

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ИСПЫТАНИЕ МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ МОДИФИКАЦИИ ЛЕСОПОГРУЗОЧНОГО ГИДРОМАНИПУЛЯТОРА М-75

Organized in given article analysis constructive decisions at development of the component parts of the hydraulic manipulator has allowed to do the accent on his virtual model with lengthened flight. By means of it are found main features of the processes, occurring when operating loader in the most loading mode. For this are used mechanical model, and model her hydraulic system. The Organized complex of the work on test made and mounted car on carriage of the pilot model of the hydraulic manipulator М 75-04 enables to recommend the manufacturer a production given facility of the loading on production in series.

Введение. 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. В последние годы основой технического перевооружения стали навесные гидроманипуляторы. Монтируемые на тракторы, прицепные тележки и лесовозные автомобили, они значительно повышают производительность на различных фазах технологического процесса лесозаготовки [1]. В связи с этим многими проектными и производственными организациями страны разрабатываются опытные образцы лесопогрузочной техники с характеристиками, соответствующими лучшим мировым аналогам [2]. Примером тому является выполненная на кафедре транспорта леса НИР, направленная на разработку гидроманипулятора М 75-04 с увеличенным вылетом стрелы для погрузки сортиментов на основе модернизации манипулятора М-75, серийно выпускаемого ОАО «Мозырский машиностроительный завод» [3].

Проведенный анализ наличия и использования данной техники на предприятиях республики, ведущих заготовку древесины, позволил сделать вывод о большом числе нареканий и рекламаций потребителей по поводу частого выхода из строя (поломки) тех или иных элементов конструкции и гидросистемы отечественного средства погрузки, сформировать направление модернизации, основанное на увеличении прочности элементов конструкции манипулятора и расширении его рабочей зоны, а также составить компоновочные схемы модернизированного варианта лесопогрузчика.

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

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.

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. В его конструкции использованы: заливная горловина со встроеным сапуном ТМ 478 G150-40mic (Италия), сливной фильтр RFM 50 CV1B610/V0

(Италия), вмонтированный в гидробак, со встроенным предохранительным клапаном, уровнемер LS 127 1-T-M12 (Италия), оснащенный указателем температуры рабочей жидкости.

Основной целью модернизации серийно выпускаемой конструкции манипулятора являлось увеличение вылета стрелового оборудования, обосновываемое необходимостью сокращения времени загрузки прицепного состава лесотранспортной техники.

Анализ существующих конструкций гидроманипуляторных лесопогрузчиков показал, что их производители достигают расширения радиуса рабочей зоны манипуляторов посредством добавления к удлинителю рукояти дополнительного телескопического звена. Исследования показали, что разработчики зарубежных предприятий для привода крайней телескопируемой секции гидроманипулятора используют в основном цепную передачу и режу – гидроцилиндр, находящийся в корпусе удлинителя. В последнем случае схема соединения гидроцилиндров рукояти может быть параллельной или последовательной (обеспечивающей синхронное выдвижение телескопических звеньев).

В этой связи необходимо отметить, что цепная передача, показанная на рис. 1, требует хорошего обслуживания и высокой точности регулировки. Цепь подвержена достаточно быстрому изнашиванию и разрыву при работе удлинителя в случае нахождения одной его части к другой под небольшим углом. Это обстоятельство было подтверждено во время проведения кафедрой транспорта леса БГТУ анализа наличия и технического состояния гидроманипуляторного погрузочного оборудования на основных предприятиях отрасли [4].

В вышеописанных негативных производственных ситуациях наличие шарнирно прикрепленных гидроцилиндров позволяет им поворачиваться на небольшой угол без деформации

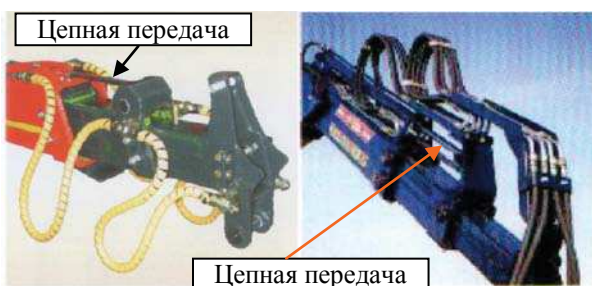


Рис. 1. Цепной привод крайней телескопируемой секции удлинителя

Нужно отметить, что в новых конструкциях гидроманипуляторов производства ООО «Велмаш-С» марки ОМТЛ-70-04, ОМТЛ-97-04

и производства Майкопского машиностроительного завода – АС 90-08 (ЛВ-185-08) применен аналогичный способ удлинения вылета.

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 вала 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 щеки рукояти из стали 10ХСНД допускаемые напряжения составят ту же величину – 177 МПа.

Изготовление и испытание опытного образца гидроманипулятора М 75-04. 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.

В процессе технического осмотра и стендовых испытаний опытного образца манипулятора М 75-04 установлено следующее:

а) масса манипулятора, определенная динамометром статического взвешивания ДРВ-10-2 (10 т) по ГОСТ 29329, составляет – 2,4 т.

б) манипулятор обеспечивает грузовой момент 75 кН·м и момент поворота в горизонтальной плоскости 16 кН·м при давлении 18 МПа;

в) манипулятор функционирует в соответствии с техническими требованиями и проектами КД;

г) вылет стрелового оборудования гидроманипулятора составил 8,6 м, что на 0,2 м больше устанавливаемого техническими требованиями.

д) при складывании в транспортное положение происходит неполное подгибание рукояти под стрелу (данный недостаток признан незначительным);

е) при последовательной гидравлической схеме соединения гидроцилиндров выдвижения рукояти Ц1 и удлинителя рукояти Ц2 не обеспечивается работоспособность манипулятора согласно КД. В связи с этим последовательная схема соединения данных гидроцилиндров была заменена на параллельную.

Динамические испытания смонтированного на автомобиль гидроманипулятора проводились в заводских условиях с целью проверки работоспособности опытного образца гидроманипулятора в неустановившихся режимах движения, а также последующего сравнения полученных средних пиковых давлений в гидросистеме с результатами аналогичных испытаний в производственных условиях.

Для записи измеряемых параметров использовалась измерительная аппаратура немецкой фирмы «Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH» в составе восьмиканального многофункционального измерительного усилителя «Spider 8», представляющего собой электронную измерительную систему для электрических измерений механических величин, и тензометрических датчиков абсолютного давления P8 AP на 500 bar, представленных на рис. 2, а также портативного переносного компьютера.

Отличительными особенностями тензометрических датчиков P8 AP являются: приваренный тензорезисторный сенсор с

ностью 2 мВ/В, отсутствие уплотнителя между присоединительной частью и тензорезистором; отсутствие наполняющей жидкости; простой монтаж и коррозионно-устойчивость.



Рис. 2. Датчики абсолютного давления P8 AP

Питание тензометрических датчиков, включенных по мостовой схеме, осуществляется от измерительного преобразователя.

Как показано на рис. 3, тензометрические датчики давления присоединялись к специально изготовленным переходникам, установленным в соответствующих трубопроводах поршневой полости гидроцилиндра подъема стрелы (рис. 3, а), штоковой полости гидроцилиндра поворота рукояти (рис. 3, б) и штоковой полости гидроцилиндра выдвижения удлинителя (рис. 3, в). Изменение давления в гидроцилиндрах механизма поворота колонны регистрировалось глицериновым манометром (рис. 3, г). Запись измеряемых параметров производилась непосредственно на жесткий диск компьютера. Питание измерительного усилителя «Spider 8» и компьютера осуществлялось от стационарной сети 220 В использованием 50-метрового удлинителя. Измерительная аппаратура устанавливалась непосредственно возле одной из опор гидроманипулятора.

Подключение датчиков к измерительному усилителю Spider-8 осуществлялось по шестипроводной схеме при помощи специального низкоемкостного экранированного кабеля. Применение такой схемы подключения позволяет исключить влияние омического сопротивления кабеля и изменение его сопротивления от температуры на результаты измерений.

Перед непосредственным проведением измерений тензометрические датчики подключаются к модулю несущей частоты SR55 усилителя Spider-8 (каналы 0, 1, 2).

Программное обеспечение измерительного комплекса позволяет перед записью проверять работоспособность датчиков и усилительных каналов, производить тарировку датчиков, а непосредственно после записи опыта просматривать данные и строить по ним графики, что дает возможность визуально оценить достоверность полученных результатов. Динамические испытания проводились с контрольными грузами массой 650 и 920 кг.



Рис. 3. Подключение измерительной аппаратуры:
а, б, в – датчики давления, установленные в соответствующие напорные магистрали;
г – установка манометра в трубопровод гидросистемы механизма поворота колонны;
д – измерительный комплекс

Тарировка датчиков осуществлялась в соответствии с их техническими характеристиками по следующей схеме: 0 мВ/В – 0 бар; 1 мВ/В – 250 бар; 2 мВ/В – 500 бар. К каналам «0», «1», «2» были присоединены соответственно датчики измерения давления в гидроцилиндре выдвижения телескопа, в гидроцилиндре подъема стрелы и в гидроцилиндре поворота рукояти. Запись и обработка результатов испытаний производилась с использованием пакета программного обеспечения «Catman express 4.5_R3» в цифровом формате данных (*.xls).

Изображение осциллограмм, записанных по результатам отдельных испытаний, приведено на рис. 4.

Наибольшее значение давления в поршневой полости гидроцилиндра подъема стрелы

(рис. 4, *а*) составило 195 бар, в штоковой полости гидроцилиндра выдвижения телескопа (рис. 4, *б*) – 201, рукояти (рис. 4, *в*) – 185 бар. Максимальное показание давления в гидроцилиндре механизма поворота колонны, зарегистрированного глицериновым манометром, составило 180 бар.

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 сво-

им техническим и геометрическим параметрам признан удовлетворяющим требованиям потребителя.

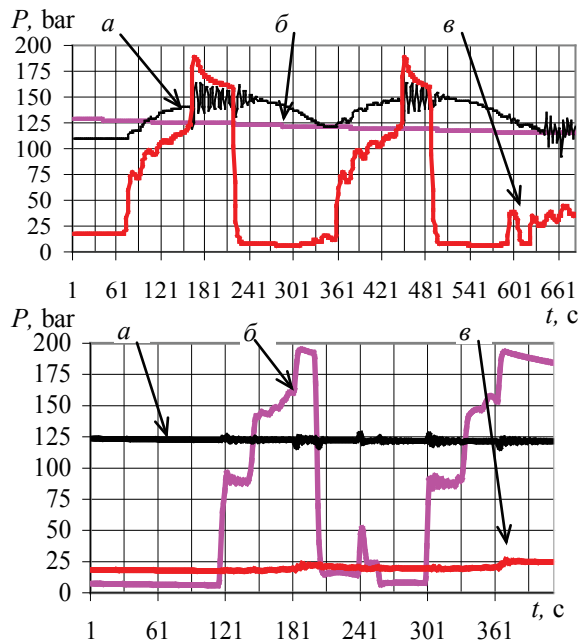


Рис. 4. Результаты испытаний:
а, б, в – колебания давления в напорных магистралях гидросистемы манипулятора

Приемочные и сертификационные испытания проводились с целью определения соответствия опытного образца манипулятора М 75-04 техническим требованиям, требованиям стандартов безопасности, ТНПА, а также возможности и целесообразности постановки манипулятора на производство.

Эксплуатационно-технологические испытания М 75-04 проводились в реальных условиях на объектах ГОЛХУ «Мозырский опытный лесхоз», в процессе которых выполнялись работы по погрузке, транспортировке и выгрузке сортиментов длиной до 6 м.

Утверждение акта приемочной комиссии свидетельствует об окончании разработки, прекращении действия технических требований, согласовании необходимых нормативно-технических и эксплуатационных документов, а также о разрешении производства манипуляторов.

Заключение. Анализ конструктивных решений при проработке составных частей гидроманипулятора позволил сделать акцент на его виртуальной модели с удлиненным

вылетом, с помощью которой симитирована работа и найдены основные характеристики процессов, происходящих при функционировании лесопогрузчика в наиболее нагруженных режимах, для чего использованы механическая модель и модель его гидравлической системы.

Проведенный комплекс работ по испытанию изготовленного и смонтированного на шасси сортиментовоза опытного образца гидроманипулятора М 75-04 дает возможность рекомендовать заводу-изготовителю постановку данного лесопогрузочного средства на серийное производство.

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; 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: 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. – № ГР 20065295.
4. Насковец, М. Т. Разработка гидроманипулятора с удлиненным вылетом для погрузки сортиментов / М. Т. Насковец, А. А. Ермалицкий // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие 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.