

DOI
УДК 62-822

**ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ РЫНКА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ТЕХНИКИ
ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯМИ РОССИЙСКОГО ПРОИЗВОДСТВА
С.Б. Карякин, Е.А. Максимов, А.В. Коломейченко, А.Р. Валиев, Р.Ю. Соловьев**

Реферат. В настоящее время актуальной задачей производителей самоходной техники является замена комплектующих гидросистем производства ведущих мировых производителей на комплектующие гидросистем альтернативных отечественных производителей. Доля стоимости гидросистемы в составе себестоимости конечной техники по экспертным оценкам составляет от 5 до 25%. При этом в РФ компоненты гидросистем производятся в незначительных объемах. Выпускаемые на территории РФ компоненты часто не соответствуют современным требованиям и поэтому в основном используются зарубежные комплектующие. Задача организации производства современных компонентов гидросистем является важнейшей задачей, направленной на обеспечение производства современной техники различного назначения в РФ. Настоящая работа проведена с целью оценки возможности организации консолидированного запроса, качественно-развития существующих производств гидроаппаратуры и создания новых производственных мощностей. В работе составлен перечень типовой гидрораспределительной аппаратуры, применяемой в конструкции современной специализированной техники, обоснован типоразмерный ряд параметров гидрораспределительной аппаратуры. По результатам анализа рынка специализированной техники определена прогнозная потребность рынка по сегментам в гидрораспределительной аппаратуре до 2030 года. С целью оценки рынка гидрораспределительной аппаратуры для видов техники, не попавших в настоящее исследование, на основе экспертных мнений принимаем, что их рынок составляет 50% от рассмотренных видов техники. Анализ показал, что при производстве специализированной техники применяется гидрораспределительная аппаратура различных производителей и гидрораспределительная аппаратура является одним из дорогостоящих компонентов и занимает до 20% от всей стоимости гидросистемы спецтехники. Потенциальная емкость рынка гидрораспределительной аппаратуры РФ в перспективе до 2030 г. составит 1,34 млн шт. на общую сумму 56,9 млрд. руб.

Ключевые слова: гидравлический распределитель, секции, золотник, картридж, электромагнит, емкость рынка.

Введение. Основным типом привода рабочих органов является гидравлический привод [1]. Кроме того, гидравлический привод широко применяется в ходовых системах самоходной специализированной техники, в том числе зерноуборочных комбайнов [2, 3, 4].

Основными преимуществами гидравлического привода являются энергонасыщенность, компактность, широкие возможности компоновочных решений самоходной специализированной техники при применении гидравлического привода, широкие диапазоны регулирования, широкая дальность транспортирования энергоносителя (рабочей жидкости), высокий коэффициент полезного действия компонентов гидравлических систем.

В настоящее время актуальной задачей производителей самоходной техники является замена комплектующих гидросистем производства ведущих мировых производителей на комплектующие гидросистем альтернативных отечественных производителей [5].

Доля стоимости гидросистемы в составе себестоимости конечной техники по экспертным оценкам составляет от 5 до 25%. При этом в РФ компоненты гидросистем производятся в незначительных объемах. Выпускаемые на территории РФ компоненты не полностью соответствуют современным требованиям и состоят в основном из зарубежных комплектующих [6].

Условия, материалы и методы. Настоящая работа проведена с целью оценки

возможности организации консолидированного запроса, развития существующих производств гидроаппаратуры и создания новых производств.

В данной научно-исследовательской работе составлен перечень типовой гидрораспределительной аппаратуры, используемой при производстве специализированной техники, обоснован типоразмерный ряд параметров гидрораспределительной аппаратуры. По результатам анализа рынка специализированной техники определена прогнозная потребность рынка по сегментам в гидрораспределительной аппаратуре до 2030 года.

При производстве специализированной техники применяется гидрораспределительная аппаратура различных производителей. Гидрораспределительная аппаратура характеризуется [3, 4]:

- основными мощностными параметрами (рабочее давление и расход рабочей жидкости);
- функциональными параметрами, характеризующихся особенностями переходных процессов, дополнительных функций;
- конструктивными особенностями (габаритные и присоединительные размеры, компоновка, тип конструкции).

Основным конструктивным параметром гидрораспределительной аппаратуры является тип конструкции – секционный или картриджный.

Мощностными параметрами гидрораспределительной аппаратуры являются расход и

давление рабочей жидкости, определяющие конструктивные особенности, конфигурацию внутренних каналов и размеры деталей гидрораспределительной аппаратуры [7].

Корпусная деталь и запорно-регулирующий клапан (золотник) являются основными элементами гидрораспределительной аппаратуры. Корпусная деталь для золотникового гидрораспределителя представляет собой чугунный корпус. Корпусная деталь для распределителя картриджного типа представляет собой стальную втулку, вворачиваемую в корпус блока гидрораспределителей (клапанов). Величина условного прохода определяет размеры золотника (диаметр и ширину проточек) и размеры смежных отверстий корпусной детали.

В системах монтажа стыковой, модульной и встраиваемой гидроаппаратуры широко применимы гидроблоки или монтажные плиты (далее – гидроблоки), обеспечивающие максимально возможную компактность конструкции, позволяя исключить лишние трубопроводы, облегчить условия монтажа, техническое обслуживание и существенно снизить гидравлические потери в соединительных каналах.

Новым направлением развития монтажных систем является создание так называемых интегральных схем специальных гидроблоков на базе аппаратуры ввертного монтажа, позволяющих реализовать типовые схемные решения (подъем и опускание груза, переключение систем с различными давлениями и др.) в серийно выпускаемых машинах и оборудовании.

Гидроблок представляет из себя изделие, изготовленное из конструкционной стали или дюралюминия, на боковых поверхностях которого расположены стыковые или модульные элементы и отверстия для подключения внешних гидравлических магистралей, а внутри выполнены каналы между элементами в соответствии с принципиальной гидравлической схемой.

Основными функциональными параметрами гидрораспределительной аппаратуры являются количество секций, количество позиций золотников, количество рабочих линий.

В Российской Федерации существуют предприятия, которые занимаются разработкой и производством гидрораспределительной аппаратуры. Разработкой и крупносерийным производством занимаются АО «КЭМЗ», ООО «Саратовдизельаппарат», АО Гаврилов-Ямский машиностроительный завод «АГАТ». Мелкие серии гидрораспределителей производит АО «Пневмостроймашина», ООО «ГИДРОНТ», ООО «АйЭмГидро», АО «Павловский машиностроительный завод «Восход», ОАО «НПП «ТЕМП» им. Короткова», ООО «Промышленная гидравлика».

Результаты и обсуждение. Анализ [8, 9] показал, что при производстве специализированной техники применяется гидрораспределительная аппаратура различных производителей. Гидрораспределительная аппаратура является одним из дорогостоящих компонентов и составляет до 20% от всей стоимости гидросистемы спецтехники (рис. 1).

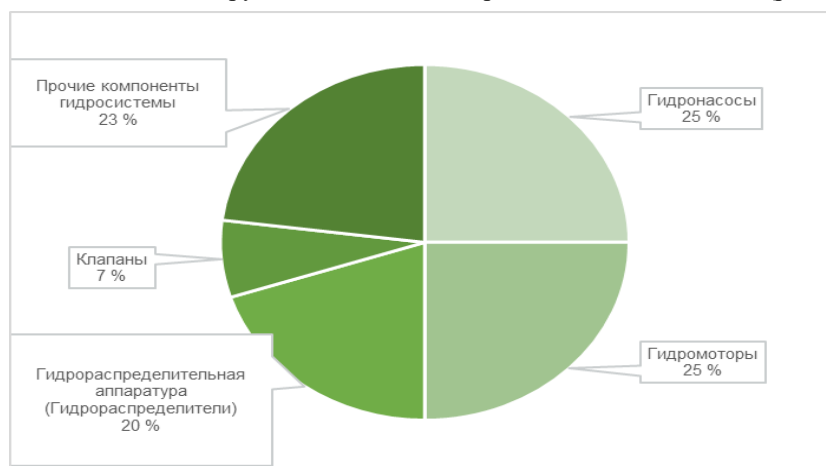


Рис. 1 – Распределение долей компонентов в составе гидросистемы для одной единицы техники

На основе данных Федеральной таможенной службы, Росстат, Ассоциации Росспецмаш общая ёмкость рынка гидрораспределительной аппаратуры с учётом ввезённой специализированной техники по состоянию на 2021 год составляет 26,4 млрд. руб.

Обзор гидросистем специализированной техники [10, 11] и экспертных данных показал, что в составе основных видов специализированной техники (сельскохозяйственной, дорожно-строительной, коммунальной,

горнорудной и иной), в основном, применяются золотниковые типы гидрораспределителей.

Первичный рынок гидрораспределительной аппаратуры для обеспечения внутреннего производства специализированной техники согласно выбранному перечню специализированной техники составляет 54,1 тыс. гидрораспределителей в год (в денежном выражении 2,2 млрд. руб.), в том числе для отечественного рынка сельскохозяйственной техники и оборудования – 36,9 тыс. шт.,

для отечественного рынка строительно-дорожной и коммунальной техники и оборудования - 17,2 тыс. шт.

При проведении количественной оценки вторичного рынка гидрораспределительной аппаратуры [12] за 2021 год расчёт потребности выполнен исходя из потребности на ремонт гидросистем в размере 30% от первичного рынка. При этом допускаем, что потребность вторичного рынка в 2021 году обоснована потребностью ремонта специализирован-

ной техники, выпущенной ранее, в которой применены компоненты гидросистем иных производителей.

С целью оценки рынка гидрораспределительной аппаратуры для остальных видов техники, не попавших в настоящее исследование, на основе экспертных мнений принимаем, что их рынок составляет 50% от рассмотренных видов техники [13, 14, 15].

Результаты расчетов представлены в виде диаграмм (рис. 2-6).

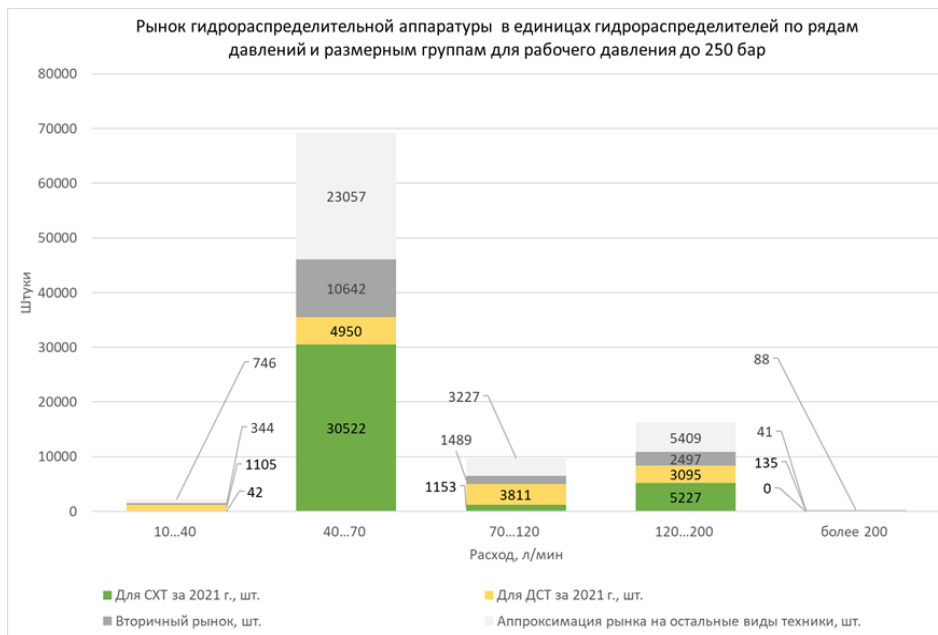


Рис. 2 – Рынок гидрораспределительной аппаратуры в единицах гидрораспределителей по рядам давлений и размерным группам для рабочего давления до 250 бар в натуральном выражении по данным производства специализированной техники в РФ за 2021 г.

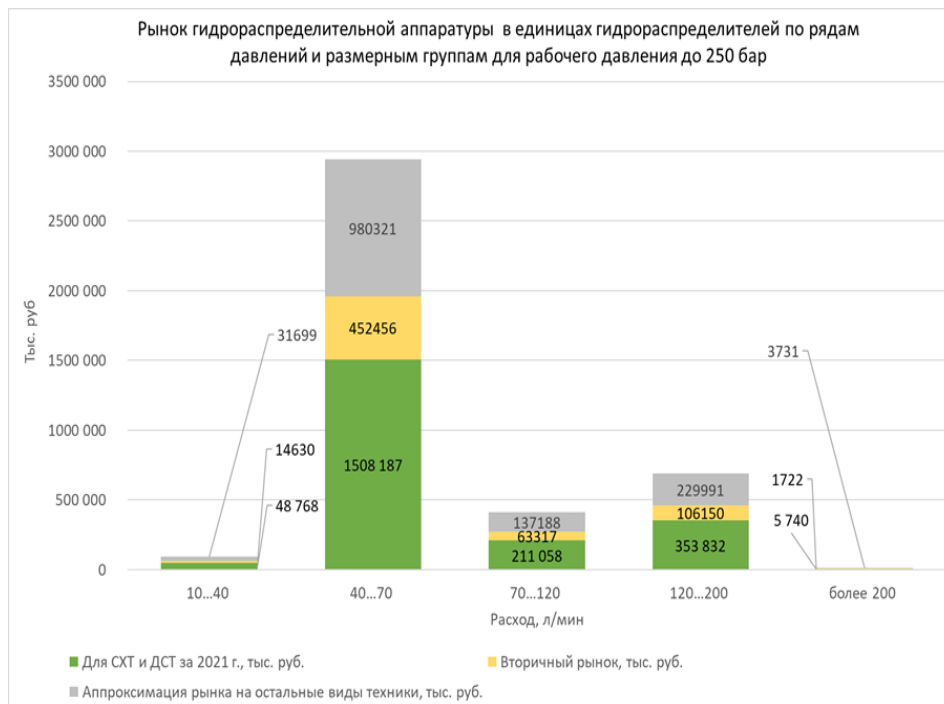


Рис. 3 – Рынок гидрораспределительной аппаратуры в единицах гидрораспределителей по рядам давлений и размерным группам для рабочего давления до 250 бар в денежном выражении по данным производства специализированной техники в РФ за 2021 г.

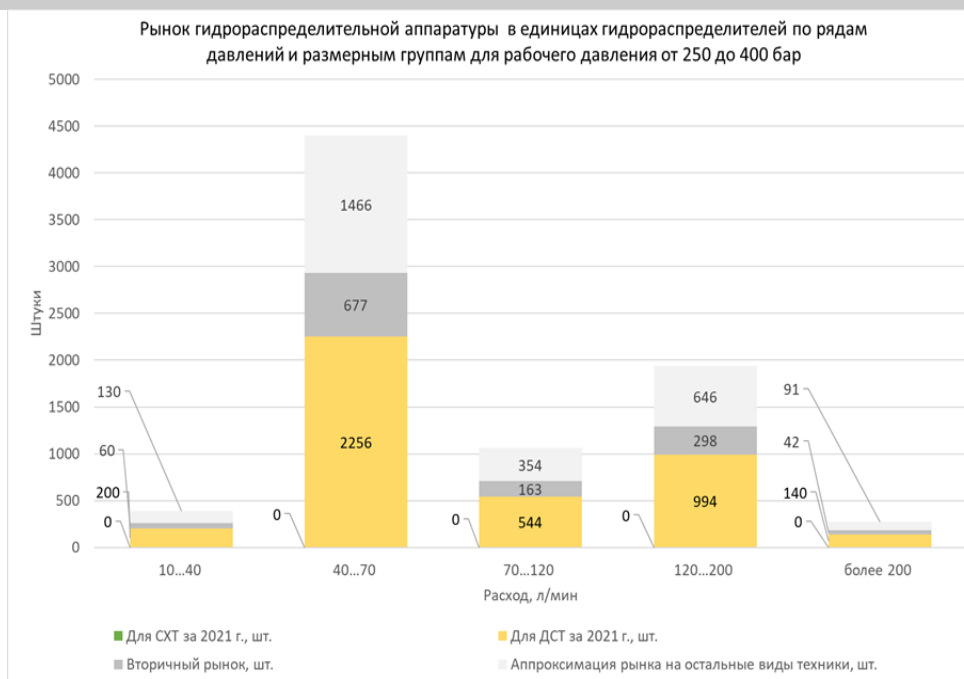


Рис. 4 – Рынок гидрораспределительной аппаратуры в единицах гидрораспределителей по рядам давлений и размерным группам для рабочего давления от 250 до 400 бар в натуральном выражении по данным производства специализированной техники в РФ за 2021 г.

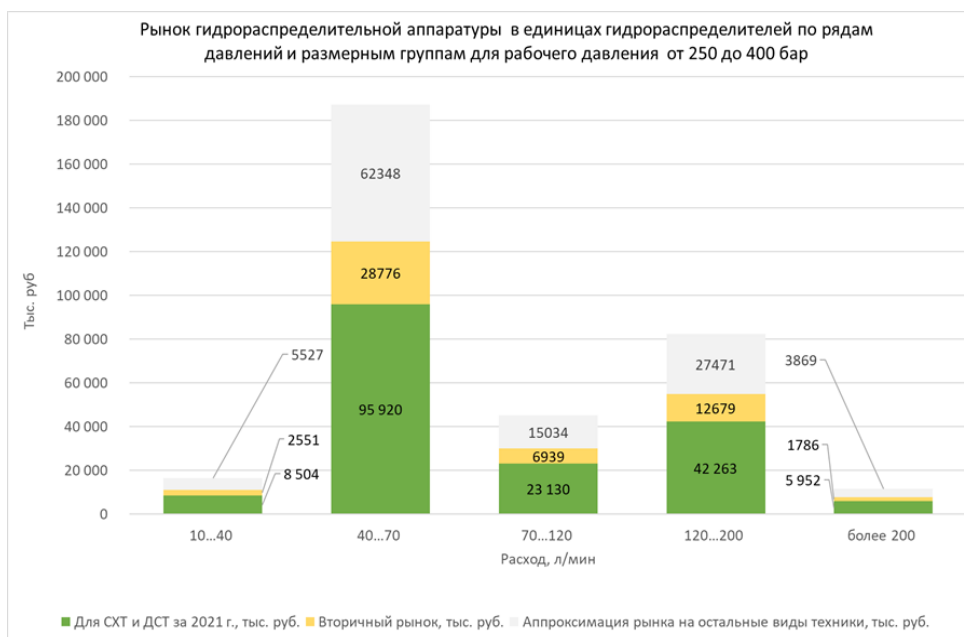


Рис. 5 – Рынок гидрораспределительной аппаратуры в единицах гидрораспределителей по рядам давлений и размерным группам для рабочего давления от 250 до 400 бар в денежном выражении по данным производства специализированной техники в РФ за 2021 г.

Из рисунка 2 видно, что наиболее востребованной является секция в диапазоне рабочего давления до 250 бар с параметром расхода 40-70 л/мин.

При расчёте рынка электромагнитов с типами управляющего воздействия электрический и электрогидравлический для каждой секции принимаем по два электромагнита на секцию. Мощностные параметры электромагнитов для секций с электрогидравлическим управлением не зависят от мощностных

параметров гидрораспределительной аппаратуры и расчёт рынка электромагнитов для секций с электрическим управлением (рис. 6) выполнен без сегментации по мощностным параметрам гидрораспределительной аппаратуры по данным производства специализированной техники в РФ за 2021 г. Анализ полученных данных показал, что в рассматриваемых видах техники превалирует гидрораспределительная аппаратура с электро- и электро-гидроуправлением [16, 17, 18].

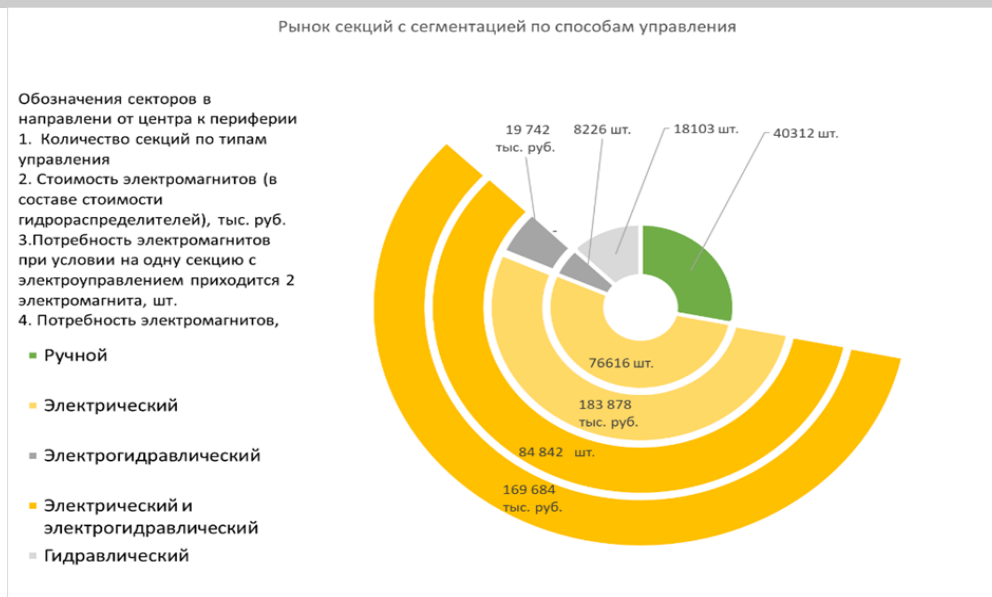


Рис. 6 – Рынок секций гидрораспределительной аппаратуры с сегментацией по способам управления, рынок электромагнитов в натуральном и денежном выражении

Выводы. Наиболее массовый сегмент при производстве специализированной техники – гидрораспределительная аппаратура с рабочим давлением до 250 бар и диапазоном расхода от 40 до 70 л/мин, в натуральном выражении для первичного рынка по данным 2021 г. составляет 35,4 тыс. шт., денежном выражении – 1,5 млрд. руб. с потенциальной ёмкостью 406,9 тыс. шт. или 17,3 млрд. руб.

Общая потребность электромагнитов составляет 169,7 тыс. шт. на общую сумму 203,6 млн. руб., из них доля электромагнитов для пропорционального управления составляет 81,5 тыс. шт. на сумму

97,8 млн. руб.

Общая потребность в гидрораспределительной аппаратуре с учетом вторичного рынка и аппроксимацией на остальную технику по данным 2021 г. составляет 105,6 тыс. шт. на общую сумму 4,5 млрд. руб.

Потенциальная ёмкость рынка гидрораспределительной аппаратуры РФ в перспективе до 2030 г. [6] составит 1,34 млн. шт. на общую сумму 56,9 млрд. руб. При сохранении доли рынка потребность у отечественных производителей в гидрораспределительной аппаратуре составит 227 тыс. шт. на сумму 9,7 млрд. руб.

Литература

1. Фазы газораспределения гидроуправляемых клапанов ДВС / Н. Р. Адигамов, А. В. Неговора, Л. А. Зими́на, А. В. Максимов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 16, № 4(64). – С. 47-52. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-47-52.
2. Belinsky, A. Theoretical investigation of increasing efficiency of combine harvester operation on slopes / A. Belinsky, B. Ziganshin, A. Valiev [et al.] // Engineering for Rural Development, Jelgava. Vol. 18. – Jelgava: 2019. – P. 206-213. – DOI 10.22616/ERDev2019.18.N252.
3. Badretdinov, I. D. Examination of the Airflow Uneven Distribution over the Combine Harvester Cleaning System / I. D. Badretdinov, S. G. Mudarisov, D. T. Khaliullin // Mathematical Modelling of Engineering Problems. – 2022. – Vol. 9. – No 2. – P. 371-378. – DOI 10.18280/mmep.090210.
4. Исследование гидравлического привода клапанов ГРМ / А. В. Максимов, Л. А. Зими́на, Н. Р. Адигамов, Б. Г. Зиганшин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17, № 2 (66). – С. 84-91. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-84-91.
5. Габдрафиков, Ф. З. Насос-форсунка дизеля с кольцевым управляющим клапаном / Ф. З. Габдрафиков, И. Н. Айсуваков, И. Г. Галиев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2020. – Т. 15, № 1(57). – С. 68-75. – DOI 10.12737/2073-0462-2020-68-75.
6. Оценка распределения капель дезинфицирующей жидкости по обрабатываемой поверхности / Б. Л. Иванов, Б. Г. Зиганшин, А. И. Рудаков, М. А. Лушнов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14, № 3(54). – С. 103-107. – DOI 10.12737/article_5db969d80165a4.44685655.
7. Теория распыливания жидкости форсунками / Б. Л. Иванов, Б. Г. Зиганшин, Р. Ф. Шарфеев, И. Р. Сагбиев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14, № 2(53). – С. 95-99. – DOI 10.12737/article_5d3e174f90fe69.76703992.
8. Кабаков, М.Г. Технология производства гидроприводов: учебное пособие / М.Г. Кабаков, С.П. Стегин. М.: Машиностроение. 1974. 192 с.
9. Васи́ленко, В.А. Гидравлическое оборудование мобильных машин: справочник / В.А. Васи́ленко, В.Н. Берман, И.Н. Якушина [и др.]. М.: 1983. 301 с.
10. Гуськов, В.В. Объемные гидро-и пневмомашин и передачи: учебное пособие для вузов / В.В. Гуськов, А.Ф. Андреев, Л.В. Барташевич [и др.]. Минск: Высшая школа. 1987. 310 с.
11. Прокофьев, В.Н. Машиностроительный гидропривод: учебное пособие / В.Н. Прокофьев, Л.А. Кондаков, Г.А. Никитин, В.Н. М.: Машиностроение. 1978. 495 с.

12. Черноиванов В.И., Краснощеков Н.В. О формировании вторичного рынка сельскохозяйственной техники // Достижения науки и техники АПК. 2009. №10. С. 9-11.

13. Стратегия развития сельскохозяйственного машиностроения России на период до 2030 года [Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 7 июля 2017 г. № 1455-р].

14. Клубничкин, В.Е. Краткий анализ тенденций развития лесозаготовительных машин/ В.Е. Клубничкин, Е.Е. Клубничкин, А.Б. Карташов // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2020. № 3 (130). С. 93–102.

15. Интернет-портал «Росспецмаш-Стат» [Электронный ресурс]. URL: <https://rosspetsmash.ru/rosspetsmash-stat> (дата обращения: 16.01.2023).

16. Исследование гидравлического привода клапанов ГРМ / А. В. Максимов, Л. А. Зими́на, Н. Р. Адигамов, Б. Г. Зиганшин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17, № 2 (66). – С. 84-91. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-84-91.

17. Karpachev, S.P. Simulation of Salix Harvesting and Processing Technology Using Soft Containers (2020) E3S Web of Conferences, 161, art. no. 01047. www.e3sconferences.org/doi/10.1051/e3sconf/202016101047

18. Karpachev, S.P., Bykovskiy, M.A. Selecting a harvester head using digital modeling 2021 IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 806(1), 012015.

19. Expanding Combustion Knowledge – Lotus AVT [Электронный ресурс]. URL: <https://lotusproactive.wordpress.com/2014/04/09/expanding-combustion-knowledge-lotus-avtsystem/?shared=email&msg=fail/> (дата обращения 16.01.2023).

Сведения об авторах:

Карякин Сергей Борисович - кандидат технических наук, заведующий отделом НИОКР Центра сельскохозяйственного машиностроения, e-mail: sergey.karyakin@nami.ru

Максимов Евгений Альбертович - кандидат технических наук, доцент, заведующий отделом исследования компонентной базы сельскохозяйственной техники Центра сельскохозяйственного машиностроения, e-mail: evgeniy.maximov@nami.ru

Коломейченко Александр Викторович - доктор технических наук, профессор, заведующий отделом перспективных технологий Центра сельскохозяйственного машиностроения, e-mail: a.kolomeychenko@nami.ru

Государственный научный центр Российской Федерации ФГУП «НАМИ», г. Москва, Россия

Валиев Айрат Расимович - доктор технических наук, профессор кафедры эксплуатации и ремонта машин, e-mail: ayratvaliev@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия

Соловьев Рудольф Юрьевич - кандидат технических наук, доцент, директор Центра сельскохозяйственного машиностроения, e-mail: rudolf.solovyev@nami.ru

Государственный научный центр Российской Федерации ФГУП «НАМИ», г. Москва, Россия.

PROVISION OF SPECIAL-PURPOSE MACHINERY MARKET WITH RUSSIAN-MADE HYDRAULIC DISTRIBUTORS

S.B. Karyakin, E.A. Maksimov, A.V. Kolomeichenko, A.R. Valiev, R. Yu. Solovov

Abstract. Currently, a relevant task for self-propelled machinery manufacturers is to replace hydraulic system components of the leading global manufacturers with hydraulic system components of alternative Russian manufacturers. The price share of a hydraulic system within the production cost of complete machinery is estimated by experts to be 5% to 25%. At the same time in the Russian Federation, hydraulic system components are produced in insignificant volumes. The components produced in the territory of the Russian Federation often fail to meet state-of-the-art requirements; therefore, it is the foreign components that are mainly used. The task of organizing production of state-of-the-art components for hydraulic systems is a very important one and is aimed at provision of production of modern equipment for various purposes in the Russian Federation. This work was carried out in order to assess the possibility of consolidated inquiry arrangement, qualitative development of the existing production of hydraulic equipment and creation of new production facilities. In the work, a list of typical hydraulic distribution equipment used in the modern special-purpose machinery design was compiled, and a dimensional range of hydraulic distribution equipment parameters was justified. Based on the results of analysis of the special-purpose machinery market, forecast market demand for hydraulic distribution equipment by segments until 2030 was determined. In order to assess the hydraulic distribution equipment market for types of machines not included in this study, based on expert opinions, we assume that their market is 50% of the considered types of machines. The analysis showed that when producing special-purpose machinery, hydraulic distribution equipment from various manufacturers is used, and hydraulic distribution equipment is one of the expensive components taking up to 20% of the total cost of a hydraulic system of special-purpose machines. The hydraulic distribution equipment potential market capacity in the Russian Federation in 2030 perspective will amount to 1.34 million pcs for a total of 56.9 billion rubles.

Key words: hydraulic directional control valve, sections, spool, cartridge, electric magnet, market capacity.

References

1. Adigamov NR, Negora AV, Zimina LA, Maksimov AV. [Gas distribution phases of hydraulically controlled ICE valves]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021; Vol.16. 4 (64). 47-52 p. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-47-52.

2. Belinsky, A. Theoretical investigation of increasing efficiency of combine harvester operation on slopes / A. Belinsky, B. Ziganshin, A. Valiev [et al.] // Engineering for Rural Development, Jelgava. Vol. 18. – Jelgava: 2019. – P. 206-213. – DOI 10.22616/ERDev2019.18.N252.

3. Badretdinov, I. D. Examination of the Airflow Uneven Distribution over the Combine Harvester Cleaning System / I. D. Badretdinov, S. G. Mudarisov, D. T. Khaliullin // Mathematical Modelling of Engineering Problems. – 2022. – Vol. 9. – No 2. – P. 371-378. – DOI 10.18280/mmep.090210.

4. Ivanov BL, Ziganshin BG, Rudakov AI, Lushnov MA. [Assessment of the distribution of drops of a disinfectant liquid over the treated surface]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019; Vol.14. 3 (54). 103-107 p. – DOI 10.12737/article_5db969d80165a4.44685655.

5. Maksimov AV, Zimina LA, Adigamov NR, Ziganshin BG. [Study of the hydraulic drive of timing valves]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022; Vol.17. 2 (66). 84-91 p. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-84-91.

6. Gabdrafiqov FZ, Aisuvakov IN, Galiev IG. [Diesel pump-injector with an annular control valve]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020; Vol. 15. 1 (57). 68-75 p. – DOI 10.12737/2073-0462-2020-68-75.
7. Ivanov BL, Ziganshin BG, Sharafiev RF, Sagbiev IR. [Theory of spraying liquid with nozzles]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019; Vol. 14. 2 (53). 95-99 p. – DOI 10.12737/article_5d3e174f90fe69.76703992.
8. Kabakov MG, Stesin SP. Tekhnologiya proizvodstva gidroprivodov: uchebnoe posobie. [Technology of hydraulic drives production: textbook]. Moscow: Mashinostroenie. 1974; 192 p.
9. Vasilenko VA, Berman VN, Yakushina IN. Gidravlicheskie oborudovanie mobil'nykh mashin: spravochnik. [Hydraulic equipment of mobile machines: a reference book]. Moscow: 1983; 301 p.
10. Gus'kov VV, Andreev AF, Bartashevich LV. Ob'emnye gidro-i pnevmomashiny i peredachi: uchebnoe posobie dlya vuzov. [Volumetric hydraulic and pneumatic machines and transmissions: a textbook for universities]. Minsk: Vysshaya shkola. 1987; 310 p.
11. Prokofev VN, Kondakov LA, Nikitin GA. Mashinostroitel'nyi gidroprivod: uchebnoe posobie. [Machine-building hydraulic drive: textbook]. Moscow: Mashinostroenie. 1978; 495 p.
12. Chernoyvanov VI, Krasnoshchekov NV. [On the formation of the secondary market for agricultural machinery]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2009; 10. 9-11 p.
13. [Strategy for the development of agricultural engineering in Russia for the period up to 2030]. Utverzhdena rasporyazheniem Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 7 iyulya 2017. № 1455-r.
14. Klubnichkin VE, Klubnichkin EE, Kartashov AB. [A brief analysis of trends of logging machines development]. Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva. 2020; 3 (130). 93-102 p.
15. Internet portal "Rosspetsmash-Stat". [Internet]. [cited 2023, January 16]. Available from: <https://rosspetsmash.ru/rosspetsmash-stat>.
16. Maksimov AV, Zimina LA, Adigamov NR, Ziganshin BG. [Investigation of hydraulic timing valve drive]. Vestnik Kazanskogo GAU. 2022; Vol. 17. 2(66). 84-91 p. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-84-91.
17. Karpachev SP. Simulation of salix harvesting and processing technology using soft containers (2020). [Internet]. E3S Web of Conferences. 161. art. 01047 Available from: www.e3sconferences.org/doi/10.1051/e3sconf/202016101047
18. Karpachev SP, Bykovskiy MA. Selecting a harvester head using digital modeling 2021 IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 806(1). 012015.
19. Expanding combustion knowledge – Lotus AVT. [Internet]. [cited 2023, January 16]. Available from: <https://lotusproactive.wordpress.com/2014/04/09/expanding-combustion-knowledge-lotus-avt-system/?shared=email&msg=fail/>.

Authors:

Karyakin Sergey Borisovich – Ph.D. of Technical sciences, Head of the R&D Department of Agricultural Engineering Center, e-mail: sergey.karyakin@nami.ru
 Maksimov Evgeniy Albertovich – Ph.D. of Technical sciences, associate professor, Head of Component Base Research of Agricultural Machinery Department of Agricultural Engineering Center, e-mail: evgeniy.maksimov@nami.ru
 Kolomeychenko Aleksandr Viktorovich – Doctor of Technical sciences, Professor, Head of Advanced technologies Department of Agricultural Engineering Center, e-mail: a.kolomeychenko@nami.ru
 State Scientific Center of the Russian Federation FSUE "NAMI", Moscow, Russia
 Valiev Ayrat Rasimovich – Doctor of Technical sciences, Professor of Operation and Repair of Machines Department, e-mail: ayratvaliev@mail.ru
 Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia
 Solovev Rudolf Yurievich – Ph.D. of Technical sciences, associate professor, Director of Agricultural Engineering Center, e-mail: rudolf.solovyev@nami.ru
 State Scientific Center of the Russian Federation FSUE "NAMI", Moscow, Russia.