DOI 10.52209/1609-1825_2021_1_50 УДК 621.09

Исследование современного состояния производств и качественных показателей гидравлических машин сельскохозяйственной техники

[1]***ШЕРОВ Айбек Карибекович,** PhD, главный конструктор, sherov_ak@mail.ru,*
*[2]**УСЕРБАЕВ Муратбек Турарбекович,** к.т.н., зав. кафедрой, usermur@mail.ru,*
[1]ТОО «Казахстанская авиационная индустрия», Казахстан, 010000, г. Нур-Султан, Объездная дорога 229, здание №8/1,
[2]Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Казахстан, 010011, Нур-Султан, пр. Женис, 62,
**автор-корреспондент.*

***Аннотация.** Целью исследования являются анализ статистики отказов технологического оборудования, агрегатов и механизмов сельскохозяйственных машин, связанных с поломкой или отказом насосов шестеренных (НШ), выявление причин преждевременного выхода их из строя и путей решения данной проблемы. Исследование проведено в рамках проекта AP09562459 «Создание опытного образца НШ для сельскохозяйственных машин на основе двухосного соединения». Выполнен анализ современного состояния производств и качественных показателей гидравлических машин в условиях машиностроительных производств Республики Казахстан (РК). В результате исследования выявлено, что существует проблема обеспечения качества изготовления НШ, в результате чего НШ не всегда обеспечивают требуемую мощность и рабочие органы НШ изнашиваются довольно быстро. Это приводит к недопустимому возрастанию утечек и падению объемного КПД. Для решения этих проблем авторами предлагается «двухосное соединение» на основе теории, которого, будет изменена конструкция, технология механической обработки и сборки деталей и узлов шестеренных насосов. Для реализации предлагаемого новшества определены задачи дальнейших исследований.*

***Ключевые слова:** гидравлические машины, насос шестеренный, производительность, утечка, КПД, износ, двухосное соединение, соединения «вал-отверстие».*

Введение и актуальность исследования

Основными узлами каждой объемной гидропередачи являются: насос, контрольно-регулирующая аппаратура, аппаратура управления и силовые исполнительные агрегаты. По сравнению с другими узлами надежность и долговечность работы насоса имеют решающее значение. В различных отраслях машиностроения наряду с другими типами гидравлических насосов широко применяются насосы шестеренные (НШ). В значительной мере этому способствует эксплуатационная надежность НШ, невысокая требовательность в отношении ухода за ними, простота реверсирования, компактность, малый вес и небольшая стоимость, что выгодно отличает их от других типов объемных гидронасосов [1,2,3]. Однако в ряде случаев дальнейшее расширение области использования НШ встречает серьезные затруднения. Не найдены еще достаточно удовлетворительные конструктивные решения, отвечающие конкретным требованиям и условиям эксплуатации в приводах сельскохозяйственных машин. Сельскохозяйственные машины работают в самых тяжелых, жестких и неблагоприятных условиях эксплуатации, которые характеризуются [4,5,6]:

- широким диапазоном климатических факторов: температура воздуха от минус 40 до плюс 40 градусов; влажность от 54 до 81 процента;
- большой запыленностью воздуха (от 0,05 до 1 мГ на 1 м^2) и большим количеством абразива в почве;
- большой динамической нагрузкой на агрегаты вследствие больших и нестабильных сопротивлений почвы и случайного характера нагружения.

Следствием воздействия этих факторов являются резкое увеличение износов деталей гидравлических устройств, агрегатов и узлов сельскохо-

зяйственных машин, возрастание потока поломок и отказов, повышение расхода топлива [7,8]. В этих сложных условиях повышение работоспособности сельскохозяйственных машин и эффективное их использование возможны только с помощью совершенствования конструкции и технологии изготовления гидравлических устройств, агрегатов и узлов.

Проведен анализ современного состояния производств и качественных показателей гидравлических машин в условиях машиностроительных производств РК. На заводах были собраны материалы для уточнения производительности работы гидравлических машин и соответствия их эксплуатационному сроку, периодичности технического обслуживания, а также причины преждевременной поломки. Результаты анализа также показали, что самым распространённым видом гидравлических машин является НШ, а также, что отечественные насосы и гидромашины, как правило, не соответствуют международным размерам и параметрам, не имеют международных сертификатов качества и развитой системы техобслуживания.

Выявлено, что существует проблема обеспечения качества изготовления НШ, в результате чего НШ не всегда обеспечивают требуемую мощность, и рабочие органы НШ изнашиваются довольно быстро, что приводит к недопустимому возрастанию утечек и падению объемного КПД.

В связи с этим исследование, выполненное для обеспечения высокой производительности и бесперебойной качественной работы гидравлических машин, в частности НШ, является актуальной.

Исследование и анализ статистики отказов гидравлических машин

Анализ статистики отказов технологического оборудования, агрегатов и механизмов сельскохозяйственных (и др.) машин, связанных с поломкой или отказом НШ, были выполнены на машиностроительных заводах РК. В таблице приведены статистические данные по видам отказов НШ.

Учитывая все показатели проведенного анализа, мы пришли к выводу существования проблемы в конструкции шестеренного насоса и решением его является создание отечественной высокопроизводительной конструкции насоса шестеренного.

Двухосное соединение

Авторами разработано соединение, называемое «двухосным», которое привело к созданию новой конструкции насоса с высокой производительностью [9,10]. Суть «двухосного соединения» заключается, в том, что поверхность вала либо отверстия втулки изготавливается в виде пересечения двух цилиндрических поверхностей с различными диаметрами и с параллельными осями, смещёнными на некоторый эксцентриситет. Теоретические исследования показывают ряд преимуществ нового соединения по сравнению с традиционными соединениями. Создана конструкция и технология изготовления соединения «вал-отверстие» нового вида. Особую актуальность данное соединение приобретает при применении в конструкциях соединения вал-шестерня (гидравлических машин, в частности НШ).

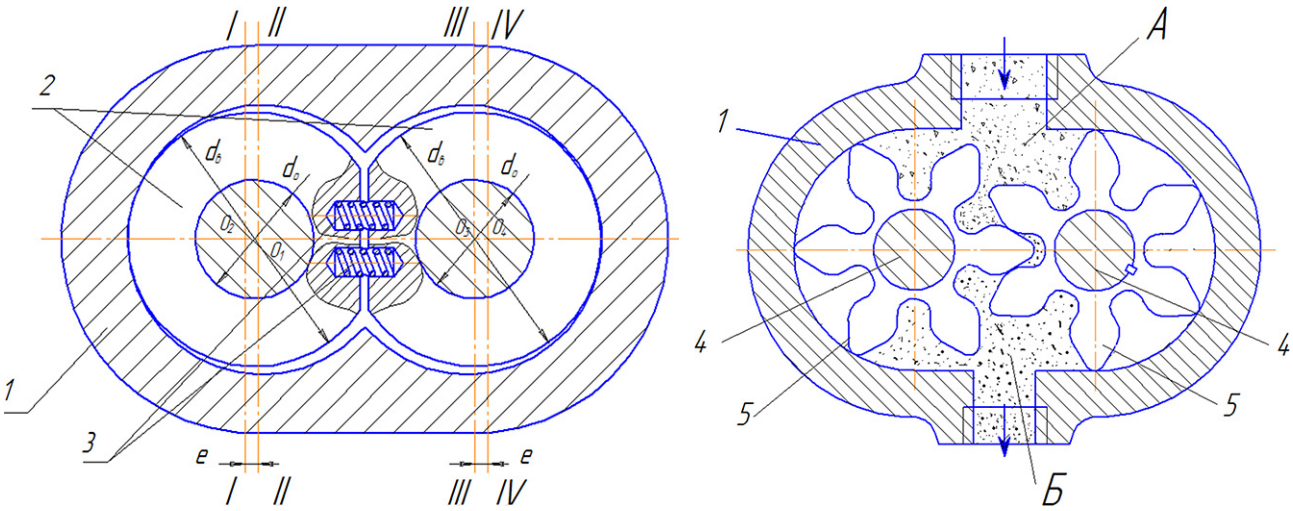
С помощью соединения «вал-отверстие» нового вида можно решать следующие задачи: обеспечение наибольшей соосности осей отверстий и валов, т.е. максимальное совмещение осей отверстий с осью вала либо осью вращения; обеспечение наибольшего контакта поверхностей вала и отверстия и обеспечение параллельности осей валов и отверстий.

На рисунке показаны расположение двух опорных втулок в отверстиях корпуса НШ и процесс работы.

НШ включает (см. рисунок): корпус – 1, опорные втулки – 2, упругие раздвижные элементы – 3, валы – 4, наружный диаметр опорной втулки – $d_в$, диаметр отверстий опорной втулки – $d_о$, *I-I* и *III-III* – оси отверстий корпуса насоса, *II* и *IV* – оси отверстий опорных втулок, e – эксцентриситет, 0_1 и 0_3 – центры осей отверстий корпуса насоса, 0_2 и

Статистические данные по видам отказов НШ

№ п/п	Виды отказов	Причины возникновения отказов	Доля от общего количества отказов, %
1	Колебание давления масла в системе	Раскрытие контакта зубьев шестерен во время работы насоса	36%
2	Неравномерная работа агрегата или механизма	Износ подпятника	23%
3	Утечка масла	Износ втулок, подпятников, зубьев шестерен и т.п. элементов насоса	28%
4	Остановка работы агрегата или механизма	Некачественная сборка насоса	13%
	Итого отказов технологического оборудования, агрегатов и механизмов сельскохозяйственных (и др.) машин связанных с поломкой НШ		100%



а – расположение двух опорных втулок в отверстиях корпуса НШ; б – процесс работы

Расположение двух опорных втулок в отверстиях корпуса НШ и процесс работы

0_4 – центры осей отверстий опорных втулок, зубчатые колеса – 5, полость всасывания – А, полость нагнетания – Б. НШ работает следующим образом (см. рисунок). Насос шестерённый осуществляет нагнетание масла (показано стрелками) из полости А в полость Б с помощью двух зубчатых колёс 5, вращающихся на двух втулках 2, установленных по посадке с зазором в корпусе 1 насоса. Отверстия в опорных втулках, собранных в корпусе насоса, изготовлены с эксцентриситетом е в направлении межосевого расстояния отверстий опорных втулок и при раздвижении опорных втулок упругими раздвижными элементами 3, обеспечивающими гарантированный зазор между наружным диаметром зубьев зубчатых колес 5, установленных на опорной втулке, и отверстием в корпусе. За счет чего уменьшается зазор между корпусом и втулкой, что способствует повышению выходных показателей насоса, так как производительность насоса в основном зависит от утечек рабочей жидкости через зазоры, образованные головками зубьев зубчатых колес и корпусом насоса.

Выводы

В результате исследования и анализа выявлено, что существует проблема в конструкции НШ, которая приводит к преждевременному износу рабочих органов НШ, в результате чего снижается мощность, объемный КПД и появляется утечка масла.

Для решения этих проблем предлагается новая конструкция НШ с двухосным соединением и создание его требует выполнения следующих задач: анализ теорий двухосного соединения; разработка конструкторско-технологической документации на конструкцию НШ с двухосным соединением для сельскохозяйственных машин; расчет размерных цепей и точности расположения деталей и узлов НШ с двухосным соединением; изготовление деталей и узлов НШ с двухосным соединением; разработка и изготовление специального стенда на базе токарного станка для испытания НШ с двухосным соединением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лепешкин А.В., Михайлин А.А., Шейпак А.А. Гидравлика и гидропневмопривод: учебник: Гидравлические машины и гидропневмопривод / Под ред. А.А. Шейпака. – М.: МГИУ, 2003. – Ч. 2. – 352 с.
2. Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. и др. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: учебник для машиностроительных вузов. – 2-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1982. – 423 с.
3. Сырицын Т.А. Эксплуатация и надежность гидро- и пневмопривода. – М.: Машиностроение, 1990. – 315 с.
4. Лезин П.П. Основы надежности сельскохозяйственной техники. – Саранск: Изд-во МУ, 1997. – 223 с.
5. Пархоменко В.И., Шамгунов С.М. Основы ремонта и эксплуатации тракторов: учебное пособие. – Павлодар, 2008. – 130 с.
6. Сульдин С.П. Повышение долговечности шестеренных насосов восстановлением и упрочнением изношенных поверхностей деталей электроискровой обработкой: На примере насоса НШ-50 У: Дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03. – Саранск, 2004. – 238 с.
7. Коломейченко А.В. Технологии повышения долговечности деталей машин восстановлением и упрочнением рабочих поверхностей комбинированными методами: Дис. … док. техн. наук: 05.20.03. – М., 2011. – 289 с.
8. Звездов В.П., Лунев А.В. О стабилизации бокового зазора в зубчатом зацеплении шестеренного масляного насоса АМЗ

// Сб. докладов 4 международной конференции «Измерение, контроль и автоматизация производственных процессов» (ИКАПП-97). – Барнаул, 1997. – Т. 2. – С. 156-158.
9. Шеров А.К., Аликулов Д.Е., Смирнов Ю.М., Шеров К.Т. Насос шестеренный с двухосным соединением / Инновационный патент №29636 РК на изобретение. 16.03.2015г. Бюл. №3.
10. Шеров А.К., Аликулов Д.Е., Смирнов Ю.М., Шеров К.Т. Насос шестеренный / Инновационный патент №27941 РК на изобретение. 15.12.2013г. Бюл. №12.

Ауыл шаруашылығы техникасының гидравликалық машиналарын өндірудің қазіргі жай-күйін және сапалық көрсеткіштерін зерттеу

***[1]*ШЕРОВ Айбек Кәрібекұлы,** PhD, бас жобалаушы, sherov_ak@mail.ru,*
***[2]ӨСЕРБАЕВ Мұратбек Тұрарбекұлы,** т.ғ.к., кафедра меңгерушісі, usermur@mail.ru,*
[1]«Қазақстан авиациялық индустриясы» ЖШС, Қазақстан, 010000, Нұр-Сұлтан, Айналма жол 229, ғимарат №8/1,
[2]С. Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық университеті, Қазақстан, 010011, Нұр-Сұлтан, Жеңіс даңғылы, 62,
**автор-корреспондент.*

***Аңдатпа.** Зерттеудің мақсаты – беріліс сорғыларының бұзылуына немесе істен шығуына байланысты технологиялық жабдықтардың, ауылшаруашылық машиналарының агрегаттары мен механизмдерінің істен шығу статистикасын талдау, олардың мерзімінен бұрын істен шығу себептерін анықтау және осы мәселені шешу жолдарын анықтау. Зерттеу AP09562459 «Ауыл шаруашылығы машиналары үшін екі өсті бірікпе негізінде тістегергішті сорғының тәжірибелік үлгісін даярлау» жобасы аясында жүргізілді. Қазақстан Республикасының машина жасау өндірістері жағдайында гидравликалық машиналардың сапалы көрсеткіштері мен өндірістерінің қазіргі жағдайына талдау жасалды. Зерттеу нәтижесінде НШ дайындау сапасын қамтамасыз ету проблемасы бар екендігі анықталды, нәтижесінде НШ әрқашан қажетті қуатты қамтамасыз ете бермейді және НШ жұмыс органдары тез тозады. Бұл ағып кетудің қолайсыз өсуіне және көлемдік тиімділіктің ПӘК төмендеуіне әкеледі. Бұл мәселелерді шешу үшін авторлар беріліс сорғыларының бөліктері мен түйіндерінің құрылымын, өңдеу және құрастыру технологиясын өзгертетін теория негізінде «биаксиалды қосылысты» ұсынады. Ұсынылған жаңалықты іске асыру үшін одан әрі зерттеу міндеттері анықталды.*

***Кілт сөздер:** гидравликалық машиналар, тісті сорғы, өнімділік, ағу, ПӘК, тозу, екіөсті қосылым, «білік-тесік» қосылыстары.*

Research of the Modern State of Production and Qualitative Indicators of Hydraulic Machines of Agricultural Equipment

***[1]*SHEROV Aibek,** PhD, Chief Designer, sherov_ak@mail.ru,*
***[2]USERBAEV Muratbek,** Cand. Tech. Sci., Head Department, usermur@mail.ru,*
[1]LLC «Kazakhstan Aviation Industry», Kazakhstan, 010000, Nur-Sultan, Bypass road 229, building No. 8/1,
[2]Kazakh Agrotechnical University n.a. S. Seifullina, Kazakhstan, 010011, Nur-Sultan, Zhenis ave., 62,
**corresponding author.*

***Abstract.** The aim of the study is to analyze the statistics of failures of technological equipment, units and mechanisms of agricultural machines associated with a breakdown or failure of gear pumps (GP), to identify the causes of their premature failure and to determine ways to solve this problem. The study was carried out within the framework of the project AP09562459 «Creation of a prototype gear pump for agricultural machines based on a biaxial connection». The analysis of the current state of production and quality indicators of hydraulic machines in the conditions of machine-building industries of the Republic of Kazakhstan is carried out. As a result of the study, it was revealed that there is a problem of ensuring the quality of production of the GP, as a result of which the GP does not always provide the required power, and the working bodies of the GP wear out rather quickly. This leads to an unacceptable increase in leakage and a drop in volumetric efficiency. To solve these problems, the authors propose a «biaxial connection» based on the theory, which will change the design, technology of machining and assembly of parts and assemblies of gear pumps. To implement the proposed innovation, the tasks of further research have been identified.*

***Keywords:** hydraulic machines, gear pump, productivity, leakage, efficiency, wear, biaxial connection, shaft-hole connections.*

REFERENCES

1. Lepeshkin A.V., Mikhaylin A.A., Sheypak A.A. Gidravlika i gidropnevmoprivod: uchebnik: Gidravlicheskiye mashiny i gidropnevmoprivod / Pod red. A.A. Sheypaka. – Moscow: MGIU, 2003. – Chast 2. – 352 p.
2. Bashta T.M., Rudnev S.S., Nekrasov B.B. i dr. Gidravlika, gidromashiny i gidroprivody: uchebnik dlya mashinostroitel'nykh vuzov. – 2-ye izd., pererab. – Moscow: Mashinostroyeniye, 1982. – 423 p.
3. Syritsyn T.A. Ekspluatatsiya i nadezhnost' gidro- i pnevmoprivoda. – Moscow: Mashinostroyeniye, 1990. – 315 p.
4. Lezin P.P. Osnovy nadezhnosti sel'skokhozyaystvennoy tekhniki. – Saransk: Publ. MU, 1997. – 223 p.
5. Parkhomenko V.I., Shamgunov S.M. Osnovy remonta i ekspluatatsii traktorov: uchebnoye posobiye. – Pavlodar, 2008. – 130 p.
6. Sul'din S.P. Povysheniye dolgovechnosti shesterennykh nasosov vosstanovleniyem i uprochneniyem iznoshennykh poverkhnostey detaley elektroiskrovoy obrabotkoy: Na primere nasosa NSH-50 U: Dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.20.03. – Saransk, 2004. – 238 p.
7. Kolomeychenko A.V. Tekhnologii povysheniya dolgovechnosti detaley mashin vosstanovleniyem i uprochneniyem rabochikh poverkhnostey kombinirovannymi metodami: Dis. … dok. tekhn. nauk: 05.20.03. – Moscow, 2011. – 289 p.
8. Zvezdov V.P., Lunev A.B. O stabilizatsii bokovogo zazora v zubchatom zatseplenii shesterennogo maslyanogo nasosa AMZ // Sb. dokladov 4 mezhdunarodnoy konferentsii «Izmereniye, kontrol' i avtomatizatsiya proizvodstvennykh protsessov» (IKAPP-97). – Barnaul, 1997. – Vol. 2. – pp. 156-158.
9. Sherov A.K., Alikulov D.YE., Smirnov YU.M., Sherov K.T. Nasos shesterennyy s dvukhosnym soyedineniyem / Innovatsionnyy patent №29636 RK na izobreteniye. 16.03.2015g. Byul. no. 3.
10. Sherov A.K., Alikulov D.YE., Smirnov YU.M., Sherov K.T. Nasos shesterennyy / Innovatsionnyy patent №27941 RK na izobreteniye. 15.12.2013g. Byul. no. 12.