

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 630*36:631.3.023 (043.3)

ГОЛЯКЕВИЧ
Сергей Александрович

**ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ
МНОГООПЕРАЦИОННЫХ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ МАШИН
ВЫБОРОМ РЕЖИМОВ РАБОТЫ НА ОСНОВЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО
ПОТЕНЦИАЛА**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 05.21.01 – технология и машины лесозаготовок
и лесного хозяйства

Минск 2013

Работа выполнена в учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет» на кафедре лесных машин и технологии лесозаготовок.

Научный руководитель

Гороновский Андрей Романович,
кандидат технических наук, доцент,
учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет»,
проректор

Официальные оппоненты:

Бойков Владимир Петрович,
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Тракторы» Белорусского национального технического университета;

Дорожко Александр Валентинович,
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры механики материалов и конструкций учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»

Оппонирующая организация

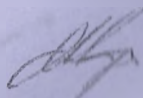
Государственное научное учреждение «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси»

Защита состоится «24» октября 2013 г. в 14.00 часов на заседании совета по защите диссертаций Д 02.08.06 при учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет» по адресу: 220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, ауд. 240, корп. 4, тел. (017) 327-83-41; e-mail: root@bstu.unibel.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».

Автореферат разослан «19» сентября 2013 г.

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций
кандидат технических наук, доцент



С. П. Мохов

ВВЕДЕНИЕ

Предприятия лесного комплекса республики осуществляют поэтапный переход на механизированный способ заготовки сортиментов. Для его реализации активно внедряются отечественные многооперационные манипуляторные машины (харвестеры и форвардеры).

В процессе эксплуатации отечественных многооперационных машин проявилась проблема низкой надежности их шарнирно-сочлененных несущих конструкций. Это обусловлено тем, что в основу базовых шасси многооперационных машин положены конструкции сельскохозяйственных и дорожно-строительных тракторов, выполняющих исключительно тяговые операции. Установка на них манипуляторного технологического оборудования, привела к возникновению ранее не рассматривавшихся режимов нагружения и, как следствие, к многочисленным отказам несущих конструкций. В 2012 году на их долю приходилось 17–20% всех отказов многооперационных машин (до 40% времени простоев). При этом до 82% случаев отказов несущих конструкций возникало непосредственно в области шарнира сочленения полурам. По данным Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь экономические потери лесозаготовительной отрасли за 2012 год составили: 8,4 млрд. бел. руб. от простоя харвестеров и 6,5 млрд. бел. руб. – форвардеров. В этой связи актуальность приобрели исследования, направленные на повышение надежности несущих конструкций многооперационных лесозаготовительных машин.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами и темами. Тема диссертационной работы соответствует приоритетным направлениям фундаментальных и прикладных научных исследований в Республике Беларусь на 2011–2015 гг. и научному направлению кафедры лесных машин и технологии лесозаготовок БГТУ. Диссертационные исследования проводились в рамках следующих НИР: БС 26-213 «Разработать и внедрить технологию применения системы машин в составе валочно-сучкорезно-раскряжевой (харвестер) и погрузочно-транспортной (форвардер) машин с созданием харвестера для рубок промежуточного пользования на базе лесного шасси 4К4», № ГР 20065294, ГНТП «Управление лесами и рациональное лесопользование», 2006–2009 гг.; БС 10-084 «Проведение эксплуатационных испытаний шарнира сочленения полурам новой техники, выпускаемой МТЗ», № ГР 20065294, НТП Союзного государства «Современные технологии и оборудование для производства новых полимерных и композиционных материалов, химических волокон и нитей на 2008–2011 годы»; БС 11-209 «Разработать с учетом импортозамещения перспективный типаж лесных машин «Беларус» и создать на его основе погрузочно-транспортную машину грузоподъемностью 7 тонн с улучшенными

техническими характеристиками», № ГР 20115295, ГНПП «Леса Беларуси – продуктивность, устойчивость, эффективное использование», 2011–2015 гг.; ГБ 13-034 «Повышение эксплуатационной эффективности лесных машин рациональным соотношением параметров несущих конструкций и приемов выполнения технологических операций», № ГР 20130418, 2013 г.

Цель и задачи исследования. Целью работы является повышение надежности многооперационных лесозаготовительных машин путем обоснования способов и режимов выполнения технологических операций и разработки соответствующих им несущих конструкций.

Задачи исследования:

1. Выполнить анализ производственных отказов многооперационных лесозаготовительных машин с шарнирно-сочлененными несущими конструкциями.

2. Экспериментально исследовать нагруженность несущих конструкций харвестеров и форвардеров в процессе передвижения и при работе технологического оборудования.

3. Разработать математическую модель работы многооперационной манипуляторной лесозаготовительной машины, позволяющую на стадии проектирования определять режимы нагружения шарнирно-сочлененных несущих конструкций харвестеров и форвардеров и опорных конструкций их манипуляторов для различных условий эксплуатации.

4. Разработать комплексную методику обоснования способов и режимов выполнения технологических операций многооперационными лесозаготовительными машинами, учитывающую их эксплуатационную нагруженность, временные и энергетические затраты при выполнении операций.

5. Разработать практические рекомендации по конструкциям шарниров сочленения полурам многооперационных лесозаготовительных машин. Дать рекомендации по рациональным способам выполнения операций и режимам работы технологического оборудования многооперационных лесозаготовительных машин в зависимости от условий эксплуатации.

Объект исследования: колесные многооперационные лесозаготовительные машины с шарнирно-сочлененными несущими конструкциями, реализуемые ими способы и режимы выполнения технологических и переместительных операций.

Предмет исследования: эксплуатационная нагруженность несущих конструкций, временные и энергетические показатели работы многооперационных лесозаготовительных машин.

Положения, выносимые на защиту:

– математическая модель работы многооперационной манипуляторной лесозаготовительной машины, позволяющая на стадии проектирования производить оценку эксплуатационной нагруженности несущих конструкций харвестеров и форвардеров и опорных конструкций их манипуляторов, отличительными

особенностями которой являются учет: различных способов выполнения операций, энергетических параметров технологического оборудования и его пространственного положения относительно шасси с изменяемым опорным контуром, параметров подвесных устройств рабочих органов и систем блокирования шарнира сочленения полурам, различных колесных формул базовых шасси;

– методика обоснования способов и режимов выполнения технологических операций многооперационными лесозаготовительными машинами, основанная на разработанном критерии энергетического потенциала производительности, новизна которой заключается в комплексном учете эксплуатационной нагруженности машин, временных и энергетических затрат на выполнение операций;

– практические рекомендации по способам выполнения операций и обоснованные режимы работы технологического оборудования, полученные с использованием разработанной методики, применяемые в лесозаготовительном производстве и позволяющие повысить эксплуатационную надежность и эффективность работы многооперационных лесозаготовительных машин;

– практические рекомендации по рациональным конструкциям шарниров сочленения полурам многооперационных лесозаготовительных машин, используемые на предприятиях лесного машиностроения.

Личный вклад соискателя. Диссертационная работа является результатом личной работы С.А. Голякевича. Автором выполнен анализ конструкций современных многооперационных лесозаготовительных машин и оценка их эксплуатационных отказов. Выполнен анализ литературных источников, посвященных исследованию режимов работы и нагруженности лесозаготовительных машин, выбраны способы проведения исследований.

Автором разработаны: методика обоснования способов и режимов выполнения технологических операций многооперационными лесозаготовительными машинами, имеющими шарнирно-сочлененную несущую конструкцию и пространственная математическая модель для исследования их эксплуатационной нагруженности. Соискателем лично проведены экспериментальные исследования нагруженности несущих конструкций харвестеров и форвардеров. Автор лично подготавливал публикации по теме диссертации. Соавторами работ являются сотрудники кафедры лесных машин и технологии лесозаготовок БГТУ.

Апробация результатов диссертации. Результаты диссертационной работы докладывались на: МНК молодых ученых «Молодежь в науке – 2012» Минск, НАН РБ (2012 г.); НТК «Наука и образование для лесопромышленного комплекса России», Москва, МГУЛ (2012 г.); МНТК «Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии», Могилев, БРУ (2010–2012 гг.), V и VI Международном Евразийском симпозиуме «Деревообработка: Технологии, оборудование, менеджмент XXI века», Екатеринбург, УГЛТУ (2010 г., 2011 г.); 74–77-й НТК профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов БГТУ (2010–

2013 г.); МНПК «Устойчивое управление лесами и рациональное лесопользование» (БГТУ, Минск, 2010 г.); МНТК «Инновации в машиностроении» в рамках Международного научного форума «Механика машиностроению» (Минск, 2010 г.).

Опубликованность результатов диссертации. По результатам исследований опубликовано 29 печатных работ, в том числе 11 научных статей в рецензируемых научных журналах, включенных в перечень ВАК по специальности, объемом 5,1 авторского листа, 7 – в научных сборниках, 8 – в материалах и тезисах научных конференций, 1 патент, 2 заявки на изобретение.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, 5 глав, заключения, библиографического списка, включающего список использованных источников из 134 наименований и список публикаций соискателя из 29 наименований, приложений. Работа изложена на 184 страницах печатного текста, включая 56 иллюстраций на 24 страницах, 8 таблиц на 4 страницах и 5 приложений на 58 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе приведены результаты анализа эксплуатационных отказов отечественных многооперационных лесозаготовительных машин, работающих в Республике Беларусь. Установлено, что 17–20% их количества (до 40% всего времени простоев) происходит по причине потери прочности несущих конструкций. При этом на долю шарниров сочленения полурам, опорных рамок качающихся мостов и опорных платформ манипуляторов приходится более 90% отказов несущих конструкций.

Анализ исследований отечественных и зарубежных ученых посвященных оценке нагруженности конструкций лесозаготовительных машин: В.А. Александрова, В.И. Алябьева, А.В. Жукова, В.С. Сюнева, Е.А. Будевича, А.А. Чуракова, В.Ф. Кушляева, Г.Ш. Гасимова, В.М. Рубцова, Г.В. Каршева, А.М. Кочнева, A. Heinze, B. Lögren, E. Papadopoulos, A. Wideen и др. показал, что до настоящего времени мало исследованными остаются вопросы определения способов и режимов выполнения технологических операций, снижающих нагруженность многооперационных машин при обеспечении их эффективной эксплуатации, а также разработки соответствующих им несущих конструкций.

Сравнительный анализ существующих многооперационных и однооперационных лесозаготовительных машин позволил установить основные отличия в их конструкциях и работе: блокирование шарнира сочленения полурам при выполнении технологических операций; частая работа на переходных режимах; возможность использования нескольких способов выполнения одной технологической операции; оснащенность подвесных устройств рабочих органов гасителями колебаний; использование в конструкциях манипуляторов наклонных платформ и др.

На основе анализа конструкционных особенностей многооперационных лесозаготовительных машин и оценки условий их работы [1–А, 7–А, 12–А, 18–А] выбраны перспективные направления исследований по повышению эксплуатационной надежности шарнирно-сочлененных несущих конструкций [19–А, 22–А, 26–А]: моделирование работы машин на операциях, вызывающих наибольшую нагруженность несущих конструкций, обоснование рациональных способов и режимов выполнения операций, выбор параметров несущих конструкций с учетом специфики их нагружения.

Во второй главе показано, что снижение нагруженности несущих конструкций за счет выбора режимов и способов выполнения технологических операций допустимо только при обеспечении эффективной эксплуатации машин [3–А, 15–А, 24–А].

Проведен анализ известных методик оценки эффективности работы машин, основанных на критериях производительности и энергоемкости. Они использованы в работах: L. Eliasson, R. Spinelli, J. Wang, В.Б. Прохорова, В.Г. Кочегарова, А.С. Федоренчика, А.П. Матвейко, Д.А. Букалова, М.В. Коломиновой, Л.В. Сащенко и др. Установлено недостаточное соответствие данных критериев поставленным задачам [5–А, 16–А, 21–А]: отсутствие взаимозависимости между временными и энергетическими показателями выполняемых операций и нагруженностью машин, невозможность количественного сравнения эффективности способов и режимов выполнения операций для различных условий эксплуатации и др.

В продолжение исследований Ю.В. Гинзбурга и А.В. Жукова и предложенного ими критерия оценки параметров однооперационных транспортных дорожно-строительных и лесозаготовительных машин разработан критерий энергетического потенциала производительности (ЭПП) для многооперационных лесозаготовительных машин. Критерий ЭПП (Вт), определяемый полезной работой выполненной многооперационной машиной на рабочих операциях, отнесенной к продолжительности ее технологического цикла, применен для оценки соответствия энергетических параметров харвестеров (1) и форвардеров (2) природно-производственным условиям их эксплуатации в Республике Беларусь [13–А, 14–А, 20–А].

При разработке критерия учтено, что полезная работа выполняется машинами не на всех операциях технологического цикла. Поэтому затраты времени на операции связанные с обратными холостыми ходами, межоперационными задержками и др.: $t_3^\phi - t_6^\phi$, $t_9^\phi - t_{14}^\phi$ (для форвардера) и $t_5^\phi - t_8^\phi$ (для харвестера) учтены только при определении продолжительности их технологических циклов T_n^ϕ и T_n^x , с.

$$\text{ЭПП}_x = \frac{\left(N_1^x t_1^x + N_2^x t_2^x + \right) n_1}{\left(+ N_3^x t_3^x + N_4^x t_4^x \right) T_n^x}, \quad (1) \quad \text{ЭПП}_\phi = \left[\left(\frac{N_1^\phi t_1^\phi + N_2^\phi t_2^\phi}{+ N_4^\phi t_7^\phi + N_5^\phi t_8^\phi} \right) \frac{V_\phi}{V_n} + N_3^\phi t_{13}^\phi \right] \frac{1}{T_n^\phi}, \quad (2)$$

где N_1^x – мощность необходимая на натяг дерева, Вт; N_2^x – мощность привода пильного механизма при срезании дерева, Вт; N_3^x – мощность, затрачиваемая на обрезку сучьев, Вт; N_4^x – мощность, затрачиваемая на раскряжевку одного ствола, Вт; n_1 – количество деревьев, обрабатываемых с одной технологической стояки; $N_1^\phi, N_2^\phi, N_4^\phi, N_5^\phi$ – мощности, затрачиваемые на подъем и перенос пачки сортиментов манипулятором на погрузочных и разгрузочных операциях соответственно, Вт; N_3^ϕ – мощность, затрачиваемая на движение груженого форвардера в различных условиях эксплуатации, Вт; V_ϕ – объем погружаемых на форвардер сортиментов, м³; V_n – объем поднимаемых манипулятором сортиментов за один цикл погрузки, м³; $t_1^x - t_4^x$ – время натяга дерева, его срезания, очистки от сучьев и раскряжевки соответственно, с; t_1^ϕ – время подъема пачки сортиментов манипулятором, с; t_2^ϕ – время поворота манипулятора до погрузочной площадки, с; t_7^ϕ, t_8^ϕ – продолжительность подъема и поворота манипулятора при разгрузке сортиментов, с; t_{13}^ϕ – время движения форвардера в груженом состоянии на погрузочный пункт, с.

На основе критерия ЭПП, для оценки режимов и способов выполнения операций, предложено использовать показатели удельного ЭПП (УЭПП, Дж/Вт) (3, 4) и удельного частного ЭПП (УЧЭПП, Дж/Вт), как величин полной работы выполненной многооперационной машиной на всех (для УЧЭПП – одной) операциях технологического цикла, отнесенных к величине ЭПП, рассчитанной с учетом только полезно затраченной мощности [9–А]. При этом их меньшие значения соответствуют более эффективным режимам и способам выполнения операций.

для харвестеров:

для форвардеров:

$$\text{УЭПП}_x = \frac{A_{\text{полн}}^x}{\left(N_{1\text{пол}}^x t_1^x + N_{2\text{пол}}^x t_2^x + \right) \frac{n_1}{T_{\text{п}}^x} + N_{3\text{пол}}^x t_3^x + N_{4\text{пол}}^x t_4^x}, \quad (3) \quad \text{УЭПП}_\phi = \frac{A_{\text{полн}}^\phi}{\left[\left(N_{1\text{пол}}^\phi t_1^\phi + N_{2\text{пол}}^\phi t_2^\phi + \right) \frac{V_\phi}{V_n} + \frac{1}{T_u^\phi} + N_{3\text{пол}}^\phi t_{15}^\phi \right]}, \quad (4)$$

где $N_{i\text{пол}}^x, N_{i\text{пол}}^\phi$ – полезно затрачиваемые мощности при выполнении соответствующих операций технологических циклов харвестера и форвардера, Вт; $A_{\text{полн}}^x, A_{\text{полн}}^\phi$ – полные работы, выполненные на операциях технологических циклов харвестера и форвардера соответственно, Дж.

Затраты времени и мощности на выполнение операций, используемые в выражениях (1–4) определяются из систем уравнений и неравенств, входящих в математическую модель работы многооперационной лесозаготовительной машины (глава 3). Их величины обусловлены силовыми и скоростными показателями выполняемых операций, которые, в свою очередь, являются входными параметрами при моделировании нагруженности несущих конструкций. Это позволяет устано-

вить взаимосвязь между энергетическими параметрами технологического оборудования и нагруженностью несущих конструкций и рекомендовать рациональные режимы и способы выполнения операций (глава 5).

В третьей главе для оценки эксплуатационной нагруженности несущих конструкций многооперационных лесозаготовительных машин и разработки рекомендаций по их совершенствованию, разработана математическая модель [3-А, 8-А, 10-А, 11-А] (схема – рисунок 1).

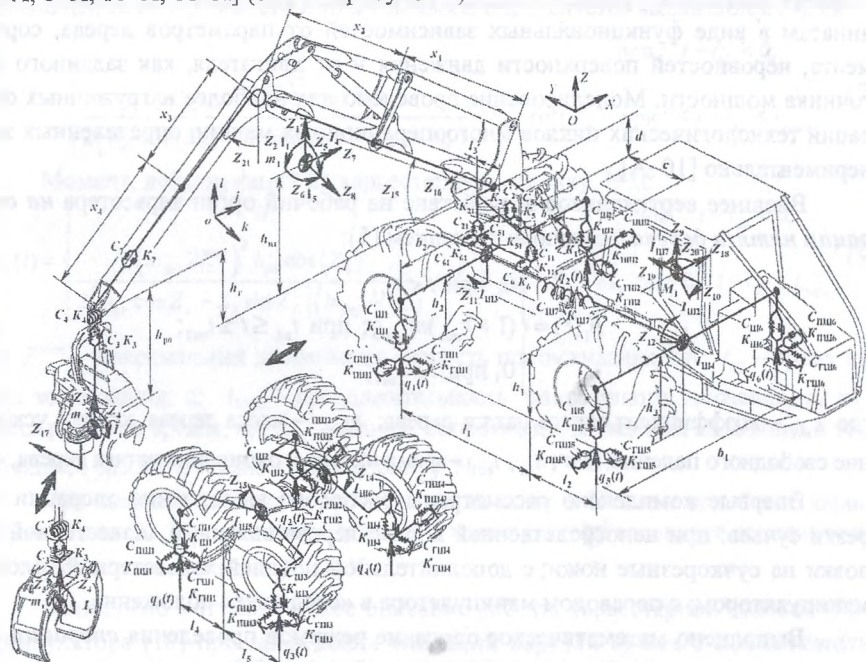


Рисунок 1 – Пространственная схема математической модели многооперационной лесозаготовительной машины

Модель описывает пространственные линейные ($Z_1, Z_3, Z_7 - Z_9, Z_{17} - Z_{19}, M$) и угловые ($Z_2, Z_4 - Z_6, Z_{10} - Z_{14}, Z_{20}$, рад) колебания элементов базовых шасси, манипуляторов и рабочих органов харвестеров и форвардеров, учитывает и позволяет варьировать колесные формулы машин (4К4 и 6К6), а также следующие параметры: геометрическое положение элементов базового шасси ($l_1 - l_5, b_1 - b_3, h_1 - h_3, m, \varphi$, рад), звеньев манипулятора ($c, d, x_1 - x_4, m, Z_{15}, Z_{16}, Z_{21}$, рад) и длину подвеса рабочего органа (h_{po}, m); их инерционные параметры ($M_1, m_1, m_T, кг; I_1, I_4, I_5, I_{ш2} - I_{ш7}$, $кг \cdot м^2$); показатели жесткости и демпфирования шин ($C_{ш1} - C_{ш6}, C_{пш1} - C_{пш6}, C_{гш1} - C_{гш6}$, Н/м; $K_{ш1} - K_{ш6}, K_{пш1} - K_{пш6}, K_{гш1} - K_{гш6}$, Н·с/м), механизма блокировки шарнира полурам ($C_{ш7}$, Н·м/рад; $K_{ш7}$, Н·м·с/рад), опор наклонной платформы манипулятора ($C_1, C_{11}, C_2, C_{21}, C_5, C_{51}, C_6, C_{61}$, Н/м; $K_1, K_{11}, K_2, K_{21}, K_5, K_{51}, K_6, K_{61}$,

зубая в момент времени t мощности привода поворота манипулятора, Вт; $M_{\text{сопр}}$ – момент сопротивления повороту манипулятора в конструкции его опоры, Н·м; $\eta_{\text{пов.ман}}$ – КПД привода поворота манипулятора.

Описание режимов проведения *операции погрузки сортиментов* на этапах подъема и поворота манипулятора выполнено в виде выражений (11) и (12):

$$\left(M_{\text{под}} + (I_1 + (m_r + m_{\text{сорт}})l_r^2) \ddot{Z}_{15} \right) \dot{Z}_{15} = N_{\text{под.ман}}(t); \quad (11)$$

$$N_{\text{под.ман}}(t) \leq N_{\text{под.ман}}^{\text{max}} \cdot \eta_{\text{под.ман}}; \ddot{Z}_{15} \leq \varepsilon_{\text{под}}^{\text{max}}; \dot{Z}_{15} \leq \omega_{\text{под}}^{\text{max}}; Z_{15} \leq \alpha_{\text{под}},$$

$$\left((I_5 + (m_r + m_{\text{сорт}})l_r^2) \ddot{Z}_{16} + M_{\text{сопр}} \right) \dot{Z}_{16} = N_{\text{пов.ман}}(t); \quad (12)$$

$$N_{\text{пов.ман}}(t) \leq N_{\text{пов.ман}}^{\text{max}} \cdot \eta_{\text{пов.ман}}; \ddot{Z}_{16} \leq \varepsilon_{\text{ман}}^{\text{max}}; \dot{Z}_{16} \leq \omega_{\text{ман}}^{\text{max}}; Z_{16} \leq Z_{16}^{\text{max}},$$

где $M_{\text{под}}$ – статический подъемный момент манипулятора, Н·м; I_1 – момент инерции подъема манипулятора, кг·м²; $N_{\text{под.ман}}^{\text{max}}$, $N_{\text{под.ман}}(t)$ – максимальная и используемая при подъеме стрелы манипулятора в момент времени t мощности, Вт; $\varepsilon_{\text{под}}^{\text{max}}$, $\omega_{\text{под}}^{\text{max}}$, $\alpha_{\text{под}}$ – максимальные угловое ускорение (рад/с²), угловая скорость (рад/с) и требуемый угол (рад) подъема манипулятора соответственно; $m_{\text{сорт}}$ – масса сортимента, кг; $\eta_{\text{под.ман}}$ – КПД манипулятора при подъеме сортимента; Z_{15} , Z_{16}^{max} – обобщенная координата угла подъема и требуемый угол поворота манипулятора, рад.

Воздействия на колесный движитель вводились в систему дифференциальных уравнений по соответствующим обобщенным координатам в виде функций изменения микропрофиля поверхности движения под каждым колесом $q_1(t) - q_6(t)$ с учетом сглаживающей способности шин по методике Н.Н. Яценко.

Полученные данные о нагрузочных режимах несущих конструкций использованы при оценке их напряженно-деформированного состояния (НДС) методом конечных элементов в программном пакете Ansys 11 [4–А] (рисунок 2).

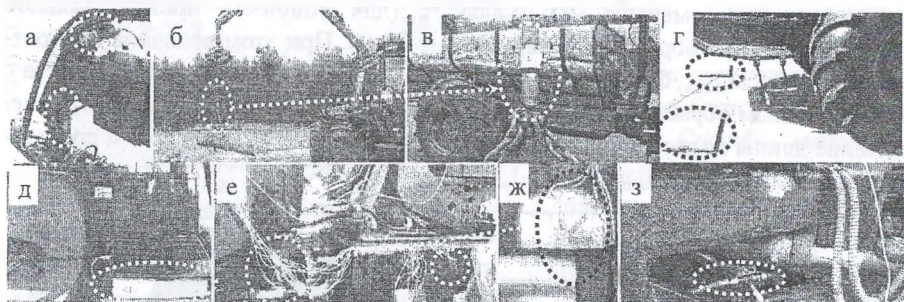


Рисунок 2 – Напряженно-деформированное состояние шарнира полурам форвардера на операции подъема сортиментов манипулятором

Вывод об адекватности разработанной математической модели сделан на основании теста эквивалентности нормированных спектральных плотностей теоретически и экспериментально полученных значений величин ускорений и напряжений. Так, например, величины статистики D^3 нормированных спектральных плотностей вертикальных ускорений центров тяжести форвардера МЛПТ-354 и харвестера МЛХ-414 находятся в пределах 34,9–48,5 при уровне значимости $\alpha = 0,05$ и значении области принятия гипотезы $\chi_{n,\alpha}^2$ равном 55,76.

В четвертой главе изложена методика и результаты экспериментальных исследований эксплуатационной нагруженности многооперационных лесозаготовительных машин и напряженно-деформированного состояния элементов их несущих конструкций [6–А, 17–А, 23–А, 25–А]. Объектами исследований явились: харвестер МЛХ-414 и форвардеры МЛПТ-354 и МЛ-131М.

Исследования нагруженности машин МЛПТ-354 и МЛХ-414 проведены для операций работы технологического оборудования и передвижения. В процессе исследований регистрировались (рисунок 3): вертикальные ускорения в центре тяжести машины, на заднем мосту, в месте крепления рабочего органа к манипулятору, величины деформаций на внешних гранях шарнира сочленения полурам, величины давлений в гидроцилиндрах складывания полурам и др.[2–А].



а – акселерометров; б, в – датчиков силы НВМ U9B; г – весов УД-1; д – усилителя НВМ Spider 8; е, ж – тензорезисторов; з – датчиков давления НВМ Р8АР

Рисунок 3 – Размещение экспериментального оборудования

Установлено, что касательные напряжения, действующие в шарнире сочленения полурам форвардера МЛПТ-354 при проведении погрузочно-разгрузочных работ до 14,5–17,3 раз выше напряжений, действующих при преодолении обособленной неровности высотой 0,2 м. Динамическая нагруженность шарнира полурам при движении с сортиментами длиной 4 м ниже, чем для 6 м в 1,27 раза (при равной массе перевозимых сортиментов – 5 тонн). Наибольшие касательные напряжения в шарнире возникают при наименьшей загруженности грузовой платформы и положении манипулятора перпендикулярном продольной оси машины.

Установлено значительное влияние положения манипулятора на нагруженность сочленения полурам харвестера МЛХ-414. Так, при перпендикулярном положении относительно продольной оси полурам, величина касательных напряжений в месте установки датчиков достигает 32 МПа, а нормальных – 2,5 МПа, что соответственно до 10,5 и 5,3 раз больше, чем при продольном положении.

Наибольшие нагрузки от гидроцилиндров складывания полурам воспринимает шарнирное сочленение форвардера МЛ-131М при его полной загрузке сортиментами. Величина давления в гидроцилиндрах изменяется преимущественно до 12 МПа, а кратковременные максимальные значения давлений возникают при достижении крайних положений углов складывания и достигают 14,1 МПа.

В пятой главе приведены результаты исследований и рекомендации по повышению надежности несущих конструкций многооперационных машин, способам и режимам выполнения их технологических операций.

Исследование процесса выполнения натяга дерева харвестерами МЛХ-414 и Амкодор-2551 позволило сформировать рекомендации по способам изменения опорных контуров их базовых шасси за счет складывания полурам на угол до 40° . Это позволяет повысить устойчивость машин и снизить нагруженность шарнирного сочленения полурам моментом кручения до 1,74 раз. [8–А]

Анализ нагруженности опорных платформ манипуляторов харвестеров на операции обрезки сучьев позволил установить, что наибольшие поворотные моменты (рисунок 4 б) на платформах развиваются на этапе торможения дерева с диаметром $d_{1,3}$ меньше максимального (для мощности привода вальцов $N_{хг} = 60$ кВт – при обработке дерева с $d_{1,3} = 0,2$ м). При этом величина поворотного момента $M_{м.пов}$, более чем в 3,5 раза превышает, возникающий для дерева с максимальным обрабатываемым диаметром $d_{1,3} = 0,32$ м. Установлено, что увеличение длины подвесной скобы харвестерной головки от 0,4 м до 1 м позволяет снизить величину $M_{м.пов}$ в 1,32–1,45 раза [8–А, 11–А].

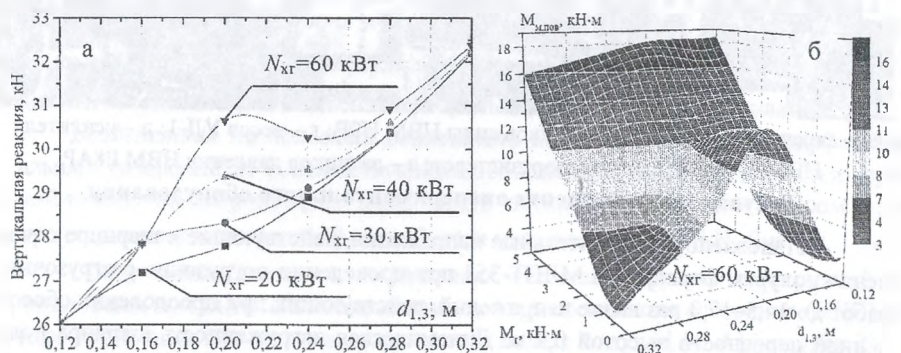


Рисунок 4 – Вертикальная реакция (а) и поворотный момент (б) на платформе манипулятора при торможении дерева для различной мощности привода вальцов харвестерной головки $N_{хг}$ (вылет манипулятора – 6,3 м)

С целью снижения нагруженности несущих конструкций на операции обрезки сучьев, выполнен анализ способов и режимов ее выполнения. Установлено, что обрезка сучьев с деревьев в сосновых древостоях с $d_{1,3}$ до 0,19 м возможна только с использованием способа с непосредственной подачей дерева вальцами. Встречная подача харвестерной головки на дерево манипулятором приводит к перемещению дерева в направлении подачи и невозможности осуществления операции. В сосновых древостоях с $d_{1,3}$ от 0,19 м до 0,28 м возможно использовать все рассмотренные способы. Однако эффективность применения способов с совмещением при вылете манипулятора 6,3 м в древостоях с $d_{1,3}$ менее 0,23 м до 11% ниже, чем при выполнении операции без совмещения. Проведение операции обрезки сучьев в сосновых древостоях с $d_{1,3}$ более 0,28 м и использовании способа с

подачей дерева вальцами не возможно и обусловлено их недостаточным тяговым усилием (23 кН). Применение способа обрезки сучьев с дополнительной встречной подачей харвестерной головки манипулятором возможно в древостоях с $d_{1,3}$ до 0,318 м, а способа с переводом манипулятора в «следящее» положение – до 0,305 м (рисунок 5). Использование способов с совмещением снижает нагрузки в опорных платформах манипуляторов до величин близких к статическим.

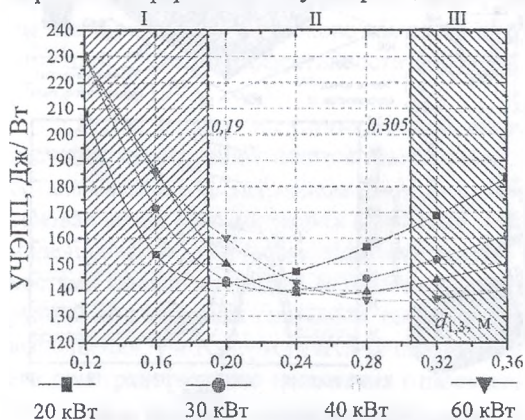


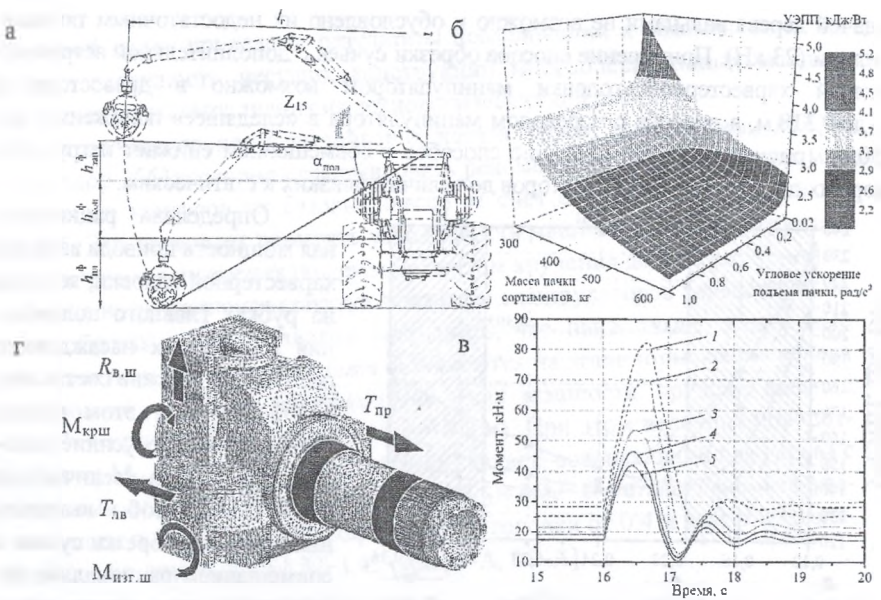
Рисунок 5 – Эффективность выполнения операции обрезки сучьев для различных $N_{\text{хт}}$

Уменьшение крутильной жесткости механизма блокирования от $C_{\text{ш7}} = 2 \cdot 10^6$ Н·м/рад до $C_{\text{ш7}} = 1 \cdot 10^6$ Н·м/рад приводит к снижению крутящего момента в шарнире на 4,3 кН·м, но более ранней потере устойчивости технологического модуля. При потере устойчивости происходит интенсивное нарастание момента кручения в шарнире до 8,3–9,6 кН·м на 100 кг массы поднимаемой пачки.

На основе оценки эффективности проведения операции погрузки сортиментов (рисунок 6) и динамики нагружения несущих конструкций определены рациональные режимы ее выполнения для различных эксплуатационных условий. Так, максимальную скорость подъема стрелы манипулятора форвардера 4К4 на погрузочных операциях (вылет манипулятора 5,3 м, масса сортиментов 500 кг) рационально ограничить величинами: 0,7 рад/с при последующем расстоянии трелевки сортиментов 150 м, и 0,55 рад/с при расстоянии трелевки 450 м. Эффективность рекомендованных способов и режимов выполнения операций подтверждена в ходе опытной эксплуатации харвестера Амкодор-2551 и форвардера Амкодор-2661 в ГОЛХУ «Осиповичский опытный лесхоз». Суммарный экономический эффект составил 61 584 тыс. руб.

Определена рациональная мощность привода вальцов харвестерной головки, которая на рубках главного пользования в сосновых насаждениях республики должна составлять 60–65 кВт. При этом максимальное тяговое усилие вальцов должно быть увеличено до 28–30 кН. Способы выполнения операции обрезки сучьев с совмещением рационально использовать при вылете манипулятора от 4,2 до 6,3 м [9–А].

Исследованиями выявлены



а – моделирование операций; б – оценка эффективности режимов работы;
 в – исследование динамической нагруженности машин; г – анализ НДС
 1 – погрузка сортиментов при порожней машине; 2–5 – погружены сортименты
 длиной 6 м, массой 1000 кг, 3000 кг, 5000 кг и 7000 кг соответственно

$R_{\text{в.ш}}$, $T_{\text{ш}}$, $T_{\text{пр}}$, $M_{\text{изг.ш}}$, $M_{\text{крш}}$ – силовые факторы, действующие на шарнир сочленения

**Рисунок 6 – Повышение надежности несущих конструкций
 многооперационных лесозаготовительных машин**

С учетом динамики работы многооперационных машин установлено, что на типичной погрузочной операции для форвардера МЛПТ-354 при увеличении массы поднимаемых сортиментов от 400 кг до 900 кг целесообразно пропорционально изменять жесткость механизма блокировки полурам от 500 кН·м/рад до 2000 кН·м/рад, а при работе харвестера МЛХ-414 в древостое с $d_{1,3}$ от 0,18 м до 0,32 м (для вылета манипулятора 9,3 м) от 1700 кН·м/рад до 4150 кН·м/рад. Это позволит снизить нагруженность несущих конструкций до 1,32 и 1,15 раз соответственно при сохранении устойчивости машин [11–А, 16–А].

Разработаны и запатентованы конструкции технологических полурам [27–А, 28–А] и механизма блокировки шарнира сочленения [29–А], обеспечивающие надежную и эффективную работу многооперационных машин.

Разработаны и внедрены в производство на ОАО «Амкодор» рекомендации по изменению несущих конструкций многооперационных лесозаготовительных машин. Произведенные с их использованием харвестеры Амкодор-2551 и форвардеры Амкодор-2662, успешно работают на лесозаготовительных производствах Республики Беларусь и Российской Федерации (коэффициент готовности увеличивается от 0,66 до 0,78).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1) В результате анализа эксплуатационных отказов многооперационных лесозаготовительных машин установлено, что 17–20% из них происходит по причине потери прочности несущих конструкций [3–А, 4–А, 22–А]. Повышение их эксплуатационной надежности при требуемом уровне показателей работы машин возможно на основе комплексного исследования нагруженности конструкций с учетом эффективности способов и режимов выполнения операций [7–А, 18–А, 19–А, 26–А].

2) Для оценки эксплуатационной нагруженности шарнирно-сочлененных несущих конструкций многооперационных лесозаготовительных машин разработана математическая модель [3–А, 8–А, 10–А, 11–А, 15–А, 23–А, 24–А, 25–А], основанная на методах теории колебаний механических систем и имитационного моделирования работы лесозаготовительных машин. Отличительными особенностями модели являются: возможность анализа нагруженности несущих конструкций на различных операциях технологического цикла при учете способов их выполнения, учет энергетических параметров технологического оборудования и его пространственного положения относительно шасси с изменяемым опорным контуром и колесной формулой, учет параметров подвесных устройств рабочих органов и систем блокирования шарнира сочленения полурам.

3) Разработана комплексная методика обоснования рациональных способов и режимов выполнения технологических операций многооперационными машинами [12–А, 13–А, 14–А], основанная на определении используемого ими энергетического потенциала производительности, учитывающая эксплуатационную нагруженность машин, временные и энергетические затраты на выполнение операций.

4) На основе разработанной методики установлена взаимосвязь между энергетическими параметрами технологического оборудования и нагруженностью несущих конструкций многооперационных машин, что позволило рекомендовать способы и режимы выполнения технологических операций, а также энергетические параметры рабочих органов [1–А, 2–А, 5–А, 6–А, 9–А, 16–А, 17–А, 20–А, 21–А]:

– при работе харвестеров в сосновом древостое с диаметром дерева до 0,23 м рационально использовать способ обрезки сучьев с непосредственной подачей дерева вальцами. При больших диаметрах ствола следует использовать способ с совмещением работы харвестерной головки и манипулятора, позволяющий увеличить максимальный диаметр обрабатываемых деревьев от 0,29 м до 0,32 м, а в диапазоне диаметров 0,23–0,29 м увеличить полезно используемый энергетический потенциал машины, что обеспечит снижение удельных затрат топлива на 0,02–0,05 кг/м³ и нагруженности несущей конструкции в 3,2–4,1 раза без снижения производительности работы;

– рациональная мощность привода вальцов харвестерной головки для рубок главного пользования в сосновых древостоях республики должна составлять 60–65 кВт, а тяговое усилие–28–30 кН, что обеспечит эффективную эксплуатацию машины в древостоях с диаметром деревьев до 0,36 м;

– при эксплуатации харвестера в сосновом древостое с диаметром деревьев 0,19–0,36 м для повышения эффективности работы необходимо осуществлять автоматизированное регулирование максимальной мощности привода вальцов харвестерной головки от 20 кВт до 65 кВт, что в сравнении с нерегулируемым приводом позволит снизить затраты топлива на величину до 0,04 кг/м³;

– максимальную скорость подъема стрелы манипулятора форвардера 4К4 на погрузочно-разгрузочных операциях (вылет манипулятора 5,3 м, масса сортиментов 500 кг) рационально ограничить величинами: 0,7 рад/с при расстоянии трелевки 150 м, и 0,55 рад/с при расстоянии трелевки 450 м. Для обеспечения последнего режима работы требуется мощность привода гидроцилиндра подъема стрелы, равная 36 кВт при разгоне и 29,6 кВт при равномерном поднимании сортиментов.

5) Установлены особенности нагружения шарнирных сочленений полурам форвардеров и харвестеров при различных величинах жесткости механизмов их блокирования и вариантах изменения опорных контуров базовых шасси. Рекомендованы рациональные параметры механизмов блокирования шарниров форвардеров и харвестеров, позволяющие снизить нагруженность их несущих конструкций до 1,32 и 1,15 раз соответственно, без потери устойчивости машин:

– на погрузочно-разгрузочной операции при увеличении массы поднимаемых сортиментов от 400 кг до 900 кг манипулятором форвардера МЛПТ-354 необходимо пропорционально изменять жесткость механизма блокировки его полурам от 500 кН·м/рад до 2000 кН·м/рад [8–А, 11–А];

– при работе харвестера МЛХ-414 в древостое с диаметром деревьев от 0,18 м до 0,32 м при вылете стрелы манипулятора 9,3 м изменять от 1700 кН·м/рад до 4150 кН·м/рад [8–А, 11–А].

Реализация разработанных рекомендаций позволит повысить надежность несущих конструкций (коэффициент готовности многооперационных лесозаготовительных машин повысится от 0,66 до 0,78), и увеличить их полезно используемый энергетический потенциал до 1,17 раза.

Рекомендации по практическому использованию результатов

Для повышения надежности многооперационных лесозаготовительных машин разработаны и внедрены на ОАО «Амкодор» рекомендации по изменению их несущих конструкций: корректировка параметров трубчатой опоры горизонтального шарнира форвардера Амкодор-2662, расположения ее опорных подшипников и исключение из конструкции упорной шайбы, изменение количества и расположения соединительных элементов шарнира; переход к коробчатому сечению технологической полурамы харвестера Амкодор-2551, введение новых, изменение и перемещение существующих элементов ее конструкции и др. [27–А, 28–А, 29–А].

Обоснованные способы и режимы выполнения технологических операций, снижающие уровень действующих на несущую конструкцию нагрузок, используются при эксплуатации харвестера Амкодор-2551 и форвардера Амкодор-2661 в ГОЛХУ «Осиповичский опытный лесхоз».

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Статьи в рецензируемых журналах, включенных в перечень ВАК

1–А. Гороновский, А.Р. Выбор параметров привода технологического оборудования харвестеров. / А.Р. Гороновский, С.А. Голякевич // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2010. – Вып. XVIII. – С. 17–20.

2–А. Коробкин, В.А. Эксплуатационные испытания шарниров сочленения полурам лесозаготовительных машин ПО «МТЗ» / В.А. Коробкин, С.А. Голякевич, М.К. Асмоловский // Труды БГТУ. Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2011. – № 2. – С. 122–127.

3–А. Голякевич, С.А. Нагруженность несущей конструкции харвестера при выполнении технологических операций. / С.А. Голякевич, А.Р. Гороновский // Труды БГТУ. Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2011. – № 2 – С. 27–30.

4–А. Голякевич, С.А. Оценка напряженного состояния несущей конструкции харвестера / С.А. Голякевич // Труды БГТУ. Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2011. – № 2. – С. 132–134.

5–А. Голякевич, С.А. Эффективность работы многооперационных лесозаготовительных машин с учетом ограничивающих факторов / С.А. Голякевич, А.Р. Гороновский // Труды БГТУ. Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2012. – № 2. – С. 8–11.

6–А. Голякевич, С.А. Экспериментальные исследования нагруженности несущих конструкций шарнирно-сочлененных лесозаготовительных машин / С.А. Голякевич, А.Р. Гороновский // Труды БГТУ. Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2012. – № 2. – С. 15–17.

7–А. Мохов, С.П. Анализ тенденций развития конструкций многооперационных лесозаготовительных машин. / С.П. Мохов, С.А. Голякевич, С.Н. Пишов, С.Е. Арико // Труды БГТУ. Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2012. – № 2. – С. 18–20.

8–А. Голякевич, С. А. Математическая модель для оценки нагруженности несущих конструкций многооперационных лесозаготовительных машин / С.А. Голякевич // Труды БГТУ. Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2013. – №2. – С. 65–71.

9–А. Голякевич, С. А. Анализ эксплуатационных режимов работы многооперационных лесозаготовительных машин / С.А. Голякевич // Труды БГТУ. Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2013. – № 2. – С. 72–78.

10–А. Голякевич, С.А. Моделирование нагруженности несущих конструкций харвестеров на транспортных и технологических операциях. / С.А. Голякевич // Вестник Московского государственного университета леса Лесной вестник – 2013. – Вып. I. – С. 42–46.

11–А. Golyakevich, S. Workload estimation of harvesters during the operations of work cycle. / S. Golyakevich, A. Goronovsky // Transport.–Issue 28 (3), Vilnius. – 2013. – P. 323–330.

Статьи в научных сборниках

12–А. Пищов, С.Н. Использование комбинированного типа двигателя для погрузочно-транспортных машин в условиях Республики Беларусь. / С.Н. Пищов, А.Р. Гороновский, С.А. Голякевич // Механика – машиностроению: сб. науч. тр. Междунар. науч.-техн. конф. «Инновации в машиностроении» и VI Международного симпозиума по трибофатике МСТФ 2010 ОИМ НАН Беларуси, Минск, 26–29 окт. 2010 г. / ОИМ НАН Беларуси; редкол.: М.С. Высоцкий [и др.].– Минск, 2010. – С. 212–214.

13–А. Гороновский, А.Р. Применение энергетического потенциала производительности при оценке эффективности работы лесозаготовительных машин / А.Р. Гороновский, С.А. Голякевич // Устойчивое управление лесами и рациональное лесопользование: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 18–21 мая 2010 г.: в 2 ч.– Минск: БГТУ 2010. – Ч. 1. – С. 140–144.

14–А. Гороновский, А.Р. Выбор эффективных параметров привода многооперационных лесозаготовительных машин. / А.Р. Гороновский, С.А. Голякевич // Деревообработка: технологии. оборудование. менеджмент XXI века: Труды V Евразийского симпозиума/ под науч. ред. М.В. Газаева – Екатеринбург, 2010. – С. 54–59.

15–А. Голякевич, С.А. Оценка нагруженности опор манипулятора харвестера при выполнении технологических операций. / С.А. Голякевич, А.Р. Гороновский // Деревообработка: технологии. оборудование. менеджмент XXI века: Труды VI Евразийского симпозиума / под науч. ред. М.В. Газаева – Екатеринбург, 2011.– С. 272–278.

16–А. Golyakevich, S. A. Operational effectiveness of multipurpose logging machinery considering limiting factors. / S. A. Golyakevich, A. R. Goronovski // Proceedings of BSTU. 2012. Issue 2. Wood and Woodworking Industry, Minsk. – 2012. – P. 8–10.

17–А. Golyakevich, S. A. Experimental research of stress loading of bearing structures in hinge joint logging machinery. / S. A. Golyakevich, A. R. Goronovski // Proceedings of BSTU. 2012. Issue 2. Wood and Woodworking Industry, Minsk. – 2012. – P. 14–16.

18–А. Mokhov, S. P. Trending of design development of multipurpos logging machines / S. P. Mokhov, S. A. Golyakevich, S. N. Pishchov, S. E. Ariko // Proceedings of BSTU. 2012. Issue 2. Wood and Woodworking Industry, Minsk. – 2012. – P. 17–19.

Материалы научных конференций и тезисы докладов

19–А. Симанович, В.А. Основные направления совершенствования колесной техники для заготовки древесины. / В.А. Симанович, С.А. Голякевич, В.А. Демидов // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. научно-техн. конф., Могилев, 16–17 апр. 2009 г.: в 3 ч. / Беларус. – Рос. ун-т; редкол.: И.С. Сазонов (гл. ред.) [и др]. – Могилев: БРУ, 2009. – Ч.2. – С. 203.

20–А. Голякевич, С.А. Обоснование рациональных параметров приводов движителя и технологического оборудования валочно-сучкорезно-раскряжевочных машин / С.А. Голякевич, А.Р. Гороновский // Сборник тезисов докладов победителей республиканского конкурса научных работ студентов ВУЗов, Минск 2010. – С. 121–122.

21–А. Голякевич, С.А. Выбор методики расчета мощности двигателя многооперационной лесозаготовительной машины / С.А. Голякевич, А.Р. Гороновский // Материалы международной научно-технической конференции «Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии», Могилев, 22–23 апреля 2010 г.: в 2 ч. – Могилев: БРУ, 2010. – Ч.2 – С. 18–19.

22–А. Мохов, С.П. Перспективы использования различных материалов в узлах трения шарниров сочленения лесных машин «Беларус». / С.П. Мохов, С.А. Голякевич, А.Р. Гороновский // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы междунар. научно-техн. конф., Могилев, 21–22 апр. 2011 г.: в 2 ч. Беларус.-Рос. ун-т; редкол.: И.С. Сазонов (гл. ред.) [и др]. – Могилев: БРУ, 2011. – Ч.2 – С. 49 – 50.

23–А. Голякевич, С.А. Экспериментальные исследования нагруженности несущей конструкции форвардера при выполнении погрузочных и транспортных операций. / С.А. Голякевич // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы международной научно-технической конференции. – Могилев: БРУ, 2011. – С. 147.

24–А. Голякевич, С.А. Пространственная динамическая схема манипулятора валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины. / С.А. Голякевич, А.Р. Гороновский // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. научно-техн. конф., в 2 ч. Могилев, 21–22 апр. 2011 г.: Беларус.-Рос. ун-т; редкол.: И.С. Сазонов (гл. ред.) [и др]. – Могилев: БРУ, 2011.–Ч.2 – С. 32 – 33.

25–А. Голякевич, С.А. Исследование нагруженности несущих конструкций шарнирно-сочлененных лесозаготовительных машин. / С.А. Голякевич, А.Р. Гороновский // Молодежь в науке–2012: Сборник материалов Международной научной конференции молодых ученых / Совет молодых

ученых Национальной академии наук Беларуси и ООО «Лаборатория интеллекта». – Минск: Белорусская наука, 2012. – С. 280–285.

26–А. Мохов, С.П. Направления развития типажа лесных машин «Беларус». / Мохов С.П. [и др.] // Технология и техника лесной промышленности: тезисы 76-й науч.-технич. конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, Минск, 13–20 февраля 2012 г. [Электронный ресурс] / отв. за издание И. М. Жарский; Белорус. гос. технол. ун-т.– Минск: БГТУ, 2012. – С. 12–13. Деп. в ГУ «БелИСА» 25.04.2012 № Д201224.

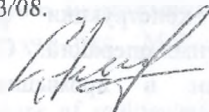
Патент на изобретение

27–А. Машина лесная погрузочно-транспортная. пат. № 14158 Респ. Беларусь, МПК (2009) А 01G 23/00, В 60P 3/40 / В.А. Симанович, С.П. Мохов, С.Н. Пищов, С.А. Голякевич, В.В. Хайновский, Г.Я. Климчик; заявитель Бел. гос. технол. ун-т. № а 20090224; заявл. 17.02.2012.

Заявки на изобретения

28–А. Машина лесная погрузочно-транспортная. / В.А. Симанович, С.А. Голякевич, С.П. Мохов, С.Н. Пищов, С.Е. Арико // Уведомление о положительном результате предварительной экспертизы по заявке на выдачу патента от 26.04.2012. Заявка № а 20120104 А 01G 23/00, В 60P 3/40; дата подачи 25.01.2012.

29–А. Устройство блокировки шарнира полурам. / В.А. Симанович, С.А. Голякевич, С.П. Мохов, Гороновский А.Р., С.Н. Пищов, С.Е. Арико // Заявка № а 20120895 от 7.06.2012 В62D53/04; В62D53/08.



**Павышэнне надзейнасці апорных канструкцый
шматаперацыйных лесанарыхтоўчых машын
выбарам рэжымаў работы на аснове энергетычнага патэнцыялу**

Ключавыя словы: шматаперацыйная лесанарыхтоўчая машына, апорная канструкцыя, матэматычнае мадэляванне, эфектыўнасць, маніпулятар, шарнір сучленення, механізм блакіроўкі, спосаб, рэжым.

Мэта работы: павышэнне надзейнасці шматаперацыйных лесанарыхтоўчых машын шляхам абгрунтавання спосабаў і рэжымаў выканання тэхналагічных аперацый і распрацоўкі адпаведных ім апорных канструкцый.

Метады даследавання і апаратура. Рэгістрацыя і апрацоўка эксперыментальных дадзеных праводзілася з выкарыстаннем шматфункцыянальнага вымяральнага ўзмацняльніка НВМ «Spider 8», тэнзарэзістараў, патэнцыяметрычных акселерометраў, тэнзарэзістыўных датчыкаў сілы і ціску. Пры тэарэтычных даследаваннях выкарыстоўваліся метады: тэарэтычнай механікі, тэорыі ваганняў механічных сістэм і імітацыйнага мадэлявання работы лесанарыхтоўчых машын, канцавых элементаў.

Навуковая навізна атрыманых вынікаў заключаецца ў распрацоўцы новай метадыкі ацэнкі эфектыўнасці спосабаў і рэжымаў выканання тэхналагічных аперацый шматаперацыйных лесанарыхтовачнымі машынамі заснаванай на ацэнцы энергетычнага патэнцыялу прадукцыйнасці, які рэалізуецца імі, а таксама ў распрацоўцы матэматычнай мадэлі для ацэнкі нагружанасці апорных канструкцый шматаперацыйных машын.

Ступень выкарыстання: вынікі даследаванняў рэалізаваны пры праектаванні новых і павышэнні надзейнасці існуючых апорных канструкцый айчынных шматаперацыйнымі лесанарыхтоўчых машын, на «ААТ Амкадор», а таксама выкарыстаны для павышэння эфектыўнасці эксплуатацыі машын у ДДЛУ «Асіповіцкі вопытны лясгас» пры правядзенні высечак галоўнага карыстання ў выглядзе рэкамендацый па радыянальных спосабах і рэжымах выканання аперацый.

Галіна выкарыстання: праектаванне высокатэхналагічных шарнірна-сучлененых апорных канструкцый для шматаперацыйных лесанарыхтовачных машын і далейшая іх эксплуатацыя ў тэхналагічным працэсе лесанарыхтовак.

РЕЗЮМЕ

Голякевич Сергей Александрович

Повышение надежности несущих конструкций многооперационных лесозаготовительных машин выбором режимов работы на основе энергетического потенциала

Ключевые слова: многооперационная лесозаготовительная машина, несущая конструкция, математическое моделирование, эффективность, манипулятор, шарнир сочленения, механизм блокировки, способ, режим.

Цель работы: повышение надежности многооперационных лесозаготовительных машин путем обоснования способов и режимов выполнения технологических операций и разработки соответствующих им несущих конструкций.

Методы исследования и аппаратура. Регистрация и обработка экспериментальных данных проводилась с использованием многофункционального измерительного усилителя НВМ«Spider 8», тензорезисторов, потенциометрических акселерометров, тензорезистивных датчиков силы и давления. При теоретических исследованиях применялись методы: теоретической механики, теории колебаний механических систем, имитационного моделирования работы лесозаготовительных машин, конечных элементов.

Научная новизна полученных результатов заключается в разработке новой методики оценки эффективности способов и режимов выполнения технологических операций многооперационными лесозаготовительными машинами, основанной на оценке реализуемого ими энергетического потенциала производительности, а также в разработке математической модели для оценки нагруженности несущих конструкций многооперационных машин.

Степень использования. Результаты исследований реализованы при проектировании новых и повышении надежности существующих несущих конструкций отечественных многооперационных лесозаготовительных машин на ОАО «Амкодор», а также в виде рекомендаций по рациональным способам и режимам выполнения операций использованы для повышения эффективности эксплуатации машин в ГОЛХУ «Осиповичский опытный лесхоз» при проведении рубок главного пользования.

Область применения: проектирование высокотехнологичных шарнирно-сочлененных несущих конструкций для многооперационных лесозаготовительных машин и дальнейшая их эксплуатация в технологическом процессе лесозаготовительного производства.

SUMMARY

Golyakevich Sergey Aleksandrovich

Reliability growth of bearing structures in multioperational logging machines by means of mode selection on the basis of energy potential

Key words: multioperational logging machines, bearing structure, mathematical modeling, efficiency, manipulator, articulation pivot, interlock mechanism, method, mode.

Purpose of work: reliability growth of bearing structures in multioperational logging machines by substantiation of methods and modes of manufacturing operations fulfillment and development of corresponded bearing structures.

Analysis and equipment. Recording and processing of experimental data has been carried out by means of multifunctional instrumentation amplifier HBM «Spider 8», tensoresistors, electrometric accelerometers, tensoresistive force and pressure sensors. Methods of theoretical mechanics, theory of mechanical system oscillations, simulation study of logging machinery performance and finite elements have been implemented during theoretical study.

Scientific novelty of the obtained results is in development of evaluation technique of methods and modes efficiency for fulfillment of manufacturing operations multioperational logging machines based on their efficiency energy potential evaluation as well as in the development of mathematical model for load evaluation of bearing structures in multioperational logging machines.

Efficiency. The results of investigations have been realized in design of new bearing structures and in reliability growth of existing ones in multioperational logging machines at public corporation «Amkodor» and have been used as recommendations for efficiency growth of machinery performance in final harvest at state experimental forestry establishment «Osipovichy experimental forestry».

Field of application: design of high-technology articulated joints of bearing structures for multioperational logging machines and their further performance in manufacturing process of logging industry.

Научное издание

Голякевич Сергей Александрович

**ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ
МНОГООПЕРАЦИОННЫХ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ МАШИН
ВЫБОРОМ РЕЖИМОВ РАБОТЫ НА ОСНОВЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО
ПОТЕНЦИАЛА**

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 05.21.01 – технология и машины лесозаготовок
и лесного хозяйства

Ответственный за выпуск С.А. Голякевич

Подписано в печать 17.09.2013. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 1,4. Уч.-изд. л. 1,4.

Тираж 60 экз. Заказ **384**.

Издатель и полиграфическое исполнение:

УО «Белорусский государственный технологический университет».

ЛП № 02330/0549423 от 08.04.2009.

ЛП № 02330/0150477 от 16.01.2009.

Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.