

Ламинарные насосы и новые технологические возможности

В.А. Бендерович
технический директор¹

Э.Д. Лунаци
инженер¹
info@t2100.ru

А.В. Ноздрин
инженер¹

А.Е. Шеина
аспирант¹, инженер²

¹ООО «НИУ», Москва, Россия

²Московский Автомобильно-Дорожный Государственный Технический Университет (МАДИ), Москва, Россия

Известно, что насосы, предназначенные для перекачивания жидкостей с абразивом, обладают небольшим межремонтным пробегом. Ламинарные (дисковые) насосы, освоённые отечественной промышленностью, способны перекачивать вязкие жидкости с абразивом. При их применении уменьшается количество ремонтов, не требуются дорогие запчасти, производительность технологических установок увеличивается от снижения простоев для ремонтов, а также уменьшаются потери продуктов, сливаемых перед ремонтом. Приводятся конструкции и примеры использования в буровом деле.

Материалы и методы
Практический опыт применения ламинарных насосов.

Ключевые слова
вязкие жидкости, вязкость, дисковые насосы, ламинарные насосы, КПД, надежность, торцовые уплотнения

Надежность насосов, безупречно перекачивающих чистые жидкости, заметно снижается, если в жидкости появляются абразивные частицы. В связи с этим вводятся ограничения по допустимым размерам частиц, их концентрации, твердости и другим показателям [1, 2].

В настоящее время проблема перекачивания жидкостей с абразивными частицами по-прежнему актуальна. Поэтому разрабатываются специальные конструкции с применением особых уплотнений и материалов, компоновок, обеспечивающих возможность быстрой замены изнашивающихся деталей, с фильтрацией перекачиваемых жидкостей и с промывкой чистыми жидкостями мест, подверженных износу от абразива. Однако, ресурс насосов для жидкостей с абразивом остается намного меньшим, чем для чистых жидкостей, а затраты на ремонт в несколько раз больше.

Для чистых и загрязненных жидкостей широко применяются центробежные насосы (водяные, шламовые, дренажные и др.) [3]. Возможности этих насосов снижаются, если нужно перекачивать вязкие жидкости, как чистые, так и содержащие частицы. Наибольшая вязкость, при которой на практике применяются центробежные насосы, равна 450–500 сСт [2,3]. Увеличение вязкости перекачиваемой среды изменяет характеристики насосов, испытанных на воде, если их используют для вязких жидкостей. При этом коэффициенты подачи и напора снижаются вдвое, а мощности удваиваются. Это свойство накладывает ограничения при проектировании технологического производства таким образом, чтобы перекачивать сильно разбавленные среды (в основном, водой) там, где хотелось бы перекачивать более густые жидкости. После перекачки продукт приходится отстаивать или выпаривать. Тратится много лишней энергии, усложняются технологические установки.

Для перекачивания более вязких сред используют объемные насосы: шестеренные, одно-, двух-, трехвинтовые насосы, а также шиберные, коловратные, мембранные, перистальтические (шланговые), поршневые и плунжерные [3, 4].

Шестеренные насосы из-за относительно низкой себестоимости часто используют для перекачивания абразивосодержащих сред, хотя в документации на насосы это запрещено, что оборачивается проблемами с ремонтом. Коловратные и шиберные объемные насосы по устойчивости к абразивосодержащим средам похожи на шестеренные.

Трехвинтовые насосы предназначены для чистых и вязких жидкостей. Однако по разным причинам используются и при перекачивании мазута с «песком», из-за чего возникает износ винтов, корпусных деталей и внутренних подшипников скольжения. Для задержки частиц применяют фильтры на всасывании, которые приходится чистить.

Одновинтовые насосы обычно предназначают для вязких и абразивосодержащих сред. Ресурс этих насосов зависит от

стойкости к абразиву винтов и, особенно, обойм, изготавливаемых из различных эластомеров (резин) [5]. Несмотря на усилия разработчиков, достигаемые надежность и долговечность невелики [3, 5].

Диафрагмы мембранных и шланги перистальтических насосов являются слабыми местами. Здесь также разрабатываются все новые материалы и особые конструкции для обеспечения безотказности. Разрыв мембраны или шланга приводит к попаданию продукта в приводную часть и к сложному ремонту. Иногда используются конструкции с вакуумной полостью между слоями шлангов или мембран. Из полости откачивают воздух, а специальный ниппель подсоединяется к датчику разрежения, сигнализирующему о повреждении упругих деталей. Понятно, что такие конструкции весьма сложны и дороги, но в некоторых случаях без них не обойтись [5].

Плунжерные и поршневые насосы давно используют для вязких и абразивосодержащих сред. Для придания долговечности здесь применяют особые покрытия для поршней и плунжеров все новые эластомеры для поршней и манжет. И все равно межремонтный период этих насосов невелик при сложной конструкции и большой цене. В этих насосах слабым местом являются еще и клапаны, износ или застревание которых иногда вызывает пульсации давления и гидроудары в трубах. Насос приходится останавливать и чистить.

Перечисленные объемные насосы обычно комплектуются перепускными клапанами, чтобы защитить насос при закрытии нагнетательной задвижки. Поэтому их элементы рассчитываются на кратковременную работу с давлением на 25% большим максимального по характеристике.

Многие одновинтовые, перистальтические, мембранные и поршневые (плунжерные) насосы самовсасывающие, т.е. могут откачивать воздух из всасывающего трубопровода, а затем перекачивать жидкость. Правда, самовсасывающие свойства сильно зависят от износа деталей проточной части, и потому эти свойства документацией обычно не нормируются. Иногда эти насосы применяют для приблизительного дозированного впрыска ингредиентов в технологических системах.

В 90-х годах прошлого века в США и с 2004 года в России освоен выпуск дисковых насосов (в России их называют «ламинарными» типа ОНЛ) [6]. Они способны перекачивать чистые и загрязненные, невязкие и вязкие среды. По конструкции эти насосы очень похожи на центробежные. Установка особого рабочего колеса, даже в корпус серийного центробежного насоса, иногда позволяет решать сложные задачи перекачивания как чистых, так и жидкостей с твердыми включениями с вязкостью до 300000 сСт [6, 7].

Однако ламинарные насосы обладают невысоким КПД, порядка 30–50%, но они надежны, неприхотливы к жидкостям, удобны для ремонта (как обычные центробежные

насосы). Удобство ремонтных работ заключается в отсутствии простоев, ненужности квалифицированных ремонтников (которых сейчас на производстве все меньше). Регулирование режима прикрытием задвижки или с помощью частотного преобразователя происходит так же, как и у центробежных. В этих насосах нет таких изнашивающихся элементов, как резиновые обоймы или карданные соединения. Нет мембран, шлангов, клапанов, и других элементов, как у рассмотренных выше объемных насосов.

Одинарное или двойное торцовое уплотнение, конструкция которого зависит от свойств перекачиваемой жидкости и режима работы, делают машины надежными. При увеличении вязкости их подача и напор возрастают, а потребляемая мощность удваивается только при вязкости 200–300 тысяч сСт [8].

На рис. 1 показаны поля режимов по подаче и напору ламинарных насосов разного назначения со «щадящим» перекачиванием или без него. Литера «р» в аббревиатуре ламинарных насосов ОНЛр указывает на наличие ребер в рабочем колесе. Рабочие колеса ламинарных насосов бывают двух видов: с ребрами или без ребер. Рабочие колеса без ребер обеспечивают щадящее перекачивание вспенивающихся жидкостей.

На рис. 2. показаны разрезы проточных частей ламинарных насосов с различным видом рабочих колес: с ребрами и без ребер.

За счет отсутствия ребер (рис. 2а.) режим течения в ламинарном насосе приближается к ламинарному. За счет этого не повреждается структура жидкостей, которым она свойственна. При турбулентном режиме неизбежно ее разрушение и потеря ценных качеств, что происходит в случае перекачивания жидкости центробежными насосами, лопасти рабочих колес которых разрушают структуру перекачиваемой среды. При перекачивании жидкостей, содержащих твердые включения, обеспечивается сохранение их формы, легко разрушаемой при ударе лопастями рабочих колес центробежных насосов (важно для очистки от включений). Известным фактом является и то, что ламинарные насосы обладают меньшим износом проточных частей, даже при перекачивании сред, содержащих абразивные включения [6].

На рис. 3 показан насос внешнего вида ламинарного насоса.

На рис. 4. представлена характеристика ламинарного насоса ОНЛ, полученная при перекачке воды насосом. КПД этого насоса в оптимальной точке 50%.

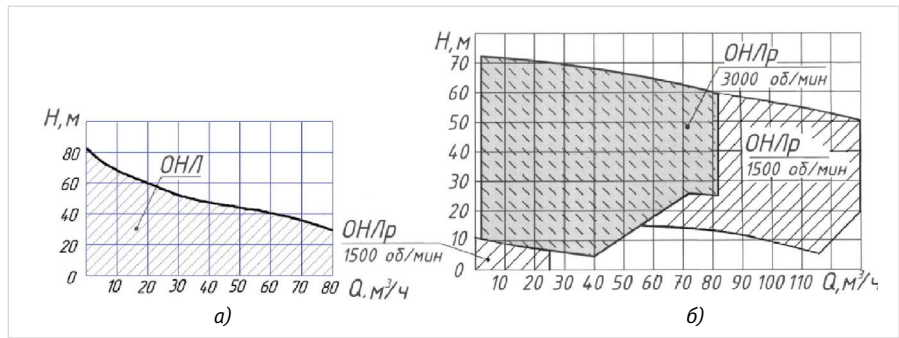


Рис. 1 — Поля режимов ламинарных насосов а) для щадящего перекачивания (ОНЛ); б) в отсутствии требований по «щадящему» перекачиванию (ОНЛр)

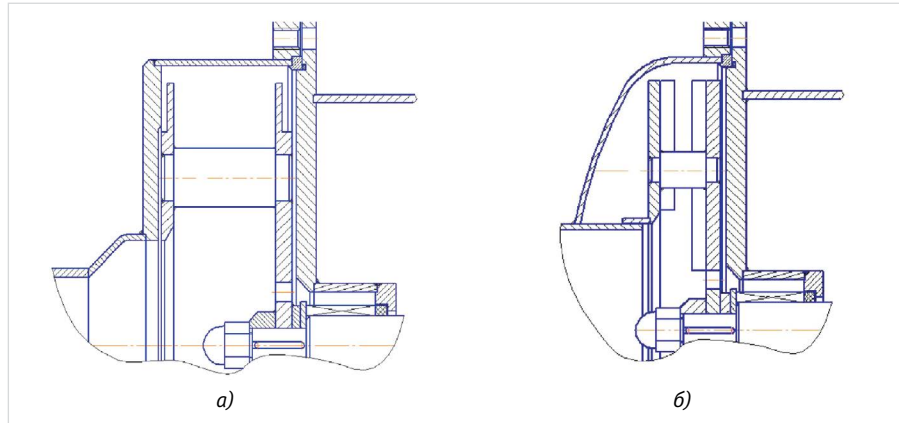


Рис. 2 — Разрез проточных частей ламинарных насосов: а) с ребрами; б) без ребер

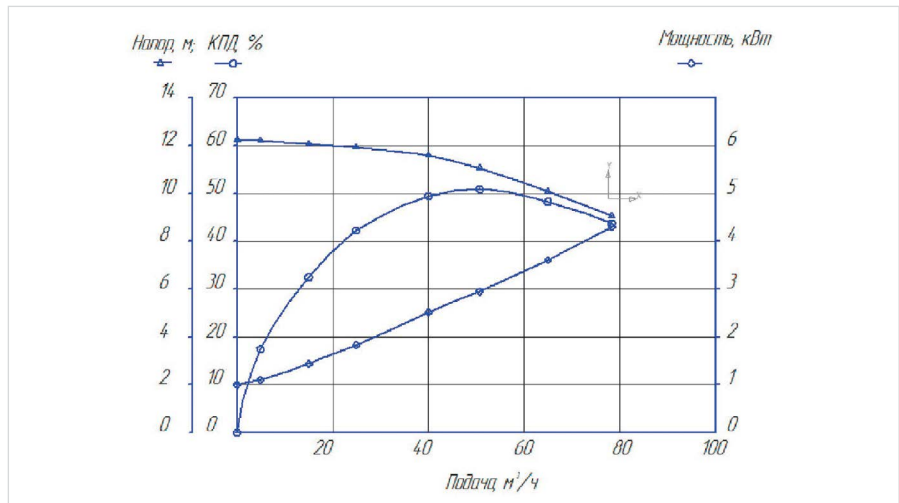


Рис. 4 — Характеристики насоса ОНЛ с двигателем 5,5 кВт при 1410 об/мин.



Рис. 3 — Моноблочная конструкция ламинарного насоса

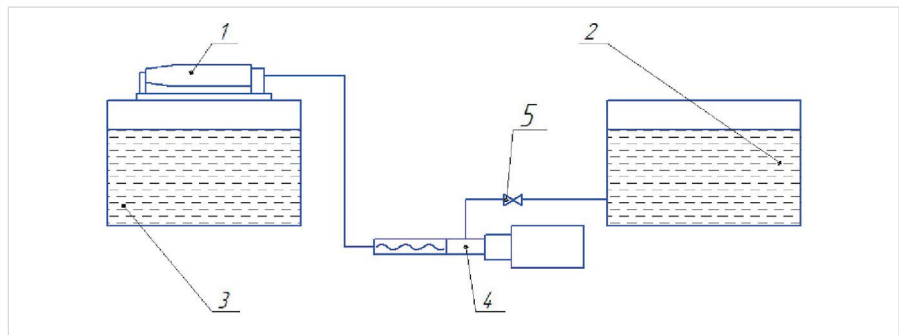


Рис. 5 — Схема установки для подачи отработанного раствора на очистку с помощью одновинтового насоса
1 — центрифуга; 2 — емкость для неработанного раствора; 3 — емкость для обработанного раствора; 4 — одновинтовой насос; 5 — задвижка

Ламинарные насосы ОНЛ уже применяются предприятиями, занимающимися добычей, транспортировкой и переработкой нефти и использованием нефтепродуктов, а также перекачиванием бурового раствора, откачкой шламов и осадков нефтепродуктов. Они перекачивают всевозможные вязкие добавки, загрязненный или слегка подогретый мазут. Кстати, перекачивание мазута с температурой 30–40°C, в принципе, позволяет сэкономить много тепла, расходуемого на подогрев мазутохранилищ [10].

В буровой технологии применяются импортные одновинтовые насосы. По оценкам, если заменить такой насос ламинарным, можно сэкономить немалые суммы, получить насос более надежный и удобный в ремонте. Рассмотрим реальную ситуацию, в которой можно было бы провести такую замену.

Отработанный буровой раствор, содержащий песок, камушки, глину и другие частицы выбуренной породы (шлам) вместе с остатками дорогого бурового раствора (бентонита с присадками) одновинтовым насосом подают в систему очистки, одной из ступеней которой является центрифуга, где из жидкости удаляются мелкие частицы и ненужные примеси [11]. Очищенный раствор подается дальше к буровым насосам. При этом используются импортные одновинтовые насосы, предназначенные для перекачивания абразивосодержащих вязких жидкостей. Эти насосы комплектуются вариаторами частоты вращения вала для подачи в центрифугу нужного количества жидкости. Типовая схема установки показана на рис. 5.

Вариатор одновинтового насоса имеет рукоятку управления, позволяющую получить

нужную частоту вращения ротора и, соответственно, нужную подачу. В процессе работы центрифуги оператор меняет частоту вращения и количество подаваемой жидкости.

К перечисленным выше слабым местам одновинтовых насосов обычно добавляются износ внутреннего карданного соединения и торцового уплотнения. Если оператор забывает вовремя отключить насос, то, откачав всю жидкость из емкости необработанного бурового раствора, насос работает «на сухую». При этом износ резинового статора винтовой пары, а также торцового уплотнения происходит очень быстро.

В качестве торцового уплотнения вала здесь лучше иметь двойное уплотнение, установленное по схеме «спина к спине», с подачей чистой затворной жидкости под давлением. К сожалению, одновинтовые насосы с таким уплотнением встречаются нечасто.

Исполнение с двойным торцовым уплотнением по схеме «спина к спине» с противодавлением чистой жидкостью является обычным для насосов ОНЛ (рис. 3). Поэтому их можно применять для замены импортных одновинтовых. Для регулирования подачи, кроме частотного преобразователя, можно использовать регулирующую задвижку на нагнетательной линии. При небольшом перепаде давления на задвижке долговечность ее будет приемлемой, а цена замены намного меньше, чем ремонта одновинтовых насосов. Такая схема показана на рис. 6.

Кроме этого способа регулирования подачи жидкости на центрифугу, можно применить устройство с подвижным регулирующим коленом при сливе излишков обратно в емкость с необработанным раствором (рис. 7).

Здесь не потребуются дорогой частотный преобразователь и изнашивающаяся регулирующая задвижка.

Описанные ламинарные насосы, наряду с шестеренными, винтовыми, шибберными, коловратными, поршневыми и другими насосами способны помочь различным производствам решить проблему с перекачиванием вязких и абразивных жидкостей. Ламинарные насосы — это еще один, сравнительно новый, инструмент для решения подобных задач. Выбор всегда остается за конструкторами, механиками и технологами. Материалы, представленные в данной работе, позволят механикам, технологам и конструкторам расширить знания о конструкциях, характеристиках и возможностях ламинарных насосов.

Итоги

Ламинарные насосы подтвердили свою эффективность при перекачивании вязких и абразивных жидкостей. Надежные и простые конструкции ламинарных насосов способны перекачивать мазут с песком, буровые растворы, шламы и т.д.

Выводы

Ламинарные насосы могут быть полезны в нефтяной промышленности для перекачивания вязких жидкостей, как чистых, так и с содержанием различных примесей и абразива. В работе рассмотрено применение ламинарного насоса для откачки бурового раствора.

Список литературы

1. Айзенштейн М. Д. Центробежные насосы для нефтяной промышленности. М.: Гостоптехиздат, 1957. 364 с.
2. Gulich J.F. Centrifugal pumps. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010. 964 p.
3. Nesbitt, B. Handbook of pumps and pumping. L.: Elsevier Science & Technology Books, 2006. 470 p.
4. Айтлер Й. От добычи тяжелой нефти до инъекции: объемные насосы справляются со всеми видами транспортировки в нефтяных и газовых месторождениях. GmbH: Dr. Harnish Verlags. 2014. V.1, issue 1, pp. 16–19.
5. Thompson Leah. In multiple oil and gas applications, disc pumps are the answer for handling harsh and abrasive pumpage. L.: Upstream pumping. 2011. Issue 2 (Spring). pp. 34–36.
6. Мисюра В. И. Дисковые насосы. М.: Машиностроение, 1986. 112 с.
7. Грабовский А. М., Иванов К. В., Цабиев О. Н. Основы расчета напорной характеристики дискового насоса для перекачивания вязких жидкостей // Строительство и архитектура. 1976. № 3. С. 156–160.
8. Schramm G. A practical approach to rheology and rheometry. Gebrueder HAAKE GmbH. 2006. 312 p.
9. Pacello J. Solving the problems of pumping medium-to-high density paper stock/ Benson S., Pacello J. L.: Elsevier World Pumps. 1997. Issue 368, May. pp. 68–71.
10. Малкин А. Я. Реология: концепции, методы, приложения. СПб.: Профессия, 2010. 556 с.
11. Глаголева О. Ф., Капустин В. М. Технология переработки нефти. М.: Химия, 2007. 400 с.

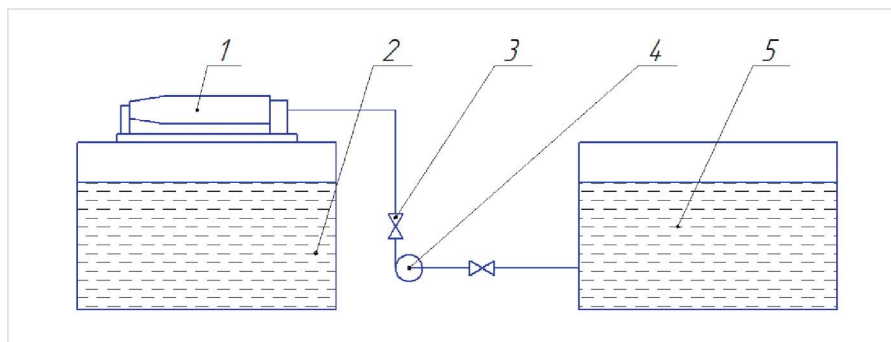


Рис. 6 — Схема установки очистки бурового раствора с ламинарным насосом
1 — центрифуга; 2 — труба подачи к центрифуге; 3 — регулирующая задвижка;
4 — ламинарный насос; 5 — емкость для необработанного раствора

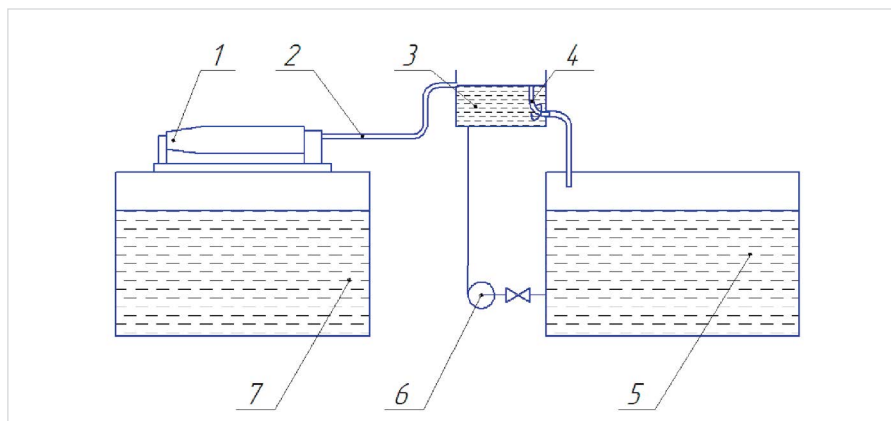


Рис. 7 — Схема установки с регулированием при помощи подвижного колена
1 — центрифуга; 2 — труба подачи к центрифуге; 3 — емкость промежуточная;
4 — регулирующее колено; 5 — емкость для необработанного раствора;
6 — ламинарный насос; 7 — емкость для обработанного раствора

Laminar pumps and new advanced technologies

UDC 621.69

Authors:

Victor A. Benderovich — technical director¹

Eduard D. Lunatsi — engineer¹; info@t2100.ru

Andrey V. Nozdrin — engineer¹

Anna E. Sheina — postgraduate², engineer¹

¹Ltd "P&S", Moscow, Russian Federation

²Moscow State Automobile & Road Technical State University, Moscow, Russian Federation

Abstract

Well known that pumps pumping abrasive liquids have a short lifetime. Laminar pumps (disk pumps), produced in Russian Federation, are able to pump high viscosity clean and abrasive liquids. Application of the laminar pumps could increase lifetime and reliability, decrease maintenance costs and labor works, improve technology process. The laminar pumps even could improve the quality of a pumping liquid during maintenance. Constructions and different applications cases

of the laminar pumps are given in this article.

Materials and methods

Practical applications of installed laminar pumps at different factories.

Results

Laminar pumps have proved their efficiency pumping viscosity and abrasive liquids. Laminar pumps which have reliable and simple constructions are able to pump black oil, mud fluid, mud and etc.

Conclusions

Laminar pumps could be used in oil industry to pump clean and abrasive viscosity liquids. An application of pumping mud fluid is given in this article.

Keywords

disk pumps, efficiency, laminar pumps, mechanical seals, reliability, viscosity liquids, viscosity

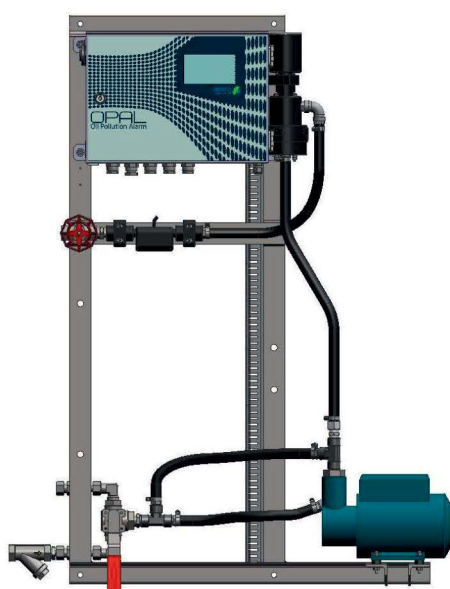
References

1. Ayzenshteyn M. D. *Tsentrobeznyye nasosy dlya neftyanoy promyshlennosti* [Centrifugal pumps for the oil industry]. Moscow: Gostoptekhizdat, 1957, 364 p.
4. Aytler Y. *Ot dobychi tyazhelyy nefti do inzhetskii: ob "emnye nasosy spravlyayutsya so vsemi vidami transportirovki v neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniyakh*. [From heavy oil production to injection: positive displacement pumps cope with all kinds of transportation of oil and gas fields]. GmbH: Dr. Harnish Verlags. Vol.1, issue 1, 2014, p 16–19.
5. Thompson Leah. In multiple oil and gas applications, disc pumps are the answer for handling harsh and abrasive pumpage. L.: Upstream pumping. 2011. Issue 2 (Spring). pp. 34–36.
6. Misyura V. I. *Diskovyye nasosy* [Disk pumps]. Moscow: Mashinostroenie, 1986, 112 p.
7. Grabovskiy A. M., Ivanov K.V., Tsabiev O.N. *Osnovy rascheta napornoy kharakteristiki diskovogo nasosa dlya perekachvaniya vyazkikh zhidkostey* [Basis for calculation of the capacity of the disc pump for pumping viscous liquids]. *Stroitel'stvo i arkhitektura*, 1976, issue 3, pp 156–160.
10. Malkin A. Ya. *Reologiya: kontseptsii, metody, prilozheniya* [Rheology: concepts, methods and applications]. SPb.: Professiya, 2010, 556 p
11. Glagoleva O.F., Kapustin V.M., *Tekhnologiya pererabotki nefti* [Oil refining technology]. Moscow: Khimiya, 2007, 400 p.

OPAL
НЕФТЕПРОДУКТЫ В ВОДЕ



SERES
environnement



- Анализатор содержания нефтепродуктов в воде OPAL.
- Предназначен для технологического контроля содержания нефтепродуктов в воде и выявления аварийных ситуаций.
- Взрывозащищенное исполнение.
- Непрерывный постоянный контроль.
- Принцип измерения — инфракрасный оптический.
- Диапазон измерения от 0 до 100 ppm (мг/л).
- Успешно эксплуатируется на технологических установках НПЗ РФ.



ООО «АРД Групп»

г. Рязань, 390022,
196 км. (Окружная дорога),
д.12, оф.23

Тел. +7 (4912) 30-05-29
Моб: +7 (964) 158-31-21
+7 (906) 64-88-999

E-mail: info@ardgrupp.ru
a.levchenkov@ardgrupp.ru