

УДК 621.6

Шестеренные насосы для гидрофицированных машин и нефтехимических производств

И.П. Аистов^a, А.В. Свищёв^b

Омский государственный технический университет, пр. Мира 11, Омск, Россия

^aaistov_i@mail.ru, ^balsvishev@mail.ru

Статья поступила 12.05.2014, принята 19.07.2014

Рассматриваются шестеренные насосы для гидрофицированных машин различного технологического назначения, которые получили широкое распространение в различной технике, например, в дорожных и грузоподъемных машинах, в агрегатах нефтехимических производств и т. д. Их основными преимуществами являются конструкционная простота, компактность, надежность в работе и сравнительно высокий КПД, возможность эксплуатации агрегатов на высоких частотах вращения приводного вала (до 100 с⁻¹). Однако шестеренные насосы (ШН) обладают и недостатками, это чувствительность к механическим примесям в перекачиваемой рабочей жидкости, пульсация нагнетаемого рабочего давления и неравномерность подачи рабочей жидкости, повышенная виброакустическая активность (причем, существует однозначная связь между пульсационной производительностью ШН и уровнем его акустического шума). Одним из путей обеспечения работоспособности и повышения эффективности гидрофицированных машин является совершенствование конструкции этих агрегатов. В статье проведен анализ научно-технической литературы и патентных материалов, который позволил выявить современные тенденции развития конструкций шестеренных насосов, а именно: упрощение конструкции, удобство эксплуатации и ремонта, снижение массы, габаритных размеров, шума и вибрации изготовления, повышение надежности, ресурса работы, механического и объемного КПД.

Ключевые слова: гидрофицированные машины, гидропривод, шестеренный насос, гидромашина, насосостроение.

Gear rotary pumps for hydroficated machines and petrochemical industry

I.P. Aistov^a, A. V.Svishchev^b

Omsk State Technical University, avenue Mira 11, Omsk, Russia

^aaistov_i@mail.ru, ^balsvishev@mail.ru

Received 12.05.2014, accepted 19.07.2014

The article considers gear rotary pumps for various technological applications, which are widely used in different technical units, such as road or hoisting machines, petrochemical industry units and so on. Their main advantages are design simplicity, compactness, reliability and comparatively high efficiency, ability to use units at a high rotation speed of the drive shaft (to 100 sec⁻¹). Nevertheless, gear rotary pumps have some disadvantages such as sensitivity to mechanical impurities in the pumped power fluid; pulsation of the supercharge operating pressure and irregularity of power fluid supply; vibroacoustic hyperactivity (there is a clear connection between gear pumps pulsation performance of and their acoustic noise level). One of the ways to ensure efficient performance of hydroficated machines and to increase its efficiency is to improve the design of these unites. The article gives a detailed analysis of scientific and technical literature and patents that reveals contemporary trends in gear rotary pumps designs development, namely design simplification; serviceability and maintainability; reduction of weight, overall dimensions, noise and vibration making; reliability, operation life, mechanical and volumetric efficiency enhancement.

Keywords: hydroficated machines, hydraulic power unit, gear rotary pump, hydraulic machine, pump engineering.

Введение. Шестеренные машины нашли широкое применение в современной технике, особенно в гидрофицированных машинах различного технологического назначения и химических производствах. Их основными преимуществами являются конструкционная простота, компактность, надежность в работе и сравнительно высокий КПД. В этих машинах отсутствуют рабочие органы, подверженные действию центробежной силы, что позволяет эксплуатацию на высоких частотах вращения приводного вала (20 с⁻¹).

Однако шестеренные насосы (ШН) обладают недостатками, которые пытаются решать различными конструктивными и технологическими мероприятиями, основными из которых являются [1 – 5]: чувствительность к механическим примесям в перекачиваемой рабочей жидкости; пульсация нагнетаемого рабочего давления и неравномерность подачи рабочей жидкости; повышенная виброакустическая активность (причем, существует однозначная связь между пульсационной производительностью ШН и уровнем его акустического шума); наличие зубчатого зацепления в качающем

узле насоса обуславливает характерные свойства, присущие зубчатым механизмам; постепенный рост зазоров (увеличение зазоров в торцевых уплотнениях шестерен, торцевых и осевых зазорах уплотнений подшипников и т. п.) в процессе эксплуатации насоса из-за износа деталей, связанное с этим увеличение внутренних утечек рабочей жидкости, и как следствие – уменьшение объемного КПД насоса; дополнительные динамические и радиальные нагрузки на подшипники из-за периодического запираания рабочей жидкости в межзубном пространстве шестерен во время процесса перекачки, которые также ведут к увеличению виброакустической активности шестеренных насосов.

В статье приведен обзор патентной литературы по конструкциям шестеренных насосов, направленным на устранение какой-либо доли указанных недостатков.

На рис. 1. приведена конструкция шестеренного насоса [6, пат. 2291986], который относится к области гидроприводов строительных, дорожных и других гидротранспортируемых машин.

На рис. 1 указано: 1 – корпус, 2, 6 – ведущая и ведомая шестерни. На торцах ведущей шестерни 2 установлены уплотнительные втулки 9, а также тарельчатые пружины 3. На ведомой шестерне 6 установлены пластины 5, диаметры которых равны диаметру окружности вершин зубьев шестерни, так, чтобы тарельчатые пружины 3 набегали на пластины 5 в зоне зацепления шестерен. Шестерни установлены на игольчатых подшипниках 4, которые, в свою очередь, помещены во втулки 8.

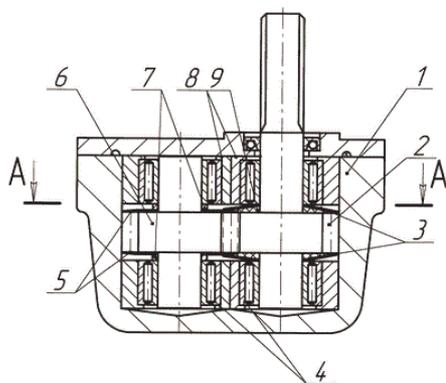


Рис. 1. Шестеренный насос (6, пат. 2291986)

На рис. 2 представлен шестеренный насос [7, Пат. 2307260], конструкция которого направлена на снижение скорости изнашивания приводного вала за счет ликвидации утечки жидкости в зону трения «приводной вал – корпус» и снижения скорости изнашивания трибосопряжений «вал – верхняя крышка», «вал – нижняя опорная пластина» и «ведомая шестерня – ось ведомой шестерни». Техническим результатом является повышение долговечности насоса.

Результаты испытаний этого ШН на прядильных машинах ОАО «Каменскволокно» показали стабильную и надежную работу описанной конструкции. На 11 % снизилась неравномерность подачи при изменении давления на входе жидкости и выходе ее из насоса. Прекратилось просачивание жидкости через трибосоп-

ряжения «верхняя крышка шестеренного механизма – приводной вал – корпус насоса». Срок эксплуатации шестеренного дозирующего насоса в сравнении со сроком эксплуатации известной конструкции увеличился в 1,2-1,3 раза.

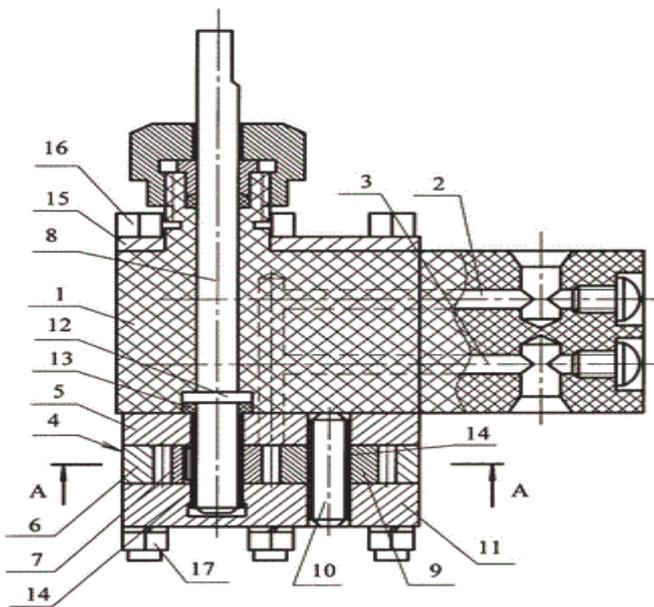


Рис. 2. Шестеренный насос (7, пат. 2307260)

Техническим результатом предложенной конструкции являются усовершенствование компенсации торцевых зазоров, оптимизация сил прижатия уплотнительных втулок, локализация зон влияния высокого давления на корпус, улучшение уплотнений полостей высокого и низкого давления. Вследствие этого снижаются объемные и механические потери, повышается долговечность машины.

Технической задачей, на решение которой направлена конструкция шестеренного насоса [8, пат. 2313005], является производство гидромашин с повышенными механическим и объемным КПД, которые достигаются как за счет усовершенствования конструкции камер компенсации торцевых зазоров и оптимизации сил прижатия уплотнительных втулок, так и за счет локализации зон воздействия высокого давления на корпус путем улучшения уплотнений полостей высокого и низкого давления. Такая конструкция шестеренной гидромашин позволяет устранить заклинивание уплотнительных втулок, обеспечивает их оптимальное поджатие к торцам шестерен и герметизацию полостей высокого и низкого давления в корпусе машины, благодаря чему, по сравнению с прототипом, снижаются объемные и механические потери и повышается долговечность машины.

В изобретении [9, пат. 2343315] приведена конструкция компактной шестеренной гидромашин с малыми объемными и механическими потерями за счет рационального торцевого уплотнения шестерен и дальнейшего повышения степени локализации зоны воздействия высокого давления на внутренние полости. Предложенная шестеренная гидромашин позволяет устранить приклинивание, неравномерный износ под-

шипниковых втулок и восьмеркообразных пластин, значительно уменьшить внутренние перетечки рабочей жидкости из полости высокого давления в полость низкого давления и т. д. Проведенные испытания подтвердили высокую эффективность предложенной машины и достижение технического результата по всем упомянутым аспектам.

В некоторых конструкциях шестеренных насосов недостатком является неподвижность подшипников при изгибе шестерен в цапфах под действием давления нагнетаемой жидкости на венцы шестерен. Неподвижность подшипников под нагрузкой изгибающейся цапфы шестерни в подшипниках приводит к уменьшению площади трения цапфы в подшипнике, вплоть до двухточечной, на входе цапфы в подшипник и на выходе. Масляный клин из-за возросших сил трения выдавливается, и зона трения превращается в зону сухого трения с перегревом цапф и их заклиниванием в подшипниках, что приводит к выходу насоса из строя. В решении, представленном в изобретении [10, пат. 2380573], предлагается установка самоустанавливающихся подшипников при любых нагрузках (давлениях) и возникающих прогибах цапф шестерен, исключающих уменьшение площади трения цапф в подшипниках.

На рис. 3 представлена конструкция шестеренного насоса с гидравлической компенсацией торцевых зазоров [11, пат. 2384738].

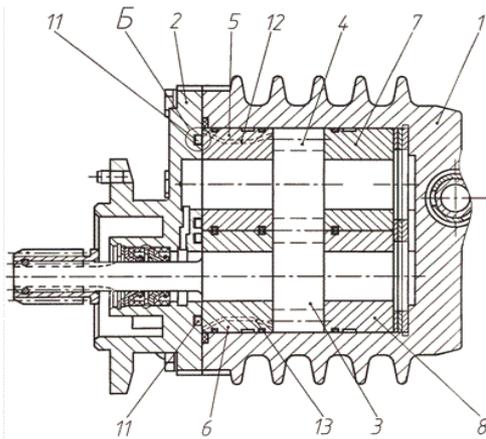


Рис. 3. Шестеренный насос (11, пат. 2384738)

Изобретение направлено на снижение габаритов и веса насоса за счет упрощения конструкции устройства гидравлической компенсации торцевых зазоров. Для достижения указанного технического результата в шестеренном насосе каналы подвода рабочей жидкости сообщены с полостью нагнетания, а в камерах поджима расположены фторопластовые манжеты, внутри которых установлены упругие уплотнительные кольца, сообщенные с каналами подвода, с возможностью поджатия подвижных подшипников к рабочим торцам шестерен.

На рис. 4 представлена конструкция шестеренного насоса, которая может применяться в гидроприводах машин в качестве бесступенчатой коробки передач [12, пат. 2177085].

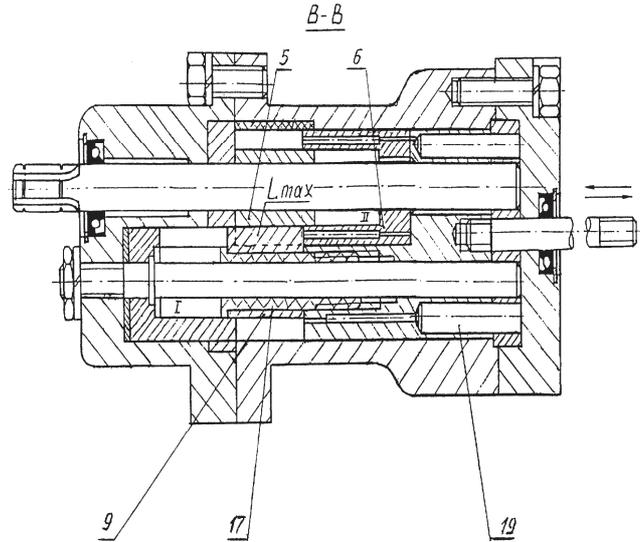


Рис. 4. Шестеренный насос (12, пат. 2177085)

Недостатками насосов данного типа являются низкая скорость регулирования, невысокий КПД. Задачей изобретения является повышение скорости регулирования и КПД насоса. Технический результат достигается тем, что насос шестеренный регулируемый, содержащий корпусные детали, ведущий вал с ведущей шестерней, вращающийся в подшипниках скольжения, опорный вал с ведомой шестерней, управляемый штоком ползуна с уводящей втулкой, шестеренные обоймы, установленные с возможностью изменения длины зацепления шестерен, снабжен плунжерами, а в ползуне выполнены плунжерные камеры с отверстиями. При этом в зубьях верхней шестеренной обоймы выполнены продольные отверстия, а в нижней шестерне – пазы с возможностью изменения длины зацепления шестерен при совмещении пазов в шестерне и отверстий в зубьях обоймы с отверстиями в ползуне.

Изобретение [13, пат. 2209342] относится к шестеренным насосам, предназначенным для нагнетания рабочей жидкости в гидравлические системы тракторов, сельскохозяйственных и других машин. В данном насосе изменена и упрощена конструкция поджимной обоймы, что устраняет факторы, приводящие к ее разрушению, упрощению конструкции, повышению надежности работы насоса. Технический результат при использовании изобретения заключается в устранении факторов, приводящих к разрушению поджимной обоймы, упрощении конструкции, повышении надежности работы ШН. Увеличен также ресурс насоса путем введения системы двойной компенсации торцевого износа, снижена металлоемкость изделия и повышена технологичность изготовления.

На рис. 5 приведена конструкция шестеренного насоса [14, пат. 2210005], обладающая возможностью двойной компенсации торцевого износа шестерен, за счет поджима рабочей жидкостью компенсирующих металлических пластин из алюминиевого сплава и дополнительной герметизации рабочей камеры подвижным полиамидным уплотнительным пояском трапециевидального сечения.

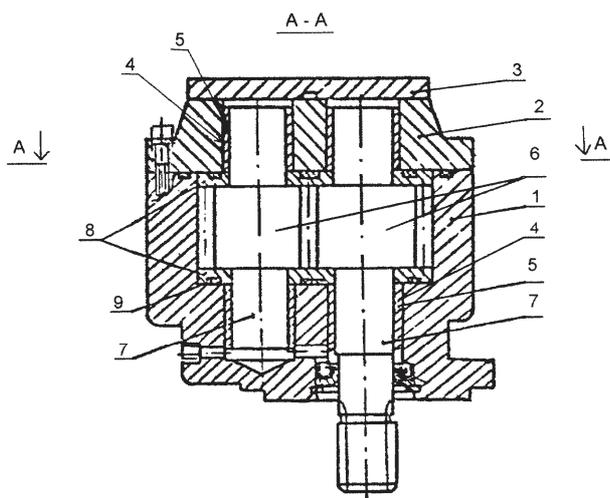


Рис. 5. Шестеренный насос (14, пат. 2210005)

Оригинальность предлагаемого технического решения заключается в том, что дополнительно введенное в конструкцию насоса уплотнение, разделяющее области нагнетания и всасывания, выполнено комбинированным и состоит из взаимодействующих друг с другом по принципу клинового механизма резиновой прокладки и полиамидного пояска, предохраняющего прокладку от выдавливания из канавки камеры поджима в торцевой зазор, гарантированно уплотняющего торцевые поверхности компенсатора и корпуса.

Проведенный анализ научно-технической литературы и патентных материалов позволил выявить современные тенденции развития конструкций шестеренных насосов, направленные на упрощение конструкции насоса; повышение надежности, ресурса работы, механического и объемного КПД, технологичности изготовления; повышение удобства эксплуатации и ремонта; применение для изготовления деталей и узлов новых материалов с высокими техническими характеристиками; снижение массы, габаритных размеров, шума и вибрации, стоимости изготовления и т. д.

Литература

1. Аистов И.П. Влияние качества сборки на типовые дефекты шестеренных насосов авиационного назначения // Сборка в машиностроении, приборостроении: сб. ст. 2007. № 12. С. 51-54
2. Аистов И.П., Штриплинг Л.О. Особенности расчета нагруженного состояния и формирование назначенного ресурса шестеренных насосов // Известия ВУЗов. Машиностроение. 2008. № 7. С. 11-16.
3. Аистов И.П., Свищёв А.В. Оценка износа пары трения авиационного агрегата на основе теории фрикционной усталости // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13, № 4 (3). С. 940-943.
4. Буренин В.В. Новые конструкции шестеренных насосов для химических производств // Химическая техника. 2012. № 1. С. 10-15.
5. Буренин В.В. Шестеренные насосы для химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств: Обзорная информация // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2005. № 10.
6. Поскребышев В.А. Шестеренный насос: пат. 2291986, Рос. Федерация. № 2005124902/06; заявл. 04.08.05; опубл. 20.01.07, Бюл. № 2.

7. Миньков Д.В. Шестеренный дозирующий насос: пат. 2307260, Рос. Федерация. № 2006120261/06; заявл. 09.06.06.; опубл. 27.09.07, Бюл. № 27.

8. Захарчук Ю.В. Шестеренная гидромашина: пат. 2313005, Рос. Федерация. № 2005128095/06; заявл. 08.09.05; опубл. 20.12.07, Бюл. № 35

9. Захарчук Ю.В. Шестеренная гидромашина: пат. 2343315, Рос. Федерация. № 2007115721/06; заявл. 25.04.07; опубл. 10.01.09, Бюл. № 1.

10. Георгиевский М.Г., Георгиевский Г.М. Шестеренный насос: пат. 2380573, Рос. Федерация. № 2006130416/06; заявл. 23.08.06; опубл. 27.01.10, Бюл. № 3.

11. Макаеев Л.И., Кемов В.Ф. Шестеренная насос: пат. 2384738, Рос. Федерация. № 2008140828/06; заявл. 14.10.08; опубл. 20.03.10, Бюл. № 8.

12. Бодогазин С.Б. Шестеренный регулируемый: пат. 2177085, Рос. Федерация. № 99109525/06; заявл. 07.05.99; опубл. 20.12.01, Бюл. № 35, ч. II.

13. Чечевичкин В.А., Первичко А.С. Насос шестеренный: пат. 2209342, Рос. Федерация. № 2001114151/06; заявл. 29.05.00; опубл. 27.07.03, Бюл. № 21, ч. III.

14. Сорокин Н.А. Шестеренный гидронасос: пат. 2210005, Рос. Федерация. № 2002106471/06; заявл. 12.03.02; опубл. 10.08.03, Бюл. № 22, ч. III.

References

1. Aistov I.P. Impact on build quality typical defects gear pumps aviation applications // Sbornik v mashinostroenii, priborostroenii: sb. st. M., 2007. № 12. P. 51-54.
2. Aistov I.P., Shtripling L.O. Features calculating the loaded state and the formation of an assigned resource gear pumps // Izv. VUZov. Mashinostroenie. 2008. № 7. P. 11-16.
3. Aistov I.P., Svishev A.V. Wear of the friction pair aviation unit based on the theory of friction fatigue // Izv. Samar. nauch. tsentra Ros. akad. nauk. 2011. T. 13. № 4 (3). P. 940-943.
4. Burenin V.V. New designs of gear pumps for chemical industry // Khimicheskaya tekhnika. 2012. № 1. P. 10-15.
5. Burenin V.V. Gear pumps for chemical, petrochemical and refining industries: an overview // Khimicheskoe i neftegazovoe mashinostroenie. 2005. № 10.
6. Poskrebyshv V.A. Gear pump: pat. 2291986, Ros. Federatsiya. № 2005124902/06; zayavl. 04.08.05; opubl. 20.01.07, Byul. № 2.
7. Minkov D.V. Gear metering pump: pat. № 2307260, Ros. Federatsiya. № 2006120261/06; zayavl. 09.06.06.; opubl. 27.09.07, Byul. № 27.
8. Zakharchuk Yu.V. Gearwheel hydraulic machine: pat. № 2313005, Ros. Federatsiya. № 2007115721/06; zayavl. 25.04.07; opubl. 10.01.09. Byul. № 1.
9. Zakharchuk Yu.V. Gearwheel hydraulic machine: pat. № 2343315, Ros. Federatsiya. № 2007115721/06; zayavl. 25.04.07; opubl. 10.01.09. Byul. № 1.
10. Georgievskii M.G., Georgievskii G.M. Gear Pump: pat. № 2380573, Ros. Federatsiya. № 2006130416/06; zayavl. 23.08.06; opubl. 27.01.10, Byul. № 3.
11. Makaseev L.I., Kemov V.F. Gear Pumps: pat. № 2384738, Ros. Federatsiya. № 2008140828/06; zayavl. 14.10.08; opubl. 20.03.10, Byul. № 8.
12. Bodogazin S.B. Adjustable gear: pat. 2177085, Ros. Federatsiya. № 99109525/06; zayavl. 07.05.99; opubl. 20.12.01, Byul. № 35, ch. II.
13. Chechevichkin V.A., Pervichko A.S. Gear pump: pat. 2209342, Ros. Federatsiya. № 2001114151/06; zayavl. 29.05.00; opubl. 27.07.03, Byul. № 21, ch. III.
14. Sorokin N.A. Gear hydraulic pump: pat. 2210005, Ros. Federatsiya. № 2002106471/06; zayavl. 12.03.02; opubl. 10.08.03, Byul. № 22, ch. III.