



## НОВЫЕ ПОГРУЖНЫЕ ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ НАСОСЫ СО СТУПЕНЯМИ ИЗ СЕРОГО ЧУГУНА В ДВУХОПОРНОМ ИСПОЛНЕНИИ

**ТРУЛЕВ Алексей Владимирович**  
Начальник отдела разработки ЦИИР ЗАО «Римера», к.т.н.

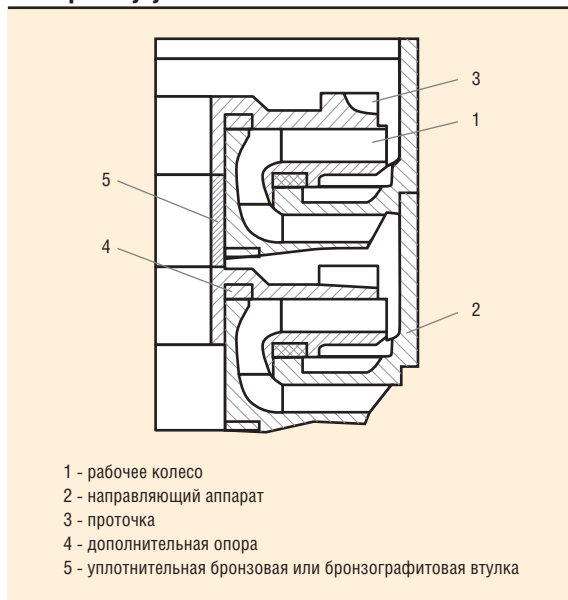


**САБИРОВ Альгинат Азгарович**  
Начальник отдела технического маркетинга ЦИИР ЗАО «Римера»

**Д**о начала двухтысячных годов погружные центробежные насосы российского производства комплектовались рабочими ступенями из серого чугуна. Серый чугун по совокупности коррозионной и износостойкости находится согласно ЕТТ 6.0 ПАО «НК «Роснефть» в одной группе стандартного исполнения Н1 с порошковыми сталями, например ЖГр1Д15(20). Для увеличения наработки погружного центробежного насоса на отказ при добыче пластовой жидкости с высоким содержанием абразивных механических примесей специалисты ОАО «АЛНАС» (входит в Группу компаний «Римера») изменили конструкцию серийной одноопорной ступени из серого чугуна, разработав ступень двухопорной конструкции, рабочее колесо и направляющий аппарат из серого чугуна. Новая геометрия проточной части позволила увеличить напор ступеней в среднем на 20-30%, а КПД – на 5-7%. За счет второй опоры и полноразмерной ступицы ресурс ступеней увеличен в среднем на 30%.

За последние годы условия эксплуатации скважин на месторождениях Российской Федерации ухудшились, залежи с благоприятными условиями эксплуатации вступают в позднюю стадию разработки [1]. При этом широко применяемые в настоящее время технологии интенсификации добычи пластовой жидкости, такие как гидравлический разрыв пласта (ГРП) и эксплуатация скважин с забойным давлением ниже давления насыщения, увеличивают не только добычу нефти, но и вынос механических примесей, включая пла-

**Рис. 1. Ступень двухопорной конструкции из серого чугуна**



- 1 - рабочее колесо
- 2 - направляющий аппарат
- 3 - проточка
- 4 - дополнительная опора
- 5 - уплотнительная бронзовая или бронзографитовая втулка

стовый песок [2]. Наличие абразивных частиц в пластовой жидкости входит в число основных отрицательных факторов, значительно осложняющих работу и снижающих ресурс установок электроцентробежных насосов (УЭЦН).

Для защиты погружных ЭЦН от абразивных частиц применяются десендеры, фильтры, вихревые и центробежные сепараторы механических примесей [3]. Один из недостатков данного оборудования состоит в том, что механические примеси остаются в скважине, и, если это не единичные пиковые выбросы, после определенного времени работы приходится поднимать установку и чистить скважину. С этой точки зрения очевидна целесообразность выноса механических примесей погружным ЭЦН на поверхность.

Серийные ступени из серого чугуна традиционно изготавливаются в качестве одноопорной конструкции в трехдетальном исполнении с целью исключения пары трения чугун – чугун. При этом радиальный зазор между ступицами колеса и аппарата не защищен от попадания механических примесей. На каждое рабочее колесо в ступени действует высокая осевая сила, тогда как конструктивные элементы для ее снижения отсутствуют. Недостаточно высоки и энергетические характеристики (напор и КПД), что свидетельствует о наличии вихревых зон, в которых происходит потеря полезной энергии, нагрев и эрозионный износ элементов проточной части.

Наиболее слабым местом в одноопорных ступенях оказывается радиальная пара трения, не защищенная от попадания механических примесей. В результате гидроабразивного износа радиальный зазор увеличивается, что приводит к снижению объемного КПД ступени и увеличению затрачиваемой мощности погружного насоса. Также это приводит к повышению вибрации и снижению ресурса установки.

### ДВУХОПОРНАЯ КОНСТРУКЦИЯ СТУПЕНИ

В целях повышения наработки оборудования [4], увеличения надежности работы насоса при наличии механических примесей в пластовой жидкости специалисты ОАО «АЛНАС» изменили конструкцию серийно выпускаемой одноопорной ступени из серого чугуна, разработав ступень двухопорной конструкции (рис. 1).

Рабочее колесо (1) и направляющий аппарат (2) ступени изготовлены из серого чугуна. На внутреннем диаметре ступицы направляющего аппарата со стороны ступицы рабочего колеса изготовлена проточка, диаметр которой заведомо больше наружного диаметра ступицы рабочего колеса. На валу для каждой ступени установлена уплотнительная бронзовая или бронзографитовая втулка (5), длина которой не менее 50% длины ступицы направляющего аппарата. Цель-



**СИБИРЕВ Сергей Владимирович**  
Директор ЦИИР ЗАО «Римера»

нолитые рабочие колеса изготавливаются с дополнительным лопаточным венцом оригинальной конструкции на ведущем диске. Венец позволяет в два-три раза снизить осевую силу, действующую на рабочее колесо, привести ее к оптимальному значению.

На новые технические решения получены патенты [6, 7]. На рис. 2 приведено трехмерное изображение ступеней в разрезе.

Новая геометрия проточной части позволила увеличить напор в среднем на 20-30%, КПД на 5-7%. В свою очередь, за счет второй опоры и полноразмерной ступицы ресурс ступеней увеличен в среднем на 30% за счет снижения удельной нагрузки в осевом и радиальном направлениях, а также за счет того, что устраняется попадание механических примесей в радиальную пару трения в каждой ступени.

При эксплуатации УЭЦН эрозийный износ происходит под воздействием абразивных частиц (механических примесей), движущихся с потоком пластовой жидкости. Механические примеси и пыль, состоящая из кварцевых и других твердых частиц, по твердости превосходящих металл рабочих поверхностей ступени, вызывают истирание элементов проточной части. Разрушению подвергаются детали и их поверхности, не входящие в механический контакт с другими деталями («промывы»). Физическая природа «промыва» заключается в воздействии на поверхность детали вихреобразного потока жидкости. Кроме того, процесс разрушения усиливается наличием в жидкости абразивных частиц и химически активных веществ [5].

**Рис. 2. Ступени двухопорной конструкции в разрезе**



Производственно-техническая конференция  
**Сбор, подготовка и транспорт продукции скважин.  
Утилизация попутного нефтяного газа '2017**

**Цель программы:** обмен опытом и анализ внедрения новых подходов, технологий, оборудования и химреагентов в области эксплуатации систем сбора, подготовки и транспорта нефти, газа и воды. Особое внимание будет уделено таким вопросам, как снижение содержания серы в нефти; повышение качества подготовки подтоварной воды перед закачкой в пласт, новые технологии разрушения стойких водонефтяных эмульсий, подготовка и транспорт нефти с высоким содержанием АСПВ.

**10-12 октября  
2017 г.,  
г. Казань**

По всем вопросам об участии, пожалуйста, обращайтесь к Елене Беляевой  
Горячая линия: +7 (903) 580-85-63, 580-94-67  
E-mail: info@glavteh.ru Вебсайт: www.glavteh.ru  
Тел./факс: +7 (495) 371-01-74, 371-05-74

**GLAVTEH.RU**

Заметное увеличение гидравлического КПД в новых ступенях произошло за счет снижения потерь на вихреобразование, что привело к снижению эрозионного износа элементов проточной части. Повышение КПД также существенно снижает затраты на электроэнергию.

Увеличенный напор при той же монтажной высоте ступени, увеличивает напорность изделия, соответственно, на 20-30% сокращены длина насоса и число секций. Более короткие установки, которые можно спускать в искривленные скважины, позволяют снизить вероятность повреждения кабеля при спуске и подъеме.

### ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ

Экономическая привлекательность для потребителя заключается в снижении первоначальных затрат на приобретение оборудования, его транспортировку, хранение, ремонт и обслуживание. Существенно снижена совокупная стоимость владения оборудованием. В условиях снижения цен на нефть это позволит заметно увеличить маржинальную рентабельность добычи пластовой жидкости.

В ОАО «АЛНАС» ступени из серого чугуна отливаются по тем же пресс-формам, что и ступени из нирезиста. Соответственно, сокращены затраты на литейную оснастку, так как применяется одна пресс-форма для литья ступеней из нирезиста и серого чугуна. Практически не требуется перестраивать станки для механической обработки. Унификация литья и механической обработки позволяет сократить сроки его поставки.

В насосе увеличено число промежуточных подшипников, которые установлены не через один метр, а через полметра. Это позволяет снизить скорость износа радиальных пар трения ротора.

### ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ

В феврале 2014 года на ОАО «АЛНАС» проходил технический аудит ПАО АНК «Башнефть». В ходе аудита установлено, что ОАО «АЛНАС» соответствует ТТ ПАО АНК «Башнефть» в новой номенклатуре насосов в группе исполнения Н1. Было принято решение участвовать в тендере. Насосы прошли испытания в ПАО «АНК «Башнефть» с положительными отзывами, что позволило Компании ввести в свои Технические требования данные конструктивные исполнения в сером чугуне.

ОАО «АЛНАС» в 2014-2016 годах поставило ПАО «АНК «Башнефть» 360 УЭЦН данного типа, конструктивных замечаний не выявлено. На основе успешных результатов работы, оборудование передано в серийное производство.

В 2017 году мы представляем на рынке двухопорную ступень 5-го габарита из серого чугуна с оптимальной подачей 20 м<sup>3</sup>/сут и шириной каналов проточной ча-

сти, как у ступени производительностью 125 м<sup>3</sup>/сут. Аналогом данной продукции можно считать предложение компании «Шлюмберже» (Schlumberger) – насосы с широким рабочим диапазоном работы. Эксплуатацию скважин с дебитом 25 м<sup>3</sup>/сут предлагается вести насосами с оптимальной подачей 125 м<sup>3</sup>/сут. При этом номинальная подача составляет 20% от оптимальной подачи.

Согласно API 610 (стандарт надежности и безопасности, разработанный Американским институтом нефти для насосов с торцевыми уплотнениями для нефтяной и нефтеперерабатывающей промышленности), рекомендованная зона работы насоса лежит в пределах от 70 до 110% от оптимальной подачи. Допускается лишь кратковременная работа с подачей 50-70% от оптимальной.

При работе за пределами рекомендуемой зоны возникают обратные токи, которые приводят к пульсациям давления и вибрации, увеличению осевой и радиальной силы, которая действует на рабочее колесо каждой ступени. Кроме того, при работе на подаче менее 50% от оптимальной деградирует напорная характеристика, возникает вероятность помпажа, образования газовой пробки и срыва подачи даже при наличии небольшого количества свободного газа на входе в насос. Наши ступени лишены указанных недостатков. ♦

### ЛИТЕРАТУРА

1. Якимов С.Б. О перспективах использования радиально стабилизированных компрессионных электроцентробежных насосов для повышения эффективности эксплуатации скважин пластов группы АВ Самотлорского месторождения // Территория «НЕФТЕГАЗ». 2016. №6. С. 78–86.
2. Якимов С.Б. О выборе технологии защиты подземного оборудования от песка с учетом динамики его выноса при запуске скважин на Самотлорском нефтяном месторождении // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. 2013. №6. С. 81-89.
3. Якимов С.Б. Сепараторы песка для защиты погружных насосов // Территория «НЕФТЕГАЗ». 2014. №2. С. 44–57.
4. Косилов Д.А. Повышение эффективности управления мехфондом скважин в текущих макроэкономических условиях/ Механизированная добыча // Материалы специализированной секции конференции ПАО «НК «Роснефть». – М., 2015. – С. 8-11.
5. Смирнов Н.И., Смирнов Н.Н., Горланов С.Ф. Научные основы повышения ресурса УЭЦН для малодобитных скважин // Инженерная практика. 2010. №7. С. 18-21.
6. Пат. №2449176 РФ. Ступень погружного многоступенчатого центробежного насоса / А.В. Трулев [и др.]. Дата подачи заявки 12.07.2010, опубликовано 27.04.2012 г.
7. Пат. №2564742 РФ. Погружной многоступенчатый центробежный насос / А.В. Трулев [и др.]. Дата подачи заявки 12.03.2014, опубликовано 10.10.2015 г.