

УДК 630.377

## ПРИМЕНЕНИЕ МАНИПУЛЯТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОГРУЗКИ ШТУЧНЫХ И ОБЪЕМНЫХ ГРУЗОВ

*Насковец М.Т., Ходосовский В.М., Ермалицкий А.А. (БГТУ)*

*Приведены результаты исследований по расширению возможности использования манипуляторного оборудования, устанавливаемого на различных видах транспортных машин колесного типа, с целью осуществления погрузки штучных и объемных грузов.*

### **Введение**

Увеличение объемов грузопотоков в отраслях народного хозяйства, базирующихся на многократном перемещении грузов, неразрывно связано, прежде всего, с сокращением продолжительности выполнения входящих в него операций. В этой связи следует отметить, что при решении задач повышения эффективности грузоперевозок необходимо существенное внимание уделять снижению временных затрат такой важной фазы транспортного производства, как погрузочно-разгрузочные работы.

Как показывает опыт, рациональным направлением, способствующим значительному улучшению производимых механизированных операций, является техническое перевооружение предприятий за счет вновь создаваемых и совершенствуемых серийно выпускаемых машин и механизмов. Это в полной мере можно отнести и к погрузочной технике. В последние годы, для создания качественной основы осуществления процессов погрузки, стало применение для этих целей гидроманипуляторов. Монтируемые на автомобили, тракторы, прицепные тележки они значительно повышают производительность на различных фазах производственных процессов [1]. Вот почему, проектными и производственными организациями страны разрабатываются опытные образцы погрузочной техники с характеристиками, соответствующими лучшим мировым аналогам [2]. Опыт создания и применения данного вида оборудования при проведении погрузочно-разгрузочных работ в лесной отрасли страны может быть полезным для совершенствования аналогичных производственно-технологических операций в сельском хозяйстве республики.

### **Основная часть**

В современных условиях развития лесного комплекса Республик Беларусь основополагающим звеном транспортного освоения лесов является вывозка древесного сырья. Вместе с тем, в общем процессе важная роль также принадлежит и такой составляющей освоения, как осуществление погрузочно-разгрузочных операций. Традиционно сложилось, что погрузка древесины может выполняться поштучно, пачками небольшого объема и крупными пакетами, равными грузоподъемности погрузочного оборудования.

На сегодняшний день основными лесозаготовительными организациями нашей страны продолжают оставаться государственные лесохозяйственные учреждения – лесхозы, которые являются структурообразующей основой Министерства лесного хозяйства (МЛХ), а также лесозаготовительные предприятия, входящие в состав концерна “Беллесбумпром”.

Проведем анализ наличия и использования техники для обеспечения технологического процесса лесозаготовок на этих ведущих предприятиях отрасли. Данные, полученные по результатам работы предприятий МЛХ показывают, что вывозка древесины осуществляется в основном лесовозными тягачами-сортиментовозами. При этом на долю автомобильного транспорта в лесном хозяйстве приходится примерно 89% общего объема транспортировки лесных грузов. Оставшаяся часть перевозится преимущественно тракторами Минского тракторного завода (МТЗ), оборудованными прицепными тележками с гидроманипулятором на небольшие расстояния вывозки ( $\approx 15,4$  км). Вместе с тем имеющаяся на предприятиях МЛХ техника не всегда отвечает требованиям прогрессивных технологий, безопасности труда и экологическим требованиям, которым в последнее время уделяется большое внимание. В частности, введены сущест-

венные ограничения на использование гусеничных машин при освоении лесных массивов. С каждым годом ухудшается общее состояние автотракторного парка. Число грузовых автомобилей со сроком эксплуатации 8 и более лет составляет 81%, по тракторному парку – 62% от общего количества. Согласно нормам амортизации данная техника выработала свой ресурс, однако продолжает эксплуатироваться. В связи с этим значительную часть средств предприятия вынуждены использовать на поддержание имеющейся техники в рабочем состоянии.

Анализ сведений эксплуатации лесной техники подразделениями концерна «Беллесбумпром», показывает, что машины со сроком эксплуатации более 7 лет, составляет: по лесовозам – 74%, трелевочным тракторам – 46%, и лесным погрузчикам – 59%. Это свидетельствует о том, что их техническая оснащенность ниже необходимого уровня, и это отражается на всех показателях отрасли.

Ввиду того, что в данной работе акцент делается на изучение использования имеющихся и перспективных погрузочно-разгрузочных машин и механизмов, то немаловажно проанализировать наличие и оснащенность парка автомобилей, тракторов с прицепными тележками и фарвардеров основных лесозаготовительных подразделений, занятых на вывозке древесины. Так на предприятиях Министерства лесного хозяйства находятся в эксплуатации прицепные тележки следующих марок: ПЛ-7, ПЛ-11, ПЛВ-9М, ПЛМ-6.1, МТПЛ «Тигер», ПАТУ, Каллефал, ППТС-9, РУТ и др.; форвардеры МЛПТ-354, МЛ-131, Валмет, Тимберджек. Суммарное количество этой техники составляет 237 единицы. Кроме того, парк автопоездов состоит из автомобилей МАЗ, МЗКТ, КамАЗ, ЗИЛ, Урал. На ряде предприятий имеются также и импортные сортиментовозы МАН, Скания, Магирус. Общее количество лесовозных автомобилей оборудованных гидроманипуляторами по МЛХ составляет 644 единиц.

По сравнению с учреждениями МЛХ на вывозке древесины предприятия концерна «Беллесбумпром» представлены небольшим составом гидроманипуляторов, устанавливаемых на лесовозный автомобиль -77 единицы, в то время как парк лесовозных автопоездов составляет 569 машин. Это обусловлено преобладанием в этих организациях хлыстовой вывозке древесины – 86%.

Как показывает проведенный выше анализ, обеспеченность погрузочно-разгрузочными машинами и механизмами мала. Однако с учетом современных требований к ведению лесозаготовок, приоритет необходимо сосредотачивать на создании и внедрении для проведения погрузки древесины в условиях лесосек на технике с пневмоколесным двигателем и оснащенной гидроманипуляторами различной типоразмеров.

Ускорение научно-технического процесса в лесозаготовительной отрасли неразрывно связано с разработкой и внедрением прогрессивных машин и механизмов. Одним из направлений развития лесного машиностроения Беларуси является создание новых и совершенствование серийно выпускаемых модификаций лесопогрузочной техники. Примером тому является выполненная на кафедре транспорта леса НИР, направленная на разработку гидроманипулятора М 75-04 с увеличенным вылетом стрелы (рисунок 1) для погрузки сортиментов на основе модернизации манипулятора М-75, серийно выпускаемого ОАО «Мозырский машиностроительный завод» [3].

Анализ конструктивных решений при проработке составных частей гидроманипулятора позволил сделать акцент на его виртуальной модели с удлиненным вылетом, с помощью которой симулирована работа и найдены основные характеристики процессов, происходящих при функционировании лесопогрузчика в наиболее нагруженных режимах, для чего использованы механическая модель и модель его гидравлической системы.

Проектирование узлов гидроманипулятора М 75-04 осуществлялось на основе анализа его нагруженности с применением средств трехмерного конечно-элементного моделирования [4].

С целью максимальной унификации манипулятора М 75-04 с лесопогрузчиком М 75 был произведен расчет на прочность колонны и стрелы без изменений в конструкции при действии момента 188 кН·м с учетом коэффициента динамичности  $k_d = 2$ . По результатам расчета

было получено максимальное напряжение 375 МПа в колонне и 367 МПа в стреле.



Рисунок 1. Автомобиль-сортиментовоз с манипулятором М 75-04

Для уменьшения напряжений в колонне изменена конструкция ее нижней части. Толщина листов нижней и верхней пластины в основании колонны была увеличена до 25 и 20 мм соответственно. В качестве подшипников скольжения использованы полиамидные вкладыши.

В части изменения конструкции стрелы серийного манипулятора выполнено следующее:

- заменены на новые проушины крепления стрелы к колонне (по причине действия больших суммарных сил от масс стрелы, рукояти и груза увеличена длина сварного шва приварки проушины к стреле) и проушины под установку гидроцилиндра рукояти с приваренным усилителем (для уменьшения напряжений в стреле проушина выполнена несимметричной);
- для изготовления боковин вместо стали 09Г2С применена сталь 10ХСНД;
- вместо стальных втулок с бронзовым наплавлением установлены импортные бронзовые подшипники скольжения, которые упрощают сборку и улучшают ремонтпригодность;
- в соединении стрела – коромысла между подшипниками скольжения для предотвращения их смещения установлена распорная втулка.

В конструкции опорно-поворотного устройства усилена металлоконструкция балки, изменена конфигурация и увеличена толщина кронштейнов крепления роликов выдвижных опор, усилена накладка, соединяющая корпус с балкой. Доработана конструкция корпуса гидроцилиндра механизма поворота с целью осуществления подвода рабочей жидкости снизу.

Основной целью модернизации бака гидросистемы являлось повышение надежности и технологичности конструкции путем применения основных импортных комплектующих изделий.

Разработанная конструкция рукояти модернизированного гидроманипуляторного средства погрузки М 75-04 предполагает выдвижение телескопируемых секций посредством двух соединенных последовательно гидроцилиндров.

В целях минимизации затрат на доработку конструкции, было проведено виртуальное моделирование работы основных узлов гидроманипулятора М75-04 в режиме максимального приближения к реальным условиям эксплуатации. Результаты расчета показывают, что максимальные напряжения в колонне манипулятора возникают на валу и составляют 229 МПа, в сечении балки колонны максимальные напряжения достигают 175 МПа. Условия прочности

стрелы колонны и основного сечения колонны выполняются. Максимальные напряжения в стреле гидроманипулятора сосредоточены в основном сечении на верхней части боковин между проушинами крепления стрелы и проушинами под установку гидроцилиндра рукояти к колонне и составляют 172 МПа.

Установлено, что для обеспечения запаса прочности конструкции все нагруженные детали (пластины основания, проушины, балки колонны и стрелы) необходимо изготавливать из стали с прочностью  $\sigma_T = 390$  МПа. Наибольшие эквивалентные напряжения в рукояти сосредоточены на щеках в основании рукояти и составляют 176 МПа, в материале основного сечения рукояти максимальные напряжения не превышают 150 МПа.

При проектировании основного сечения и щек рукояти из стали 10ХСНД допускаемые напряжения составят ту же величину – 177 МПа.

После удовлетворительных результатов проверочных прочностных расчетов конструктивных элементов гидроманипулятора М 75-04, а также после проведения корректировки технологического, метрологического и нормоконтроля был изготовлен опытный образец гидроманипулятора М 75-04. Работы по его изготовлению, установке на шасси сортиментовоза МАЗ-6303 и заводским испытаниям проводились на ОАО «Мозырский машиностроительный завод» при участии сотрудников кафедры транспорта леса БГТУ и РУП «МТЗ».

Целью экспериментальных исследований являлось определение основных технических характеристик и технико-эксплуатационных показателей, проверка соответствия изготовленного опытного образца конструкторской документации и ТУ, получение данных о динамической нагруженности элементов гидроманипулятора М 75-04, а также проверка работоспособности объекта испытаний в неустановившихся режимах движения в заводских и производственных условиях. Проверка грузового момента производилась с контрольным грузом массой 668 кг, равным полезной грузоподъемности.

Проведенные испытания по проверке работоспособности гидроманипуляторного средства погрузки с использованием тензометрического метода подтверждают и значительно дополняют основные результаты стендовых испытаний в заводских условиях.

По завершении этапа заводских испытаний манипулятор прошел испытания в производственных условиях ГОЛХУ «Мозырский опытный лесхоз» при осуществлении погрузки и выгрузки сортиментов от 2,5 до 6,0 м и по своим техническим и геометрическим параметрам признан удовлетворяющим требованиям потребителя.

Проведенный комплекс работ по испытанию изготовленного и смонтированного на шасси сортиментовоза опытного образца гидроманипулятора М 75-04 дало возможность рекомендовать заводу-изготовителю постановку данного лесопогрузочного средства на серийное производство. В 2008 году выпущено и реализовано 8 гидроманипуляторов М 75-04.

Как уже отмечалось выше, вводятся новые экологические требования, с целью улучшения состояние окружающей среды при эксплуатации лесозаготовительной и иной техники на лесных территориях. В сочетании с ростом объемов сортиментной вывозки и погрузки древесного сырья в условиях лесосек, ужесточение экологических норм вызвало необходимость проработки вопроса создания манипуляторного колесного лесопогрузчика (рисунок 2).

Погрузчик отличается простотой конструкции, хорошей маневренностью, практически неограниченным радиусом действия, лучшей обзорностью и удобным управлением. Он имеет шарнирно-сочлененную раму, изготовленную из высокопрочных материалов. Высокая скорость передвижения придает ему новые ценные эксплуатационные качества. Один погрузчик такого типа может отгружать древесину с нескольких мастерских участков, расположенных в различных местах. Он будет незаменим на подборе аварийной древесины и отгрузке оставшейся древесины на мастерских участках. Данная машина имеет мощный гидроманипулятор (грузовой момент 220 кНм), который позволяет на максимальном вылете стрелы (8,2 м) поднимать до 2т груза (таблица 1). Кроме того для большей устойчивости в процессе работы эта машина оснащена аутригерами [5].

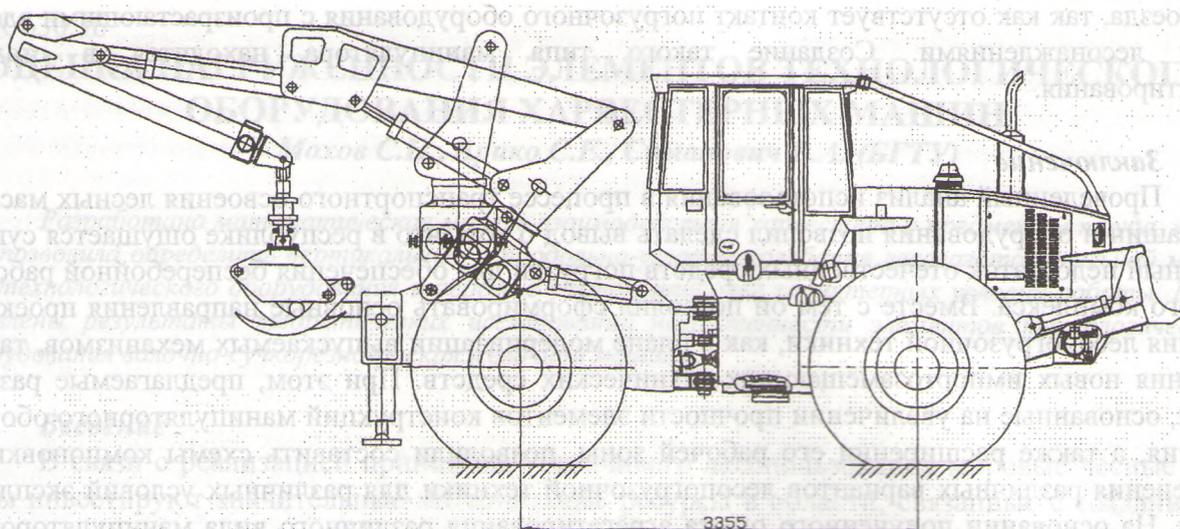


Рисунок 2. Манипуляторный колесный погрузчик

Таблица 1. Техническая характеристика манипуляторного погрузчика

1. Тип трансмиссии	гидромеханическая
2. Мощность двигателя эксплуатационная, кВт (л.с.)	109(148)
3. Диапазон скоростей, км/ч	0...30
4. Шины	30,5L-32
5. База, мм	3355
6. Колея, мм	2100
7. Дорожный просвет, мм	520
8. Грузовой момент гидроманипулятора, кНм	220
9. Максимальный вылет, м	8,2
10. Габаритные размеры, мм:	
длина	9500
ширина	2900
высота	3300
11. Масса, кг:	
конструктивная	12500
эксплуатационная	13000

С применением манипуляторных колесных погрузчиков на лесосеках возможны два варианта организации работ: погрузка и вывозка древесины текущей заготовки; погрузка и вывозка леса из запасов, заранее заготовленных у трасс лесовозных дорог. Технология самой погрузки при любом из перечисленных вариантов не меняется, разница заключается только в количестве древесины, уложенной на погрузочных площадках. Процесс погрузки манипуляторным лесопогрузчиком включает следующие операции: установку и подготовку подвижного состава к погрузке; захват древесины и перемещение ее к лесовозному транспорту; укладку и выравнивание погружаемых лесоматериалов на подвижном составе; уборку груженого подвижного состава.

Еще одним эффективным направлением, которое позволит расширить границы применимости манипуляторного оборудования, является разработка в пределах республики складных манипуляторов, способных монтироваться как, за кабиной автомобиля лесовоза, так и между автомобилем-сортиментовозом и прицепом. Так называемые Z - образные манипуляторы не подвержены в большой степени динамическим воздействиям в процессе транспортирования древесины. Положительным моментом также может служить улучшение процесса движения

автопоезда, так как отсутствует контакт погрузочного оборудования с произрастающими вдоль дорог лесонасаждениями. Создание такого типа манипулятора находится в стадии проектирования.

### *Заключение*

Проведенный анализ использования в процессе транспортного освоения лесных массивов машин и оборудования позволил сделать вывод о том, что в республике ощущается существенный недостаток отечественных средств погрузки для обеспечения бесперебойной работы лесного комплекса. Вместе с тем он позволил сформировать основные направления проектирования лесопогрузочной техники, как в плане модернизации выпускаемых механизмов, так и создания новых импортозамещающих технических средств. При этом, предлагаемые разработки, основанные на увеличении прочности элементов конструкций манипуляторного оборудования, а также расширении его рабочей зоны, позволили составить схемы компоновки и применения различных вариантов лесопогрузочной техники для различных условий эксплуатации. На основании полученного опыта агрегатирования различного вида манипуляторов с лесозаготовительными машинами, можно сделать вывод о эффективном его использовании в смежных отраслях народного хозяйства при выполнении аналогичного рода технологических операций.

### *Литература*

1. Ермалицкий, А. А. Гидроманипуляторные погрузочно-перегрузочные машины как эффективное средство механизации лесопогрузочных работ / А.А. Ермалицкий // *Материалы всерос. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов: материалы всерос. науч.-технич. конф.*. Екатеринбург, апрель 2005 г. / Урал. гос. лесотехн. ун-т; редкол.: С. В. Залесов [и др.]. – Екатеринбург, 2005. – С. 151–152.
2. Насковец, М. Т. Концептуальные вопросы конструктивных технических решений и совершенствования лесопогрузочных манипуляторов / М. Т. Насковец, А. А. Ермалицкий, В. М. Ходосовский // *Наука и инновации вузов производству: взаимодействие – эффективность, перспективы: сб. статей и тезисов науч.-практ. семинара*, Минск, 22–23 мая 2007 г. / УП «Технопарк БНТУ «Метолит»; под ред. Б. М. Хрусталева и О. П. Реута – Минск, 2008. – С. 81–85.
3. Модернизировать гидроманипулятор М-75 для погрузки сортиментов, создать и промышленно освоить на его базе модификацию с увеличенным вылетом стрелы [Текст]: отчет о НИР (заключ.): 26–214 / УО «Белорус. гос. технол. ун-т»; рук. М. Т. Насковец; исполн.: А. А. Ермалицкий [и др.]. – Минск, 2007. – 94 с. – Библиогр.: С. 46. – № ГР 20065295.
4. Насковец, М. Т. Разработка гидроманипулятора с удлиненным вылетом для погрузки сортиментов / М. Т. Насковец, А. А. Ермалицкий // *Материалы, оборудование и ресурсоберегающие технологии: материалы междунар. науч.-техн. конф.*, Могилев, 19–20 апр. 2007 г.: в 3 ч. / ГУ ВПО «Белорусско-российский ун-т»; редкол.: И. С. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. – Могилев, 2007. – Ч. 1. – С. 45–46.
5. Ермалицкий, А. А. Организация погрузочно-разгрузочных работ колесным манипуляторным лесопогрузчиком / Ермалицкий А.А. // *Труды БГТУ. Сер. лесн. и деревообр. пром-сти*. 2003. – Вып. XI. – С. 143–147.