

<https://doi.org/10.21122/2227-1031-2019-18-5-422-426>

УДК 621.671

Классификация гидравлических систем для перекачивания высоковязких жидкостей

И. С. Луговая¹⁾

¹⁾Белорусский национальный технический университет (Минск, Республика Беларусь)

© Белорусский национальный технический университет, 2019
Belarusian National Technical University, 2019

Реферат. Гидравлические системы, применяемые в механизмах и машинах, предназначены для осуществления механических перемещений: подъема грузов, прессования материалов, перемещения рабочих органов и пр. В качестве рабочих жидкостей в них используются минеральные масла, обладающие малой вязкостью. К таким жидкостям следует отнести пищевые продукты (мед, патоку, смолу, фарш, тесто, пасту, кремы, крахмалы), строительные материалы (глину, цемент, герметик), нефтепродукты и т. д., которые встречаются в химической и текстильной, винной и хлебопекарной, косметической и кондитерской, молочной и лакокрасочной, строительной промышленности, а также в других сферах деятельности. Вместе с тем в различных отраслях народного хозяйства используются гидравлические системы, предназначенные для перекачивания или транспортирования рабочей жидкости, обладающей высокой вязкостью. Однако описанию подобных гидравлических систем, их классификации, особенностей устройств, из которых они состоят, уделено недостаточное внимание. В связи с этим в статье приведена классификация гидравлических систем для перекачивания и транспортирования высоковязких жидкостей, дано описание их состава, приведены основные разновидности насосов и устройств для управления и выполнения технологических задач, широко используемых в различных отраслях промышленности. Показано, что все насосы, применяемые для этих целей, можно разделить на две группы: динамические и объемные. Представлены схемы устройств, краткое описание и принцип действия насосов, используемых для этих целей. Проведенный анализ показал, что эксплуатация гидравлических систем для перекачки высоковязких жидкостей вызывает необходимость дальнейшего исследования их характеристик, а также разработки методики расчетов и проектирования.

Ключевые слова: высоковязкие жидкости, транспортирование, устройства гидравлических систем, классификация

Для цитирования: Луговая, И. С. Классификация гидравлических систем для перекачивания высоковязких жидкостей / И. С. Луговая // *Наука и техника*. 2019. Т. 18, № 5. С. 422–426. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2019-18-5-422-426>

Classification of Hydraulic Systems for Pumping Highly Viscous Liquids

I. S. Lugovaja¹⁾

¹⁾Belarusian National Technical University (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. Hydraulic systems used in mechanisms and machines are intended for mechanical movements: load lifting, material pressing, moving of working bodies, etc. Mineral oils with low viscosity are used in them as working fluids. Such liquids include food products (honey, molasses, tar, minced meat, dough, pasta, creams, starches), construction materials (clay, cement, sealant), petroleum products, etc. which are found in chemical and textile, wine and bakery, cosmetic and confectionery, dairy and paintwork, construction industry and many other areas of activity. At the same time, hydraulic systems are used in various sectors of the national economy, which are designed for pumping or transporting a high-viscosity working fluid. However, description of such hydraulic systems, their classification, specific features of the devices of which they consist, has yet received insufficient attention. In this regard, this paper provides a classification of hydraulic systems for pumping and transporting highly viscous liquids, a description of their composition, main types of pumps and devices for controlling and performing technological tasks widely used in various industries. It is shown that all pumps used for these purposes can

Адрес для переписки

Луговая Инна Станиславовна
Белорусский национальный технический университет
ул. Я. Коласа, 12,
220013, г. Минск, Республика Беларусь
Тел.: +375 17 292-84-37
gpa_atf@bntu.by

Address for correspondence

Lugovaja Inna S.
Belarusian National Technical University
12 Ya. Kolasa str.,
220013, Minsk, Republic of Belarus
Tel: +375 17 292-84-37
gpa_atf@bntu.by

be divided into two groups: dynamic and volumetric. The paper presents schemes of devices, a brief description and operational principle of pumps used for these purposes. The executed analysis has shown that an operation of hydraulic systems for pumping highly viscous liquids necessitates further study of their characteristics, as well as development of methods for calculation and design.

Keywords: highly viscous liquids, transportation, devices of hydraulic systems, classification

For citation: Lugovaja I. S. (2019) Classification of Hydraulic Systems for Pumping Highly Viscous Liquids. *Science and Technology*, 18 (5), 422–426. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2019-18-5-422-426> (in Russian)

Введение

Гидравлические системы широко применяются в различных агрегатах технологического назначения: транспортных машинах, металло-режущих и прессовых станках и т. д. В качестве рабочих жидкостей в них используются минеральные масла, обладающие невысокой вязкостью. Вместе с тем существуют разные механизмы и машины, предназначенные для подачи и транспортирования жидкостей с высокой вязкостью [1, 2]. Однако анализ литературных источников показывает, что данному вопросу уделено недостаточно внимания. В частности, нет сведений о классификации гидравлических систем и устройств, из которых они состоят. В связи с этим в статье предложена классификация используемых гидравлических схем для перекачки высоковязких жидкостей, насосов и других устройств, применяемых для этих целей.

Все жидкости делят на два класса: ньютоновские и неньютоновские. К первым относятся вода, нефтепродукты с низким содержанием парафина, растительные масла и пр. Неньютоновские жидкости делятся на:

- вязкопластичные (или бингамовские);
- псевдопластичные;
- дилатантные.

Перекачивание высоковязких жидкостей и жидкостей, не обладающих текучестью, представляет определенные трудности из-за высокого внутреннего трения слоев жидкости и потерь производительности в трубопроводе [3, 4]. К таким жидкостям следует отнести пищевые продукты (мед, патоку, смолу, фарш, тесто, пасту, кремы, крахмалы), строительные материалы (глину, цемент, герметик), нефтепродукты и т. д., которые встречаются в химической и текстильной, винной и хлебопекарной, косметической и кондитерской, молочной и лакокрасочной, строительной промышленности, а также в других сферах деятельности.

Классификация и состав гидравлических систем

Для перекачки и транспортирования высоковязких жидкостей применяют гидравличе-

ские системы, отличающиеся от типовых гидравлических схем составом, конструктивными особенностями и свойствами перекачиваемых высоковязких жидкостей.

Главная отличительная особенность – назначение рабочей жидкости в сравниваемых системах. Если в традиционных гидравлических системах рабочая жидкость является средством для преобразования одного вида энергии в другой с целью выполнения механической работы механизмом, устройством или машиной, то в рассматриваемых гидравлических системах высоковязкие жидкости – это материальное тело, которое необходимо перекачать из одной емкости в другую, либо для выполнения определенных технологических задач (распыления, слива, нанесения на поверхность и пр.). Их состав и расположение элементов определяются функциональным назначением и видом, содержанием твердых включений в транспортируемой жидкости, консистенцией, молекулярным изменением, возможностью потери целостности (рис. 1).

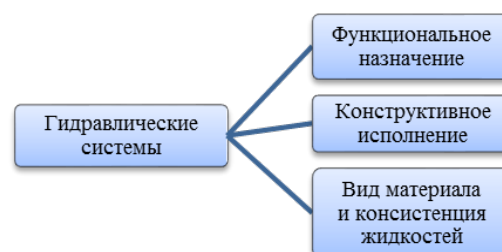


Рис. 1. Классификация гидравлических систем для высоковязких жидкостей

Fig. 1. Classification of hydraulic systems for highly viscous liquids

Состав этих гидравлических систем зависит от области применения, назначения, вязкости жидкости и может включать в себя различные устройства, основные из которых – насосы (рис. 2).

Перекачивание высоковязких жидкостей требует больших затрат мощности привода, и по этой причине насосы, применяемые в традиционных гидросхемах, не могут быть использованы в полной мере. Тип насоса зависит от свойств высоковязких магнитно-реологических жидкостей.



Рис. 2. Устройства гидравлических систем для перекачивания высоковязких жидкостей

Fig. 2. Devices of hydraulic systems for pumping highly viscous liquids

Для этой цели применяют преимущественно насосы, которые можно разделить на две группы: динамические и объемные. К динамическим относятся лопастные (центробежные и осевые), а к объемным – такие разновидности, как винтовой, шестеренный, мембранный, перистальтический, кулачковый, импеллерный. Классификация этих насосов приведена на рис. 3.



Рис. 3. Классификация насосов для высоковязких жидкостей

Fig. 3. Classification of pumps for highly viscous liquids

Каждый из перечисленных насосов обеспечивает передачу энергии для осуществления движения рабочего органа технологической машины или механического устройства и потому конструктивно отличается от насосов, предназначенных для нагнетания маловязких жидкостей.

Наиболее распространенным вариантом для перекачивания высоковязких и нелетучих жидкостей вязкостью до $1 \cdot 10^6$ сСт является винтовой насос (рис. 4). Принцип его работы подобен действию шнека. Перекачивание жидкости происходит перемещением ее вдоль оси винта 1 в камере, образованной винтовыми канавками и поверхностью корпуса 2.

Распространенными для перекачивания вязких жидкостей в промышленности являются насосы шестеренного типа, рабочим органом

в которых является шестерня 1. При вращении шестерни на стороне всасывания насоса 2 создается разрежение, вызывающее перепад давления, приводящий к заполнению межзубного пространства вязкой среды и ее перемещению в зону нагнетания 3, а затем – в патрубок напорной магистрали (рис. 5).

Импеллерный насос предназначен для перекачивания разнообразных жидкостей вязкостью до 6000 сСт, мягких, чувствительных, вспенивающихся сред, а также суспензий с твердыми включениями. Он работает в диапазоне температур до 90 °С и при низких скоростях, содержит гибкую крыльчатку из нержавеющей стали 1 (рис. 6).

Широкое применение в медицине для перекачивания крови пациентов и пастообразных веществ нашли перистальтические насосы [5–10]. Конструкции перистальтических (шланговых) насосов делятся на трубочные, в которых деформируемым элементом является однородная трубка, и шланговые, где деформируемым элементом служит многослойный шланг, усиленный кордом. Принцип действия объемных насосов перистальтического типа основан на передавливании трубки 1 вращающимися роликами 2, которые проталкивают жидкость вперед (рис. 7).

Для условий работы в режиме сухого хода и перекачивания загрязненных жидкостей и сред, содержащих до 90 % твердых частиц диаметром около 3,5 см, перекачивания агрессивных химических сред, включая кислоты, щелочи, спирты, эфиры и другие, могут быть использованы мембранные насосы (рис. 8). Мембранный насос содержит гибкую диафрагму (мембрану), закрепленную по краям, которая, изгибаясь, выполняет функцию поршня поршневого насоса в результате изменения давления воздуха в пневматическом приводе или жидкости в гидравлическом приводе. Принцип действия мембранного насоса заключается в создании разности давления на входе и выходе системы с пневмоприводом.

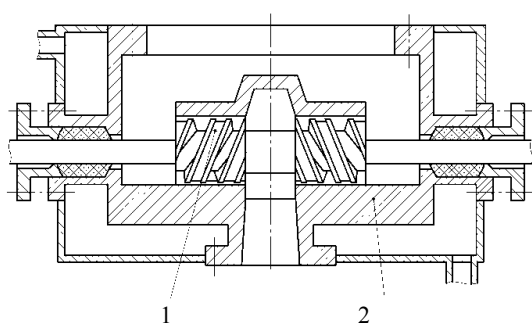


Рис. 4. Винтовой насос
Fig. 4. Screw-type pump



Рис. 5. Шестеренный насос
Fig. 5. Gear-type pump

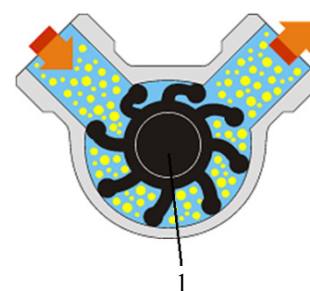


Рис. 6. Схема работы
импеллерного насоса
Fig. 6. Operational scheme
of impeller pump

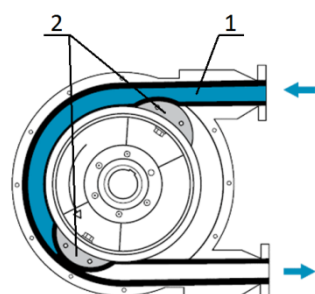


Рис. 7. Схема работы перистальтического насоса
Fig. 7. Operational scheme of peristaltic pump

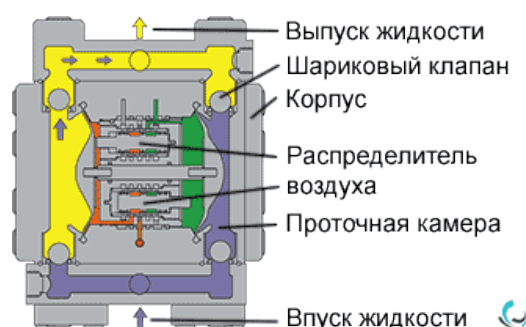


Рис. 8. Устройство мембранного насоса
Fig. 8. Design of membrane pump

Кулачковые насосы относятся к роторным и являются одними из самых надежных типов насосного оборудования. Их отличают также надежность конструкции, высокая износостойкость, низкая пульсация, низкий уровень вибрации и шума. Принцип работы основан на перекачивании жидкости в полости, образованной между роторами и корпусом насоса. Роторы могут быть одно-, двух-, трех-, пяти- и мультилепестковыми, а также эксклюзивными винтообразными (рис. 9) – в зависимости от типа перекачиваемой жидкости.

Поршневые насосы отличаются простотой и надежностью в работе (рис. 10). Их применяют для перекачивания жидкостей высокой вязкости и пониженной влажности любой консистенции (влажностью не менее 78 %) на большую дальность транспортировки. Они содержат поршень 1, совершающий возвратно-поступательное движение от кривошипно-шатунного механизма 2; два клапана 3 и 4 обеспечивают движение жидкости в одном направлении.

Кроме того, гидравлические системы для перекачивания вязких жидкостей включают в себя устройства для выполнения различных технологических задач в зависимости от их назначения. К ним относятся устройства для нанесения высоковязких жидкостей на поверхность изделий; для перемешивания, заполнения шприцев, распыления, слива, фильтрации, отпуска жидкости, дегазации, дозирования и т. д.

В состав жидкостей могут входить измельченные фракции, торф и другие материалы. Однако они отличаются более низкой производительностью по сравнению с центробежными насосами. Гидравлические системы для высоковязких жидкостей могут содержать различные устройства для подготовки высоковязких жидкостей, контроля и отбора проб, обработки транспортируемых жидкостей, измерения и изменения вязкости, аппараты для дегазации жидкости и пр. К их числу следует отнести также устройства для смешивания многокомпонентных высоковязких жидкостей в виде мешалок различного типа, грануляторов и устройств для измельчения наполнителей.

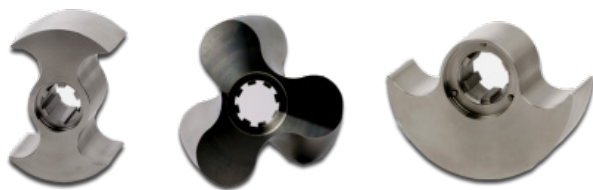


Рис. 9. Роторы кулачковых насосов

Fig. 9. Rotors of cam-driven pumps

К устройствам и механизмам технологического назначения относятся устройства для нанесения на поверхность высоковязкого материала для защиты от коррозии, для распыления. К устройствам вспомогательного назначения – устройства для дозирующей подачи материала, емкости и накопители жидкости, трубопроводы, фильтры.

Проведенный анализ показал, что вопрос, связанный с эксплуатацией гидравлических схем с высоковязкими жидкостями, требует дальнейшего изучения и разработки методики их расчетов и проектирования.

ВЫВОДЫ

1. Дана классификация устройств и представлен состав гидравлических систем для транспортирования высоковязких жидкостей на основе анализа их функционального назначения, вязкости и консистенции жидкостей и ряда.

2. Приведены классификация насосов, предназначенных для перекачивания высоковязких жидкостей, и краткое описание принципа их действия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гудкин, А. М. Реологические исследования вязкопластичных дисперсных систем / А. М. Гудкин; Ин-т физ. химии Акад. наук СССР. М.: МЭИ, 1963. 24 с.
2. Дятлов, В. А. Реологические и адгезионные свойства теста сдобных и булочных изделий / В. А. Дятлов. Воронеж, 1982. 24 с.
3. Фуks, Г. И. Вязкость и пластичность нефтепродуктов / Г. И. Фуks. М.; Ижевск: Ин-т компьют. исслед., 2003. 328 с.
4. Ляпков, П. Д. О влиянии вязкости на характеристику погружных центробежных насосов / П. Д. Ляпков // Труды ВНИИ. Вып. 41. М.: Недра, 1964. С. 71–107.
5. Михеев, А. Ю. Исследование характеристики и повышение надежности насосов перистальтического принципа действия / А. Ю. Михеев. Уфа, 2004, 168 с.

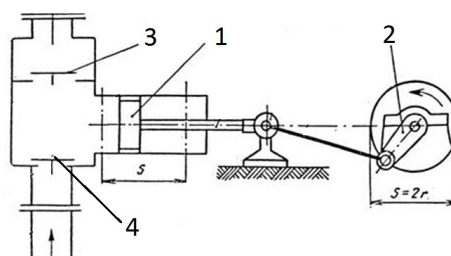


Рис. 10. Схема однопоршневого насоса одностороннего действия

Fig. 10. Scheme of single-cylinder single-action pump

6. Перистальтический насос: пат. Рос. Федерации № 2028509. МКИ F04B43/12 / Г. И. Пузанов, М. Д. Солodкий; опубл. 09.02.1995.
7. Перистальтический насос: а. с. 531927 СССР / В. Т. Чемерис, А. Т. Чемерис; опубл. 1976, Б. И. № 38.
8. Перистальтический насос: а. с. 739255 СССР / С. Ф. Поплавский, А. Ф. Ткаченко; опубл. 1980, Б. И. № 21.
9. Перистальтический насос: а. с. 931959 СССР / В. Е. Банелов [и др.]; опубл. 1982, Б. И. № 20.
10. Перистальтический насос: а. с. 937768 СССР / В. С. Богатырев, И. Е. Новиков; опубл. 1982, Б. И. № 23.

Поступила 31.01.2019

Подписана в печать 02.04.2019

Опубликована онлайн 30.09.2019

REFERENCES

1. Gudkin A. M. (1963) *Rheogoniometry of Viscoplastic Disperse Systems*. Moscow, Moscow Power Engineering Institute. 24 (in Russian).
2. Dyatlov V. A. (1982) *Rheological and Adhesive Properties of Dough for Rich Fermented and Bun Goods*. Voronezh. 24 (in Russian).
3. Fuks G. I. (2003) *Viscosity and Plasticity of Petroleum Products*. Moscow-Izhevsk, Institute of Computer Research. 328 (in Russian).
4. Lyapkov P. D. (1964) About Effect of Viscosity on Characteristics of Submersible Centrifugal Pumps. *Trudy VNIИ. Вып. 41. Tekhnika Dobychi Nefti* [Proceedings of All-Union Research Institute. Is. 41 Oil Engineering]. Moscow, Nedra Publ., 71–107 (in Russian).
5. Mikheev A. Yu. (2004) *Study of Characteristics and Improvement of Reliability in Peristaltic Pumps*. Ufa. 168 (in Russian).
6. Puzanov G. I., Solodky M. D. (1995) *Peristaltic Pump*. Patent of Russian Federation No 2028509 (in Russian).
7. Tchemeris V. T., Tchemeris A. T. (1976) *Peristaltic Pump*. Inventor's Certificate No 531927 USSR (in Russian).
8. Poplavsky S. F., Tkachenko A. F. (1980) *Peristaltic Pump*. Inventor's Certificate No 739255 USSR (in Russian).
9. Bakalov V. E., Zenin A. B., Yaremenko V. I., Krutofalov E. B., Barzhin V. Ya. (1982) *Peristaltic Pump*. Inventor's Certificate No 931959 USSR (in Russian).
10. Bogatyrev V. S., Novikov I. E. (1982) *Peristaltic Pump*. Inventor's Certificate No 937768 USSR (in Russian).

Received: 31.01.2019

Accepted: 02.04.2019

Published online: 30.09.2019