) до 585 кг (соответствует древостою с диаметром комлевой части 0,52 см, что соответствует максимально возможному диаметру обработки по техническим характеристикам харвестерной головки) нагрузка под колесами технологического модуля увеличивается на 3120–6029 Н в зависимости от вылета манипулятора (рисунок 5), при этом отрыва колес переднего модуля не наблюдается. Полученный результаты свидетельствует о том, что компоновка технологического оборудования, габаритные и массовые параметры лесной машины обеспечивают возможность работы харвестера в древостое с объемом до 0,5 м³.

Исследование поперечной устойчивости проводилось путем увеличения вылета манипулятора, расположенного перпендикулярно продольной оси машины, с закрепленным в захватно-срезающем устройстве сортиментом массой 585 кг. Исследования-

ми установлено, что отрыв колеса технологического модуля происходит при вылете 7,8 м, а потеря устойчивости лесной машины наступает при вылете 8,3 м.

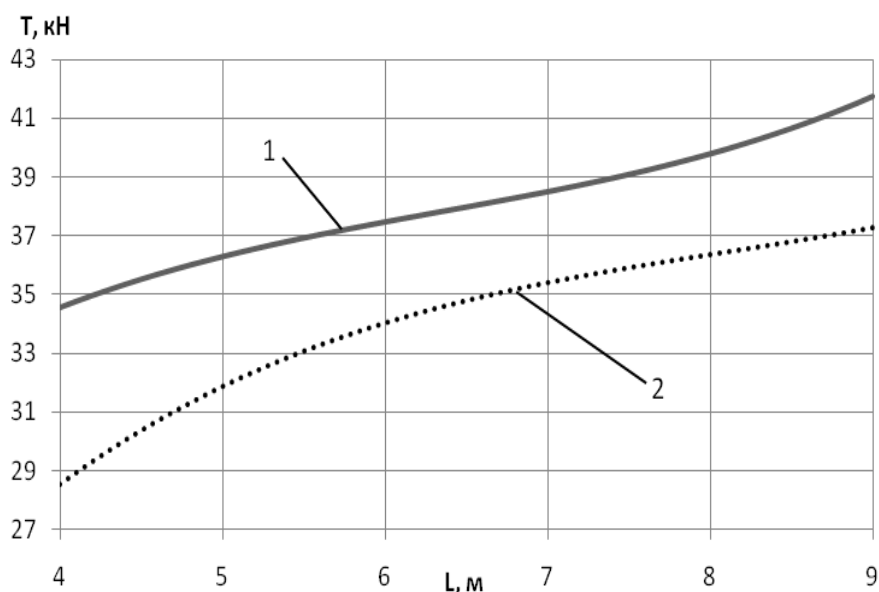
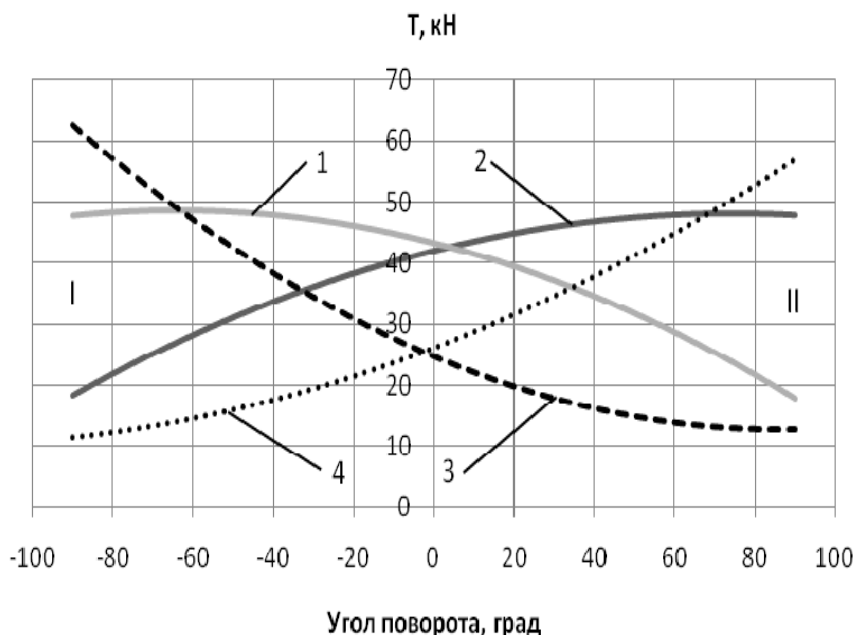


Рисунок 5 – Распределение реакций между колесами технологического модуля харвестера МЛХ-414 при перемещении сортирента массой 585 кг (1) и 287 кг(2)

В результате реализации математической модели построены зависимости перераспределения нагрузки между колесами технологического и энергетического модулей (рисунок 6). Для сопоставления теоретических и экспериментальных данных рассматривался процесс поворота манипулятора из крайнего левого в крайнее правое положение при вылете стрелы в 5 м с закрепленным в харвестерной головке сортирентом массой 585 кг.



1, 2 – левое и правое колеса технологического модуля; 3, 4 – левое и правое колеса энергетического модуля; I – область соответствующая повороту манипулятора в левую сторону; II – область соответствующая повороту манипулятора в правую сторону

Рисунок 6 – Распределение нагрузки между колесами харвестера МЛХ-414 в зависимости от угла поворота манипулятора

В процессе исследования установлено, что нагрузка под колесами борта, в сторону которого поворачивается манипулятор, изменяется незначительно. Изменение нагрузки под колесами противоположного борта характеризуется резким ее уменьшением, а с увеличением угла поворота в одну из сторон изменение реакций под колесами энергетического и технологического модулей соответствующего борта имеют различный характер. На технологическом модуле реакция (вылет 5 м, масса сортирента 585 кг) возрастает в 1,13–1,14 раза, а на энергетическом модуле в 2,35–2,61 раза.

Заключение

Результаты проведенных теоретических и экспериментальных исследований свидетельствуют о том, что компоновка машины, размерные и массовые параметры базового шасси и технологического оборудования обеспечивают возможность работы лесозаготовительной машины на рубках промежуточного пользования в древостоях с объемом хлыста 0,18–0,26 м³ (наиболее распространенный предмет труда) в пределах рабочей зоны технологического оборудования без потери устойчивости. Обработке деревьев с диаметром в комлевой части 0,52 см возможна при расположении технологического оборудования вдоль продольной базы машины без потери устойчивости. При перпендикулярном его расположении обработка данных деревьев ограничивается вылетом манипулятора в 8,3 м. Необходимым требованием при работе валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины является блокировка вертикально-горизонтального шарнира.

Сравнение значений опорных реакций под колесами лесозаготовительной машины полученных путем теоретических и экспериментальных исследований свидетельствуют об адекватности разработанной математической модели взаимодействия ВСРМ с предметом труда и возможность дальнейшей оценки параметров харвестера и технологического оборудования в зависимости от таксационных параметров древостоя.

Библиографический список

1. Жуков, А.В. Динамика харвестера / А.В. Жуков // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообработ. пром-сть. – 2003. – Вып. XI. – С. 28-35.
2. Жуков, А.В. Проектирование лесопромышленного оборудования : Учебник для вузов / А.В. Жуков – Мн.: Выш. шк., 1990.
3. Асмоловский, М.К. Выбор и обоснование динамических параметров узкозахватной валочной машины : автореф. дис. канд.техн. наук / М.К. Асмоловский – Минск, 1993.
4. Пановко, Я.Г. Введение в теорию механических колебаний : Учебник для вузов / Я.Г. Пановко – М.: Наука, 1991.
5. Багаутдинов, И.Н. Совершенствование опорно-поворотного устройства лесозаготовительных машин манипуляторного типа / автореф. дис. ... канд.техн. наук / И.Н. Багаутдинов – Йошкар-Ола, 2002.
6. Жуков, А.В. Теория лесных машин : Учебное пособие для студентов вузов / А.В. Жуков – Мн.: БГТУ, 2001.
7. Будевич, Е.А. Нагруженность валочно-сучкорезно-раскряжевочных машин в процессе очистки деревьев от сучьев / автореф. дис. ... канд.техн. наук / Е.А. Будевич – Петрозаводск, 2006.