

## АНАЛИЗ ПАРЫ ТРЕНИЯ КОНСТРУКЦИИ ЭЦН

Ледков А.О.

Научный руководитель – профессор Макушкин Д.О.

*Сибирский федеральный университет*

Насосный способ добычи нефти является заключительным этапом эксплуатации скважины. Применяются штанговые и бесштанговые насосные установки. Штанговая скважинная установка состоит из станка-качалки (силового привода), колонны штанг, колонны насосно-компрессорных труб и скважинного насоса, бесштанговая установка имеет колонну насосно-компрессорных труб, скважинный насос и его привод (электро-, пневмо или гидропривод). Основной недостаток штангового насоса – расход значительной мощности на поднятие колонны штанг, а также повышенный износ эксплуатационной колонны. Выбор насосной установки зависит от следующих факторов: обводнённости скважины, вязкости нефти, профиля ствола скважины и т.д. В США и ряде других стран преобладают штанговые насосные установки, например в США они обслуживают 500 тысяч скважин. В России распространены установки электроцентробежных насосов (УЭЦН), ими оснащено примерно 80,5 тысяч скважин, или свыше 35% от общего количества, а установками штанговых насосов (УШН) около 66 тысяч скважин. Такая разница в подходе выбора установок при нефтедобыче определяется, прежде всего: стоимостью насоса (УЭЦН стоит дешевле УШН), объемом добываемого продукта (УЭЦН добывает больше нефти, чем УШН), временем эксплуатации (УШН может эксплуатироваться около 50 лет). Для УЭЦН по сравнению с УШН характерно: большая мощность, меньшие удельные затраты энергии, создаваемое высокое давление, простота монтажа наземного оборудования, высокий показатель КПД (до 0,35), большая приспособленность для автоматизации и телеуправления работы установки.

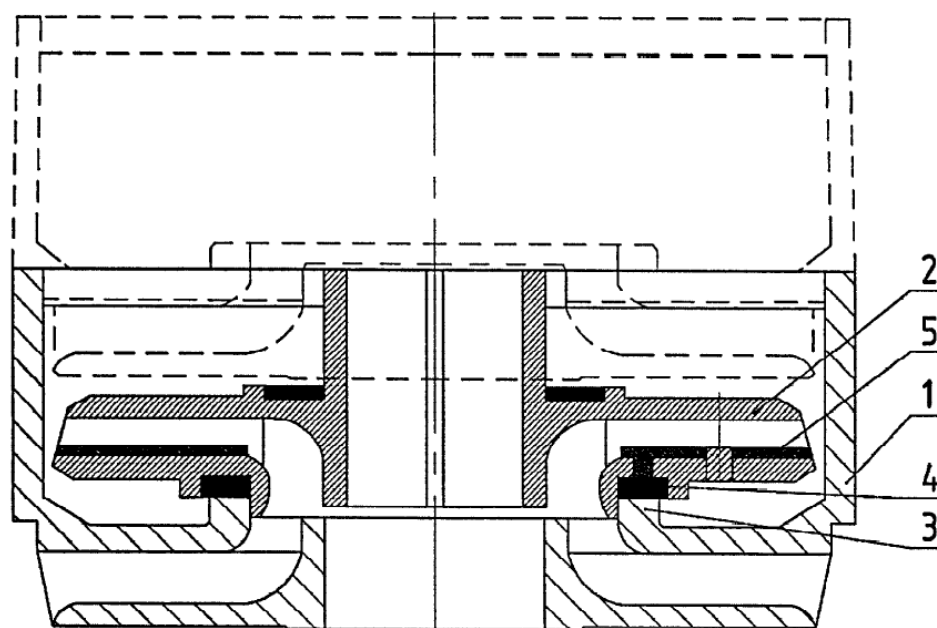
В УЭЦН используются лопастные насосы центробежного типа. Их основными преимуществами являются: создание необходимого напора при небольшом размере насоса, высокий КПД и надёжность. Основным недостатком УЭЦН является относительно небольшой ресурс работы, а так же сложность в обслуживании. Это обусловлено условиями, в которых он работает, высокое содержание механических примесей, твёрдой фазы, газового фактора. Всё это отрицательно влияет на рабочие органы скважинного насоса. В первую очередь изнашиваются поверхности трения осевых и радиальных опор, уплотнения, поверхности каналов, контактирующие с потоком перекачиваемой жидкости. Повышение долговечности и надёжности рабочих органов достигается путём уменьшения осевой силы, действующей на рабочие колёса, усиления пары трения опор, использования износ- и коррозионностойких материалов, повышение точности изготовления и сборки рабочих колёс.

Рабочим органом скважинного центробежного насоса является ступень, она содержит (рис.1) направляющий аппарат 1, рабочее колесо 2, опорный бурт 3, антифрикционную шайбу 4, металлический диск 5.

В ЭЦН, ступени отличаются друг от друга конструктивным исполнением, а также материалами рабочих органов, пар трения и другими элементами. Для снижения износа осевой опоры ступени насоса между нижней опорной поверхностью рабочего колеса и опорной поверхностью направляющего аппарата устанавливают антифрикционную шайбу, образующую с опорной поверхностью направляющего аппарата пару трения.

Нами проведён поиск конструктивных решений пары трения ступени погружного центробежного насоса, с целью выбора наиболее оптимальной пары трения. Известна текстолитовая антифрикционная шайба, запрессованная в расточку рабочего колеса. Текстолитовые шайбы не обладают в полной мере износостойкостью, механической прочностью и химической стойкостью, требуемой для обеспечения надёжной работы тяжёлонагруженных и высокоскоростных узлов трения. Текстолиты, содержащие в своём составе хлопчатобумажную ткань, не обладают стойкостью к воздействию химически агрессивных веществ, содержащихся в пластовой жидкости, а использование стеклотекстолитовых антифрикционных шайб приводит к быстрому износу ответной металлической поверхности пары трения вследствие абразивного воздействия стекловолокна.

Наибольший эффект получен при использовании антифрикционных шайб из самосмазывающихся композиционных полимерных материалов. Известны антифрикционные композиционные полимерные материалы, состоящие из термореактивного полимерного связующего, волокнистых и твердосмазочных наполнителей, например патент РФ №2137790, 20.09.1999, патент РФ №2215206, 27.10.2003. Недостатком данных технических решений является повышенная жёсткость композиционного полимерного материала, что приводит к неэффективной притирке контактируемых поверхностей, сколам и разрушению конструкции антифрикционной шайбы.



1 - направляющий аппарат, 2 - рабочее колесо, 3 - опорный бурт,  
4 - антифрикционную шайбу, 5 - металлический диск.

Рисунок 1 – Ступень погружного центробежного насоса

Известно решение предприятия ООО «Борец» (патент №2215206) в котором пара трения состоит из двух деталей, при этом, поверхностная часть первой детали со стороны второй детали выполнена из композиционного материала, представляющего собой монолитную структуру, состоящую из термореактивного полимерного связующего и, по крайней мере, одного слоя полиэфирного волокнистого наполнителя. Поверхностная часть второй детали со стороны первой детали выполнена из сплава железа, содержащего свободный углерод. Ступень насоса содержит направляющий аппарат, рабочее колесо и, по крайней мере, одну антифрикционную износостойкую шайбу, выполненную из описанного выше композиционного материала. Шайба зафиксирована на

одной из деталей с возможностью скольжения по опорной поверхности второй детали, выполненной из сплава железа, содержащего свободный углерод. Преимущество состоит в том, что пара трения достаточно износостойкая и ступени погружного многоступенчатого центробежного насоса с этой парой трения, хорошо подходит для работы в скважинах с высоким содержанием механических примесей в перекачиваемой жидкости, а также в условиях повышенной температуры и химической агрессивности пластовой жидкости. Недостатком данного решения является локальный нагрев композиционного материала шайбы при значительных нагрузках и скоростях скольжения, что может привести к её размягчению и деструкции. Это связано с низкой теплопроводностью, а также небольшой поверхностью теплоотвода.

Известна пара трения (патент № 2395 011), в которой одна деталь выполнена из металла, а вторая - из композиционного полимерного материала, дополнительно содержащего фторорганические поверхностно-активные вещества. Антифрикционная шайба установлена в сквозной расточке покрывного диска рабочего колеса с возможностью контакта с металлическим диском, расположенным между основным и покрывным дисками рабочего колеса, выполненными из композиционного полимерного материала, и жёстко соединенным с ними. Преимуществом технического решения является повышение износостойкости пары трения вследствие увеличения поверхности теплоотвода, за счёт контакта с металлическим диском. Увеличение стоимости ступени насоса составит основной недостаток конструкции.

Известна ступень погружного многоступенчатого центробежного насоса по патенту РФ №2220327, кл. F04D 29/02, 27.12.2003. Ступень насоса содержит направляющий аппарат и рабочее колесо, выполненное в виде единого целого с втулкой. Внешняя цилиндрическая поверхность втулки образует пару трения с соответствующей внутренней цилиндрической поверхностью направляющего аппарата. Направляющий аппарат выполнен из спечённого пористого металлического материала и пропитан сплавом с высоким содержанием меди, а колесо с втулкой - из литейного чугуна нирезиста. Между колесом и направляющим аппаратом установлены антифрикционные шайбы, изготовленные из текстолита. Такое выполнение ступени, где детали выполнены из металла, кроме шайб, делают конструкцию металлоёмкой, при этом направляющий аппарат выполнен из порошка и требует пропитки сплавом меди. Конструкция обладает повышенной себестоимостью. Металлические элементы в агрессивной среде скважины подвержены коррозии. Взаимодействие двух металлических втулок между собой в агрессивной среде скважины, в которой присутствуют взвешенные механические частицы, приводит к их изнашиванию.

В патенте №2 274 769 ступень содержит рабочее колесо с втулкой и направляющий аппарат, состоящий из стакана, верхнего диска, металлической втулки, нижнего диска и лопастей, при этом рабочее колесо с втулкой, планшайба, лопасти и крышка выполнены из пластмассы. Недостаток изобретения: такое выполнение ступени делает конструкцию металлоёмкой, с повышенной себестоимостью. Металлические элементы в агрессивной среде скважины подвержены коррозии. Между нижним диском рабочего колеса и верхним диском предыдущего направляющего аппарата скапливаются механические примеси, песок. Преимуществом конструкции является то, что ступень погружного насоса за счёт выполнения направляющего аппарата составным и комбинированным, где в подвижном соединении (две втулки) применяется металл и пластмасса, позволит снизить себестоимость, повысить износостойкость и увеличить межремонтный срок. Недостатком конструкции является её сложность изготовления.

Наиболее лучшей конструкцией на наш взгляд, является пара трения состоящая из рабочего колеса с антифрикционной шайбой и направляющего аппарата. Причём рабочее колесо и направляющий аппарат должны быть из разного материала для обеспе-

чения меньшей массы насоса, уменьшения их механического и коррозионного износа и т.д. Рабочее колесо и антифрикционная шайба должны быть выполнены как две самостоятельные детали, причём антифрикционная шайба для максимального охлаждения поверхности трения должна иметь дополнительную поверхность охлаждения, например, на поверхности рабочего колеса. Антифрикционная шайба должна быть изготовлена из композиционного материала с фторорганическими поверхностно-активными веществами (ПАВ), это способствует равномерному и плотному распределению частиц наполнителя на поверхности трения, осуществляется режим безрасходной смазки. Также фторорганические ПАВ обладают высокой проникающей способностью, заполняют все микropоры и микротрещины. Такое выполнение пары трения позволит увеличить надёжность, ресурс работы, ремонтпригодность, уменьшить металлоёмкость и стоимость насоса.