

V.A., заявитель и патентообладатель FGBOU VPO «PGU im. SHolom-Alejhema». 2015106519/13, заявл.25.02.2015, опubl. 10.04.2016, Byul. No 10, 13 p.

15. Pat. 2565289 RF. MPK A01D 91/04. Sposob uborki zernovyh kul'tur s ochesom valka hlebnoj massy i ustrojstvo dlya ego osushchestvleniya (Pat. 2565289 of the Russian Federation. IPC A01D 91/04. Method of Harvesting Grain Crops by Combing of Grain Roll and Device for Its Implementation), Kandelya M.V., Kandelya N.M., SHil'ko P.A., Grinkrug L.S., Zemlyak V.L., заявитель и патентообладатель FGBOU VPO «PGU im. SHolom-Alejhema». 2014103736/13, заявл. 04.02.2014, опubl. 20.10.2015, Byul. No 29, 6 p.

16. Pat. 2569833 RF. MPK A23N 15/00, B01J 3/00. Sposob vydeleniya zerna iz soevyh bobov s ispol'zovaniem vakuuma i ustrojstvo dlya ego osushchestvleniya (Pat. 2569833 of the Russian Federation. IPC A23N 15/00, B01J 3/00. Method of Separating Grain from Soy Beans Using Vacuum and Device for Its Implementation), Kandelya M.V., Kandelya N.M., SHil'ko P.A., Ponomarev E.G., Emel'yanov A.M., Tihonchuk P.V., SHCHitov S.V., заявитель и патентообладатель FGBOU VPO Dal'GAU. 2014108802/13, заявл. 06.03.2014, опubl. 27.11.2015, Byul. No 33, 6 p.

17. Pat. 2569957 RF. MPK A01D 41/08. ZHatka dlya ochesa zernovyh kul'tur na kornyu (Pat. 2569957 of the Russian Federation. IPC A01D 41/08. Header for Combing Grain Crops on the Root), Kandelya M.V., Kandelya N.M., SHil'ko P.A., Grinkrug L.S., Zemlyak V.L., заявитель и патентообладатель FGBOU VPO «PGU im. SHolom-Alejhema». 2014103740/13, заявл. 04.02.2014, опubl. 10.12.2015, Byul. No 34, 9 p.

18. Pat. 2565262 RF. MPK A01D 41/08. ZHatka dlya ochesa sel'skohozyajstvennyh kul'tur na kornyu (Pat. 2565262 of the Russian Federation. IPC A01D 41/08. Header for Combing Crops on the Root), Kandelya M.V., Kandelya N.M., SHil'ko P.A., Berezovskij P.V., Panasyuk A.N., Lipkan' A.V., заявитель и патентообладатель FGBNU Dal'NIIMESKH. 2014100463/13, заявл. 09.01.2014, опubl. 20.10.2015, Byul. No 29, 8 p.

19. Lipkan', A.V., Kandelya, M.V., Panasyuk, A.N. Konceptiya sovershenstvovaniya zonal'noj samohodnoj uborochno-transportnoj tekhniki na gusenichnom hodu i eyo realizaciya (Concept of Improvement of Zonal Self-Propelled Harvesting and Transport Caterpillar-Mounted Machinery and Its Implementation), Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovacii, 2016, No 6 [Elektronnyj resurs], URL: <http://web.snauka.ru/issues/2016/06/69543> (data obrashcheniya 02.06.2017).

УДК 621.866-82
ГРНТИ 55.51.31

DOI:10.24411/1999-6837-2019-12028

Пугин К.Г., д-р техн. наук, профессор,

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,

Пермский государственный аграрно-технологический университет

имени академика Д.Н. Прянишникова,

Власов Д.В., студент,

Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,

Шаякбаров И.Э., студент,

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,

г. Пермь, Пермский край, Россия,

E-mail: 123zzz@rambler.ru; schayakbaroff.iln@yandex.ru; 77599170297000@mail.ru

РАЗРАБОТКА ГРУЗОПОДЪЕМНОГО УСТРОЙСТВА НА ТРАКТОР МТЗ-80 (МТЗ-82)

© Пугин К.Г., Власов Д.В., Шаякбаров И.Э., 2019

Агропромышленный комплекс Российской Федерации до недавнего времени имел тенденцию к отставанию от зарубежных стран из-за отсутствия должной механизации работ. Ведь значительную часть работ в сельской местности зачастую занимают погрузочно-разгрузочные работы при перевозке различных грузов. Поэтому для повышения производительности труда при выполнении вышеперечисленных работ используют специализированное оборудование. К такому оборудованию относится гидравлический подъёмник, монтируемый на шасси строительно-дорожных и сельскохозяйственных машин. В статье рассмотрены существующие варианты отечественных и зарубежных приспособлений. Однако основная

проблема этих приспособлений – высокая цена вариантов, поэтому зачастую для выполнения работ по загрузке/выгрузке грузов используют самодельные конструкции оборудования. В статье рассмотрены варианты подъемников, устанавливаемых на трактор МТЗ-80 (МТЗ-82) – один из наиболее распространенных машин в сельской местности. Предложены следующие варианты - упрощенный вариант с неподвижной стрелой и вариант со стрелой «шарнирного типа». В ходе работы были выявлены положительные и отрицательные моменты каждой из предложенных конструкций, особенности их эксплуатации. Для каждого вида были определены индивидуальные грузовысотные характеристики. Рассмотрены возможности подключения гидравлической системы приспособлений к штатной системе самого трактора без её изменения. Также была рассмотрена возможность машины к опрокидыванию с установленным новым оборудованием и сделаны выводы о том, что трактор МТЗ-80 не склонен к опрокидыванию при установке вышеуказанных устройств. Сделаны выводы о целесообразности применения данных конструкций на практике в агропромышленном комплексе Российской Федерации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: МАНИПУЛЯТОР, КРАН, ТРАКТОР, ГРУЗ, ГИДРАВЛИКА.

UDC 621.866-82

DOI:10.24411/1999-6837-2019-12028

Pugin K.G., Dr Tech. Sci., Professor,
Permsky National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation;
Perm State Agro-Technological University Named after Academician D.N. Pryanishnikov;
Vlasov D.V., student,
Permsky National Research Polytechnic University;
Shayakbarov I.E., student,
Permsky National Research Polytechnic University,
Perm, Permskii krai, Russia
E-mail: 123zzz@rambler.ru; schayakbaroff.iln@yandex.ru; 77599170297000@mail.ru.

DEVELOPMENT OF A LIFTING MACHINE ON THE TRACTOR MTZ-80 (MTZ-82)

Until recently, the agro-industrial complex of the Russian Federation tended to lag behind foreign countries due to the lack of proper mechanization of work. After all, a significant part of the work in rural areas is often occupied by loading and unloading operations during transportation of various goods. Therefore, in order to improve productivity of the performance of the above works it is necessary to use specialized equipment. Such equipment includes a hydraulic lift mounted on the chassis of road construction and agricultural machines. The article considers the existing variants of domestic and foreign devices. However, high price is the main problem of these devices, so often in order to perform loading/unloading operations one has to use homemade equipment designs. The article discusses the options of lifts installed on the tractor MTZ-80 (MTZ-82) – one of the most common machines in rural areas. The following options are proposed - simplified version with a fixed boom and the version with a «hinge-type» boom. During the work, positive and negative aspects of each of the proposed designs, especially their operation features, were identified. Individual cargo-altitude characteristics were determined for each type. The article considers the possibilities of connection of hydraulic system fittings to regular system of the tractor without its change. Also, we considered the possibility of the machine roll-over with the installed new equipment and made conclusions that the MTZ-80 tractor was not inclined to roll-over when the above devices were installed. We came to the conclusion confirming the feasibility of using these devices in practice in the agro-industrial complex of the Russian Federation.

KEY WORDS: HANDLING DEVICE, CRANE, TRACTOR, CARGO, HYDRAULICS.

Одной из проблем развития агропромышленного комплекса в Российской Федерации является технико-технологическое отставание агропромышленного комплекса РФ от уровня развития ведущих стран мира. Недостаточный уровень финансирования, а также стагнация машиностроения РФ для сельского хозяйства и пищевой промышленности оказывают отрицательное влияние на экономику нашего государства. Для уменьшения отставания агропромышленного комплекса РФ от уровня развития ведущих стран мира принято Постановление Правительства РФ от 14.07.2012 № 717 «О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 - 2020 годы». В нем уделено особое внимание ускорению обновления технической базы агропромышленного комплекса за счет развития российского сельскохозяйственного машиностроения. Развитие сельского хозяйства невозможно без механизации одного из наиболее широко распространенных видов работ - погрузочно-разгрузочных. В странах с развитым сельским хозяйством также уделяют этому вопросу повышенное внимание. Выпускается большое количество навесного оборудования, которое позволяет ускорять процессы погрузки, разгрузки и перемещения необходимых грузов. В этой связи разработка универсального грузоподъемного устройства, имеющего невысокую стоимость и не требующего сложного технического обслуживания, является актуальной темой для проектирования.

Сегодня практически ни один вид работ в сельском хозяйстве нельзя представить без перемещения каких-либо грузов и материалов. Часть грузов перемещается вручную, однако большое количество перемещаемых грузов требует использования грузоподъемного устройства [1-9].

Погрузочно-разгрузочные работы в агропромышленном комплексе характеризуются рядом особенностей, к которым можно отнести: разнородность перемещаемых грузов (по массе, длине и ширине, материалу, упаковке); использование для выполнения работ неподготовленных площадок (зачастую с низкой несущей способностью, на косогоре, стесненных условиях жилой (производственной) застройки); выполнение работ в сложных метеорологических условиях; работа с грузами, не имеющими мест крепления грузозахватных устройств.

Характеристики наиболее распространенных в сельском хозяйстве видов перемещаемых грузов представлены в таблице 1. Зачастую погрузку/разгрузку таких грузов производят в кузова машин, прицепы (высота подъема - около 2-х метров) или же отпускают в траншеи глубиной до 2-х метров при прокладке трубопроводов (глубина промерзания грунта на открытой местности в средней полосе России до 1,8 м). Соответственно, высотная характеристика грузоподъемных механизмов, выполняющих такие работы, должна составлять до 4 метров, а грузоподъемность - до 1,8 тонны.

Таблица 1

Характеристика грузов

Наименование груза	Габаритные размеры	Вес
Сено, солома, корма	Прямоугольный тюк (ДхШхВ): 0,9х0,5х0,4 м;	Прямоугольный тюк – до 22 кг;
	Рулонный тюк (диаметр/длина): 1,8х1,5м.	Рулонный тюк – до 700 кг
Длинномерные материалы (доски, бревна, столбы, трубы)	До 6 метров	До 675 кг
Фасованные материалы в мешках	1,5х1,25 м	До 1500 кг
Поддоны со штучным грузом	До 1,0х1,5х0,5 м	До 1500 кг
Отдельные штучные грузы	До 1,0х1,0х0,5 м	До 1000 кг

Для погрузки или выгрузки грузов применяют специализированные устройства, предназначенные для подъема, перемещения и выгрузки негабаритов. На рынке грузоподъемных машин и механизмов имеется довольно широкий ряд устройств с различными характеристиками для проведения погрузочно-разгрузочных работ. Одним из таких механизмов являются крано-манипуляторные установки, используемые на автомобильном шасси (рис.1.) Автомобильное шасси позволяет таким установкам передвигаться и перевозить груз по дорогам общего пользования, а манипуляторная установка производит погрузку и выгрузку грузов в большинстве случаев. При всех положительных сторонах, данные грузоподъемные установки, помимо большой стоимости, нуждаются в квалифицированном техническом обслуживании, что, в свою очередь, также ведет к значительным расходам.

Для большинства мелких и средних хозяйств в России такие грузоподъемные

установки недоступны по экономическим соображениям. По этой причине для выполнения грузоподъемных работ используют механизмы собственной конструкции, иногда довольно оригинальные. Например, для погрузки в кузов автомобиля бревен используют устройство, состоящее из насадки на автомобильный диск, с закрепленным на нем швеллером с проушиной. Трос одним концом крепится к проушине, другой обматывается вокруг загружаемого бревна. Далее машина трогается с места, тем самым производя погрузку груза методом затаскивания в кузов. Схема погрузки представлена на рисунке 2. Данный способ погрузки очень опасен, имеется вероятность повреждения ходовой части машины и необходим хороший обзор, чтобы знать, когда следует произвести торможение, а также есть опасность опрокидывания машины через точку А или же поломка приспособления при перегрузе вследствие веса бревна выше допустимого.

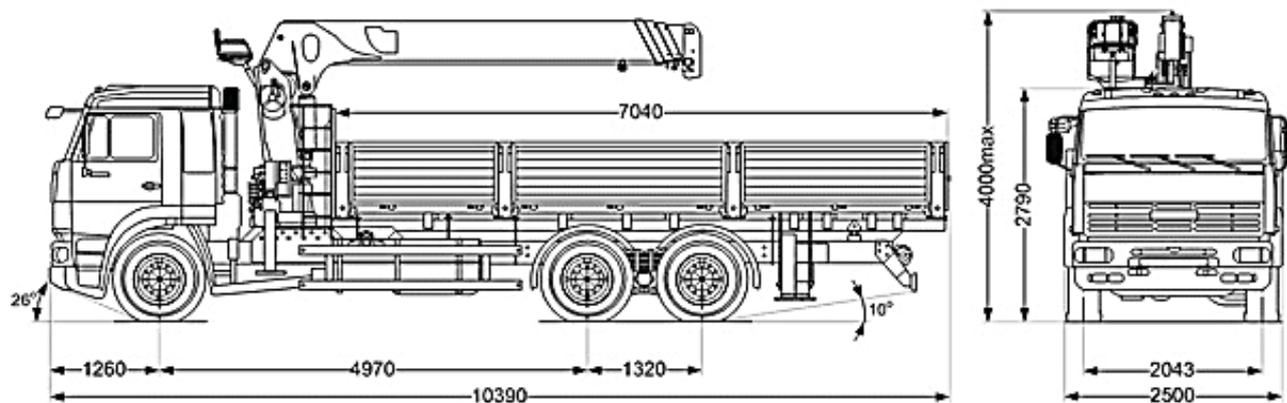


Рис. 1. Крано-манипуляторная установка на базе автомобиля КАМАЗ

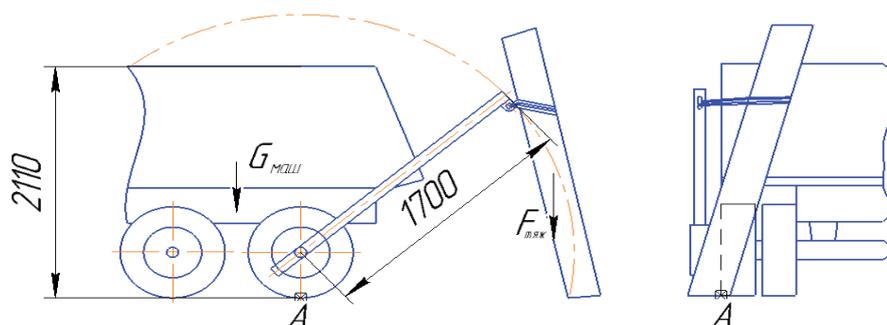


Рис. 2. Погрузка бревна в кузов автомобиля с помощью насадки на автомобильный диск

Для тракторов марок МТЗ-80, МТЗ-82, Т-40, Т-25 и им аналогичных для перемещения груза используют самодельные грузоподъемные конструкции. Примером такой

конструкции является грузоподъемное устройство, устанавливаемое с задней части трактора (рис. 3.)

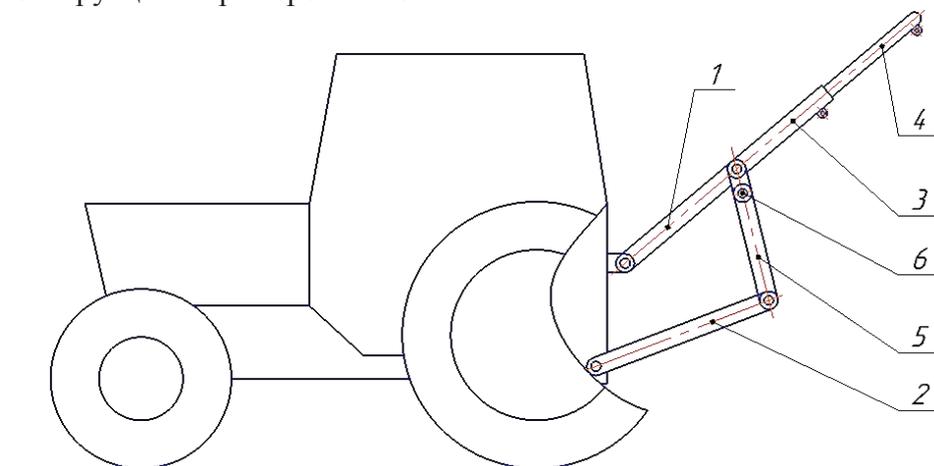


Рис.3. Грузоподъемное устройство.

Конструкция таких подъемников включает в себя: 1 - кронштейн центральной тяги тракторной навески (для фиксации навесного оборудования); 2 - продольная тяга навески (для присоединения навесного оборудования); 3 - основная стрела (для поднятия груза максимального веса); 4 - выдвижная стрела (для увеличения длины основной стрелы); 5 - «треугольник» (быстро-съемное устройство в форме треугольника, которое устанавливают на навеску и применяют для соединения трактора и стрелового

оборудования); 6 - наконечник «треугольника» (для фиксации навесного оборудования на определённой высоте). Стрела может изменять угол наклона путем перестановки места крепления наконечника «треугольника» на основной стреле или с помощью тракторной навески. Подъем и опускание груза возможно с помощью стрелы или грузовой лебедки, которая устанавливается на раму трактора [10].

Менее распространенная конструкция представлена на рисунке 4.

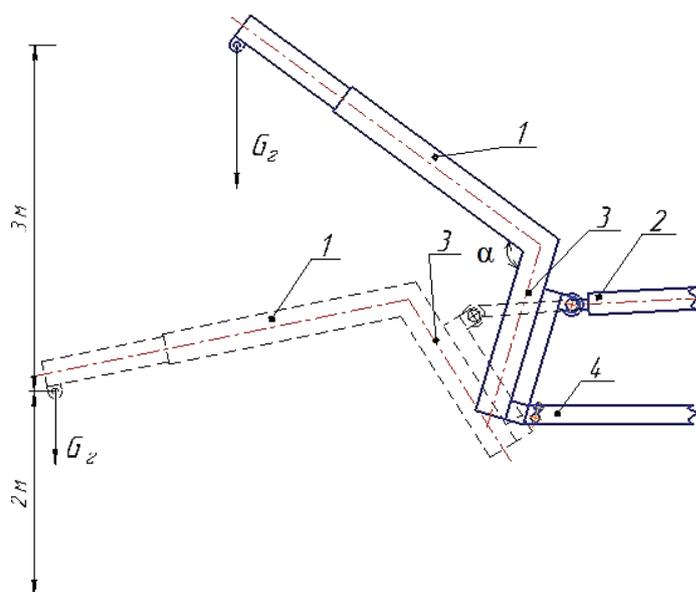


Рис.4. Грузоподъемное оборудование:

1-стрела, 2-гидроцилиндр, 3-«треугольник», 4-цепное оборудование трактора

Предложенный вариант является упрощенным вариантом подъемника. Представляет собой стрелу, загнутую под углом $\alpha=100^\circ$, имеющую систему крепления к сцепному оборудованию машины. Подъем и опускание стрелы приводится с помощью гидроцилиндра, закрепленного позади стрелы, что позволяет трансформировать возвратно-поступательное движение гидроцилиндра в наклонное движение стрелы. Однако данная конструкция не позволяет поднимать груз на большую высоту. Следующий вариант представлен на рисунке 5.

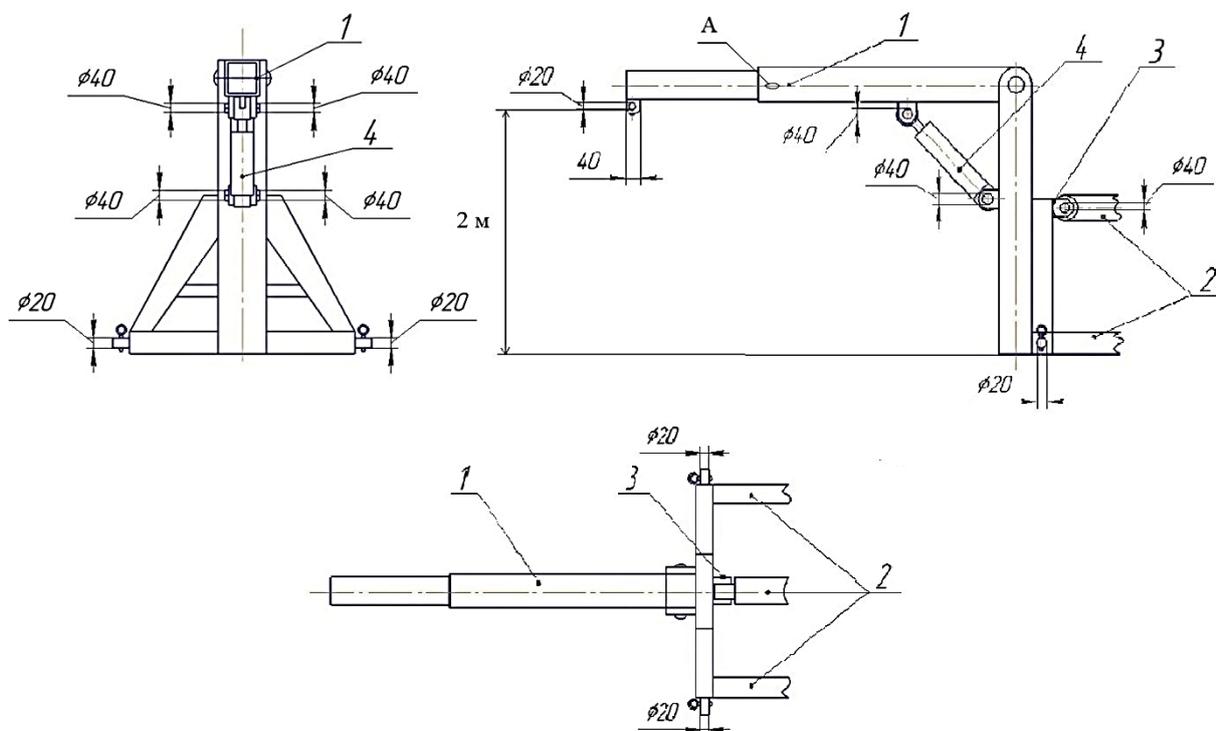


Рис.5. Грузоподъемное оборудование:

1-стрела, 2-сцепное оборудование трактора, 3-шарнир, 4-гидроцилиндр

Данный вид устройства имеет шарнирное соединение на стреле, под которой установлен гидроцилиндр, совершающий подъем стрелы (1) и, соответственно, груза. Как и в предыдущем варианте, механизм оснащен приспособлением (2), позволяющим крепить его к штатным местам крепления машины. Вариант «шарнирного типа» позволяет совершать работу в стесненных ситуациях, а также позволяет установить дополнительную секцию стрелы в месте крепления стрелы, а механизм подъема груза крепится к штатным местам крепления трактора посредством шарнирного соединения (3). Гидроцилиндр (4) соединяет стрелу и опорную балку также с помощью

шарнирного соединения. Совершая возвратно-поступательное движение, гидроцилиндр обеспечивает подъем и опускание стрелы навесного оборудования на необходимую высоту. Стрела представляет собой балку квадратного коробчатого сечения гнуто-сварного профиля.

Была разработана 3D-модель грузоподъемного оборудования, представленная на рисунке 6.

Для предлагаемого грузоподъемного оборудования была построена грузовой характеристика с учетом веса трактора и допустимой нагрузки на оси, которая представлена на рисунке 7.



Рис .6. 3D модель грузоподъемного оборудования

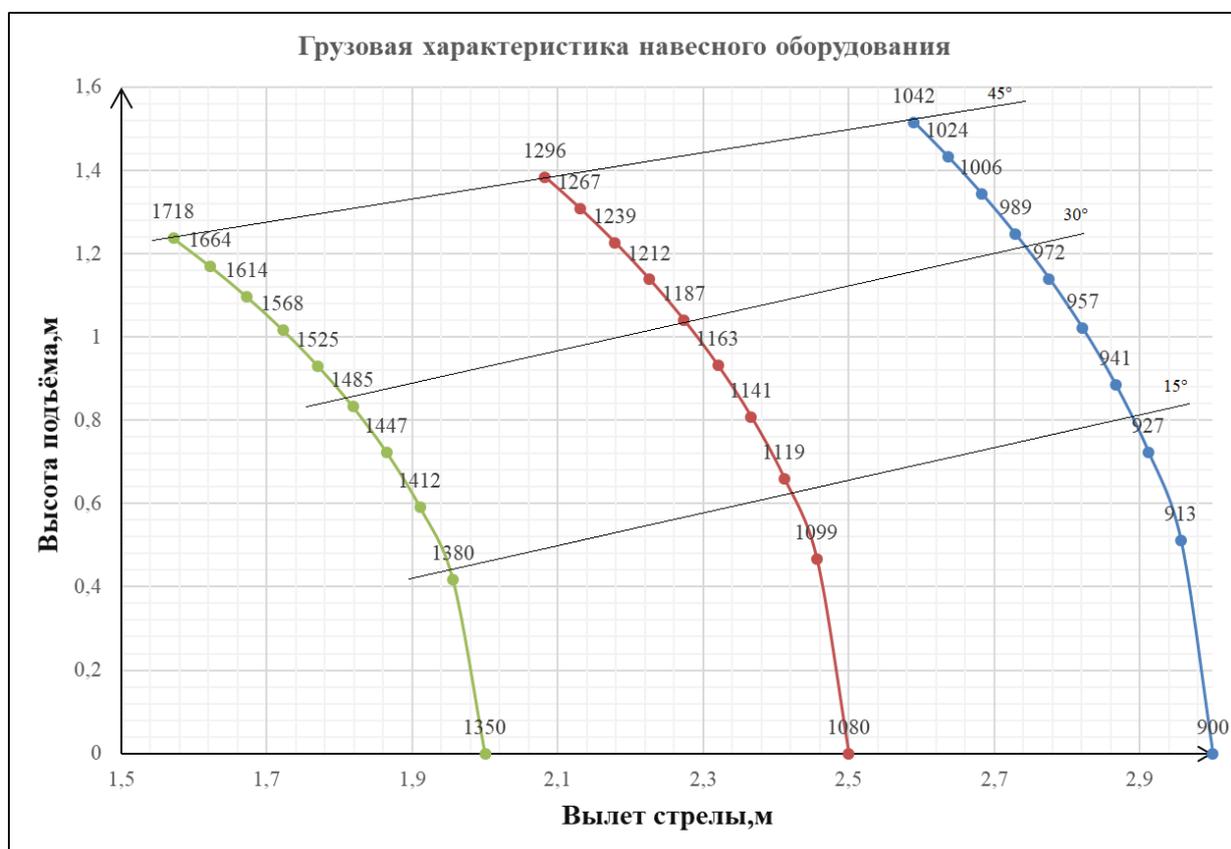


Рис. 7. Грузовысотная характеристика грузоподъемного оборудования

Грузовая характеристика построена в диапазоне при максимальном вылете (угол стрелы к горизонту 0 градусов) и минимальном вылете (угол стрелы к горизонту 135 градусов). Увеличивать угол нецелесообразно, так как создаётся повышенное давление на сцепку (при 150 градусах=18000

Н). При максимальном вылете грузоподъемность составляет 900 кг. При вылете 2 метра и максимальной высоте подъёма крюка грузоподъемность составит 1718 кг.

Трактора МТЗ-80 (МТЗ-82) имеют свою гидросистему, которая позволяет подключать гидросистему грузоподъемного

оборудования (рис. 8). Она состоит из гидробака, привода гидронасоса, фильтра, предохранительного клапана, гидромотора, гидрораспределителей, гидроцилиндров, соединенных между собой трубопроводами. Рабочая жидкость из гидробака поступает в гидронасос, в котором создается необходимое давление. Далее по гидролиниям она поступает в гидрораспределитель, а после, минуя гидрозамок, доходит до гидроцилиндра, отвечающего за подъем и опускание стрелы. Слив жидкости в гидробак происходит в обратном направлении,

однако перед этим происходит процесс фильтрации в фильтре. Гидромотор предназначен для привода механизма подъема и опускания груза. Давление в гидросистеме, ограничиваемое предохранительным клапаном, кгс/см² (МПа) - 180-200(18,0-20,0). В системе используется шестереночный насос НШ-32А-3, объемная подача которого 45л/мин. Используемая рабочая жидкость-гидравлическое масло марки МГЕ 46В [11-13].

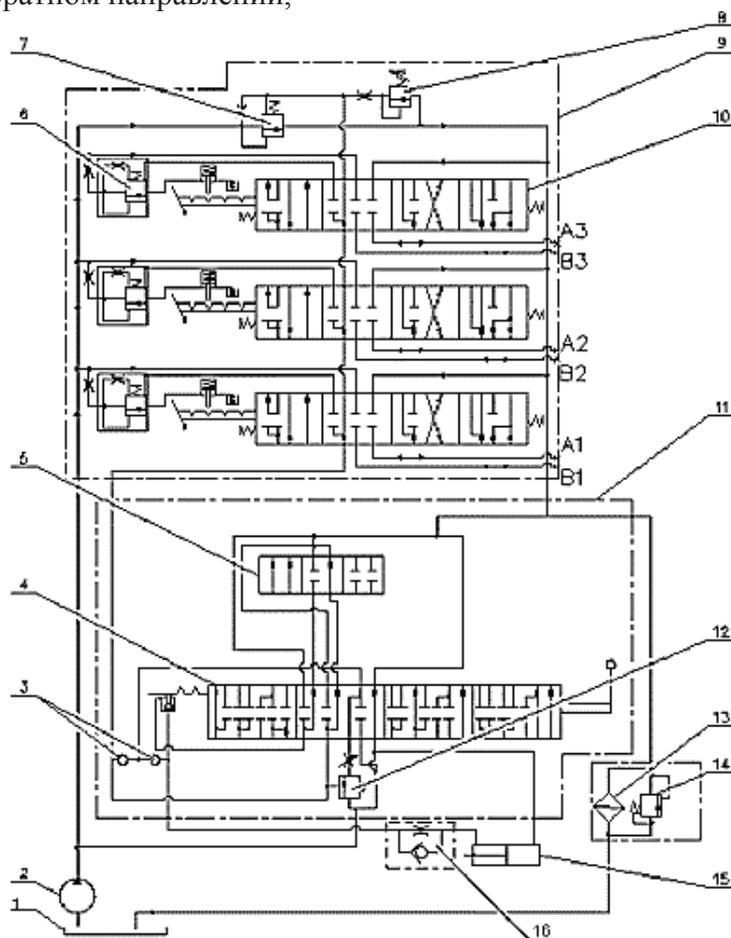


Рис. 8. Гидросхема трактора МТЗ-82:

1 – бак; 2 – насос; 3 – клапан обратный; 4 – гильза; 5 – золотник; 6 – клапан автовозврата золотника; 7 – клапан переливной; 8 – клапан предохранительный; 9 – распределитель Р80-3/4-222-3Г; 10 – золотник; 11 – силовой (позиционный) регулятор; 12 – клапан приоритетный; 13 – фильтр гидросистемы; 14 – клапан фильтра; 15 – цилиндр; 16 – клапан замедлительный

В зависимости от материала и особенности конструкции используемых гидроцилиндров предложенная установка будет иметь собственные грузоподъемные характеристики. Предполагается, что оборудова-

ние будет иметь следующие параметры, которые подойдут для сельскохозяйственных нужд:

1. Схема упрощенного варианта – высота стрелы – 3 метра, опускание – 1 метр, подъем – 3 метра, вылет стрелы – 3 метра,

максимальная грузоподъемность при полном вылете стрелы – 900 кг.

2. Схема «шарнирного типа» - высота стрелы – 3 метра, подъем – 3 метра, вылет стрелы – 3 метра, максимальная грузоподъемность при полном вылете стрелы – 500 кг.

Штатные элементы крепления задней навески трактора выдержат нагрузку при полной грузоподъемности трактора 6,3 т. Исходя из имеющихся установок (навесной экскаватор, фронтальный погрузчик), трактора МТЗ-80 (82) не склонны к опрокидыванию от грузоподъемных характеристик

предлагаемого навесного оборудования [14].

Предложенное техническое решение позволит отказаться от дополнительных грузоподъемных машин иностранного производства, что позволит значительно улучшить экономические показатели предприятия и упростить организацию сельскохозяйственных работ. Оборудование способно работать как в нормальных условиях, так и в агрессивной среде (пыль, грязь и т.д.). Температурный диапазон подходит для проведения работ на территории Российской Федерации и ряда иностранных государств.

Список литературы

1. Ковалев, А.П. Оценка стоимости машин, оборудования и транспортных средств / А.П. Ковалев [и др.] – Москва: Интерреклама, 2003. – 488 с.
2. Зорин, А.И. Научно-технический прогресс и ресурсосбережение в аграрной сфере / А. И. Зорин // Научное обеспечение инновационного развития АПК: материалы Всероссийской науч.- практ. конференции, посвященной 90-летию государственности Удмуртии, 16–19 февраля 2010 г., ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. – Ижевск, 2010. – Т. 3. – С. 100–104.
3. Зорин, А.И. Внутрихозяйственный расчет в автомобильном парке / А. И. Зорин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2006. – № 10. – С. 2–4.
4. Баладинский, В. Л. Новое сменное навесное оборудование к тракторам и экскаваторам / В. Л. Баладинский, А.В. Фомин // Механизация строительства. – 1992. – № 8. – С. 6-8.
5. Баловнев, В.И. Машины для строительства и работ в жилищно-коммунальном хозяйстве города и поселка / В.И. Баловнев, Ю.П. Бакатин, В.Г. Кустарев [и др.] // Строительные и дорожные машины. – 1992. – № 1. – С. 22-25.
6. Баловнев, В.И. Анализ продолжительности ремонтно-восстановительных работ в системе модернизации дорожно-строительной техники / В.И. Баловнев, Н.Д. Селиверстов // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2016. – № 7. – С. 44–48.
7. Krunal Gandhare, Vinay Thute, “Design Optimization of Jib Crane Boom Using Evolutionary Algorithm”, International Journal of Scientific Engineering and Research, Volume 3 Issue 4, PP. 2-8, 2014.
8. Fuad Hadžikadunić, Nedeljko Vukojević and Senad Huseinović “An Analysis of Jib Crane Constructive Solution in Exploitation”, 12th International Research/Expert Conference Trends in the Development of Machinery and Associated Technology” TMT 2008, Istanbul, Turkey, PP. 26–30 August, 2008.
9. Kłosiński J. 2005. “Swing-free stop control of the slewing motion of the mobile crane”. Control Engineering Practice 13: 451-460.
10. Kłosiński J., J. Janusz. 2016. Numerical investigations into the control systems of the rotation model of a mobile crane. In 29th Conference on Development Problems for Working Machines. Institute of Mechanized Construction and Rock Mining, Warsaw, Poland. 25-27 June 2016, Zakopane, Poland.
11. Terashima K., Y. Shen, K. Yano. 2007. “Modeling and optimal control of a rotary crane using the straight transfer transformation method”. Control Engineering Practice 15: 1179-1192.
12. K. Ho, K.K. Han, S.K. Kim, Tower Crane Foundation Design and Stability Review Model, Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, Vol.7(6), PP. 99-106, 2007.
13. K. Ho, D.H. Kook, S.K. Kim, A System for the Selection of the Optimum Tower Cranes, Korean Journal of Construction Engineering and Management, Vol.8(6), PP.216-226, 2007.
14. Kheiralla A.F., Yahya A., Zohadie M. and Ishak W. 2007. Modeling of power and energy requirements for tillage implements operating in Serdang sandy clay loam, Malaysia. 78: 21-34.

Reference

1. Kovalev, A.P. Ocenka stoimosti mashin, oborudovaniya i transportnyh sredstv (Valuation of Machinery, Equipment and Vehicles), A.P. Kovalev [i dr.], Moskva, Interreklama, 2003, 488 p.
2. Zorin, A.I. Nauchno-tehnicheskij progress i resursoberezhenie v agrarnoj sfere (Scientific and Technical Progress and Resource Saving in the Agricultural Sector), Nauchnoe obespechenie innovacionnogo razvitiya APK: materialy Vserossijskoj nauch. - prakt. konferencii, posvyashchennoj 90-letiyu gosudarstvennosti Udmurtii, 16–19 fevralya 2010 g., FGOU VPO Izhevskaya GSKHA, Izhevsk, 2010, T. 3, PP. 100–104.
3. Zorin, A.I. Vnutrihozyajstvennyj raschet v avtomobil'nom parke (Intraeconomic Financing in Automobile Fleet), *Mekhanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo hozyajstva*, 2006, No 10, PP. 2–4.
4. Baladinskij, V. L., Fomin, A.V. Novoe smennoe navesnoe oborudovanie k traktoram i ekskavatoram (New Removable Rig for Tractors and Excavators), *Mekhanizaciya stroitel'stva*, 1992, No 8, PP. 6-8.
5. Balovnev, V.I., Bakatin, YU.P., Kustarev, V.G. [i dr.] Mashiny dlya stroitel'stva i rabot v zhilishchno-kommunal'nom hozyajstve goroda i poselka (Construction Machines and Machinery for Housing-Communal Services of City and Village), *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*, 1992, No 1, PP. 22-25.
6. Balovnev, V.I., Seliverstov, N.D. Analiz prodolzhitel'nosti remontno-vosstanovitel'nyh rabot v sisteme modernizacii dorozhno-stroitel'noj tekhniki (Analysis of the Duration of Repair and Restoration Works in the System of Modernization of Road Construction Machinery), *Remont. Vosstanovlenie. Modernizaciya*, 2016, No 7, PP. 44–48.
7. Krunal Gandhare, Vinay Thute, “Design Optimization of Jib Crane Boom Using Evolutionary Algorithm”, *International Journal of Scientific Engineering and Research*, Volume 3 Issue 4, PP. 2-8, 2014.
8. Fuad Hadžikadunić, Nedeljko Vukojević and Senad Huseinović “An Analysis of Jib Crane Constructive Solution in Exploitation”, 12th International Research/Expert Conference Trends in the Development of Machinery and Associated Technology "TMT 2008, Istanbul, Turkey, PP. 26–30 August, 2008.
9. Kłosiński J. 2005. “Swing-free stop control of the slewing motion of the mobile crane”. *Control Engineering Practice* 13: 451-460.
10. Kłosiński J., J. Janusz. 2016. Numerical investigations into the control systems of the rotation model of a mobile crane. In 29th Conference on Development Problems for Working Machines. Institute of Mechanized Construction and Rock Mining, Warsaw, Poland. 25-27 June 2016, Zakopane, Poland.
11. Terashima K., Y. Shen, K. Yano. 2007. “Modeling and optimal control of a rotary crane using the straight transfer transformation method”. *Control Engineering Practice* 15: 1179-1192.
12. K. Ho, K.K. Han, S.K. Kim, Tower Crane Foundation Design and Stability Review Model, Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, Vol.7(6), PP. 99-106, 2007.
13. K. Ho, D.H. Kook, S.K. Kim, A System for the Selection of the Optimum Tower Cranes, Korean Journal of Construction Engineering and Management, Vol.8(6), PP. 216-226, 2007.
14. Kheiralla A.F., Yahya A., Zohadie M. and Ishak W. 2007. Modeling of power and energy requirements for tillage implements operating in Serdang sandy clay loam, Malaysia. 78: 21-34.