

Способ извлечения деталей из корпуса многоступенчатого нефтяного центробежного насоса на стенде

*В. В. Червов¹**

¹ Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск, Российская Федерация
* e-mail: chervov@misd.ru

Аннотация. При ремонте нефтяных центробежных насосов необходима их полная разборка с удалением стальных деталей из цилиндрического стального корпуса, изготовленного из стальной толстостенной трубы. В этой статье описана технология извлечения стальных деталей из трубы с использованием пневматического молота с относительно небольшой массой ударной части в 40 кг. Для реализации способа полной разборки скважинного центробежного насоса используется устройство, которое содержит направляющую раму. На ней друг за другом расположены и прижаты к друг к другу пневмомолот, насадка с коническими посадочными поверхностями, отрезок трубы с боковым окном и ступенчатый фланец. Последний прижат к торцу корпуса насоса, который другим торцом уперт в энергопоглотитель, закрепленный на направляющей раме. Оно снабжено штоком, установленным в сквозном отверстии энергопоглотителя и в отверстии указанного корпуса с возможностью взаимодействия одним концом с деталями в нем, а другим концом соединенного с приводом штока.

Ключевые слова: пневматический молот, насадка, расход воздуха, удар, частота, масса, энергия удара, труба

The method to remove parts from the multi-step oil well centrifugal pump housing on a workbench

*V. V. Chervov¹**

¹ Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia
* e-mail: chervov@misd.ru

Abstract. Repair of centrifugal oil pumps requires their total tear-down, with removal of steel parts from the cylindrical housing made of thick-walled steel tubes. This paper describes the technology of removal of steel parts from the tube using an air-driven hammer with a piston of relatively small weight of 40 kg. The complete tear-down of the deep-well centrifugal pump is implemented using a facility with a guiding frame. The frame accommodates the mutually appressed air-driven hammer, a nozzle with a conical seating surface, a tube section with a side window and a stepped flange adaptor. The latter is pressed to the end face of the pump housing. The other end of the housing is butted on the energy sink fastened on the guiding frame. The described facility has a rod passed through the open end hole in the energy sink and along the opening of the housing, which interacts with the parts in the housing via one end and with the drive via the other end.

Keywords: air-driven hammer, nozzle, air flow rate, blow, frequency, mass, blow energy, tube

Эксплуатация нефтяных скважин с большим дебитом основана на использовании центробежных насосов [1–4]. При средних и больших отборах жидкости (более 500 м³/сутки) нефтяные центробежные насосы являются наиболее эконо-

мичным и менее трудоемким в обслуживании оборудованием для подъема пластовой жидкости. Центробежный насос на стальных насосно-компрессорных трубах опускается в скважину ниже уровня добываемой жидкости и приводится в действие расположенным под насосом электродвигателем. Электроэнергия к двигателю подводится по специальному кабелю. Размещение двигателя рядом с насосом позволяет развивать большие мощности. Скважинный центробежный насос имеет полезную мощность более 100 кВт при напоре 1000 м и обсадной колонне диаметром 168 мм.

Основные детали скважинных центробежных насосов изготавливают из стойких к коррозии материалов. Это наиболее важно при подъеме из нефтяной скважины жидкости с повышенной коррозионной активностью.

Межремонтный период работы скважинных центробежных насосов составляет в среднем 260 – 320 суток [5, 6]. При средних и больших отборах он больше, чем у штанговых.

Установка скважинного центробежного насоса (рис. 1) включает в себя гидрозащитный компенсатор, погружной электродвигатель, гидрозащитный протектор 3, многосекционный насос ЭЦН, плоский и круглый кабели, которые крепятся стальными поясами к насосно-компрессорным трубам НКТ, обратный клапан, который облегчает условия запуска насоса после его остановки, и спускной клапан, который позволяет слить жидкость из насосно-компрессорных труб для облегчения подъема насоса ЭЦН, оборудование устья скважины, станцию управления, трансформатор и различное вспомогательное оборудование. Скважинный электрический насосный агрегат опускают на колонне насосно-компрессорных труб. Электроэнергию к погружному электродвигателю подводят по круглому кабелю, идущему с поверхности вдоль насосно-компрессорных труб до насосного агрегата и переходящего затем в плоский кабель. Плоский кабель применяется для уменьшения общего диаметра скважинного электрического насосного агрегата и обеспечения свободного спуска и подъема насоса без его повреждения. Вместо круглого можно применить по всей длине плоский кабель соответствующего сечения [7, 8].

Установки скважинных центробежных насосов (УЭЦН) предназначены для эксплуатации в скважинах с различным внутренним диаметром обсадных колонн – от 121.7 мм до 148.3 мм.

Ограничение диаметров скважинных электронасосных агрегатов приводит к необходимости увеличения длины агрегатов при мощностях электродвигателей до 250 кВт. Диаметры агрегатов находятся в пределах 116–142.5 мм, длина агрегатов - более 25 м (рис. 2).

Основными элементами электроцентробежного насоса (ЭЦН) являются рабочее колесо 2 (РК) и направляющий аппарат (отвод) 1 (рис. 3). Задачей рабочего колеса (РК) является повышение кинетической и потенциальной энергии потока жидкости за счет его разгона в лопаточном аппарате колеса центробежного насоса и повышения давления. Для малых габаритных размеров в установках центробежных насосов для добычи нефти отводы всегда выполняются в виде лопаточных направляющих аппаратов (НА). Основными функциями направляю-

шего аппарата являются отбор жидкости от рабочего колеса, снижение скорости потока жидкости с одновременным повышением давления за счет превращения кинетической энергии в потенциальную, передача потока жидкости к следующей ступени или в нагнетательный патрубок.

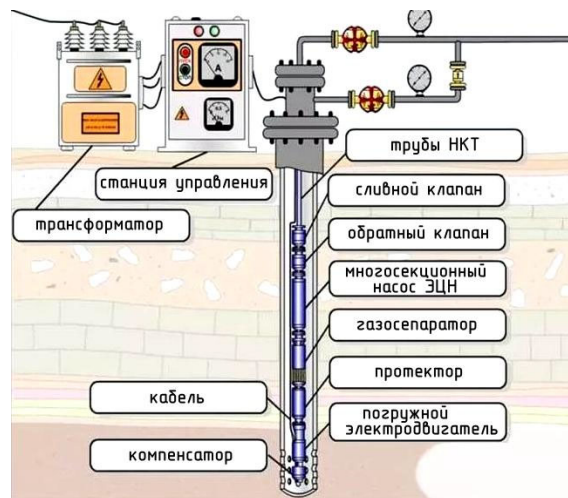


Рис. 1. Установка скважинного центробежного насоса (УЭЦН) для подъема жидкости



Рис. 2. Многосекционный электроцентробежный насос ЭЦН.

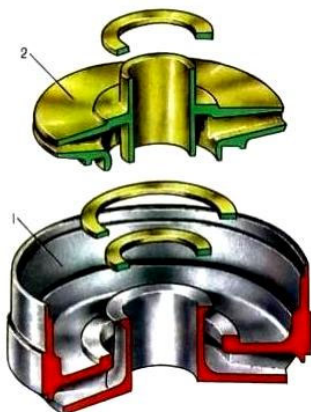


Рис. 3. Ступень и конструкция ЭЦН.

Ступени ЭЦН располагаются на общем приводном валу последовательно в корпусе (толстостенной трубе). Наружный диаметр корпуса ЭЦН чаще всего имеет три размера: 92.5 мм; 102 мм и 103.5 мм.

При ремонте и восстановлении ЭЦН требуется извлечение всех рабочих колес и направляющих аппаратов из корпуса. В результате попадания песка в зазор при длительной эксплуатации ЭЦН извлечение направляющих аппаратов НА, расположенных с минимальными зазорами по внутренней поверхности толстостенной трубы, представляет собой значительную трудность. Для их извлечения требуется разрушение песчинок до более мелких фракций путем их перемалывания. Но приложить значительные усилия к каждому НА, требуемые для разрушения песка и извлечения деталей из толстостенной трубы, на практике оказалось трудной задачей.

При бестраншейной прокладке подземных коммуникаций встречается аналогичная по технической сложности задача – это очистка полости стальной трубы от уплотненного грунтового керна после забивания трубы с открытым передним концом на всю проектную длину перехода. Для решения этой задачи изобретен способ очистки трубы при одновременном встречном воздействии удара и статического давления на керн [9]. Этот способ обеспечивает надежное удаление грунта как при больших диаметрах труб 273–530 мм, так и при малых диаметрах 40–100 мм [10].

Большие усилия, приложенные к первому (крайнему в ряду) НА приводят к разрушению НА и повреждению внутренней цилиндрической поверхности корпуса. В результате толстостенный корпус становится непригодным для дальнейшего использования. Поэтому основным способом разборки ЭЦН, применяемым в ремонтном производстве, является нанесение удара то торцу трубы (корпуса) путем его сбрасывания с высоты более 1 м на жесткую поверхность. В результате сбрасывания с высоты после удара корпус получает резкое торможение, а внутренние детали под действием сил инерции перемещаются в направлении выхода. Возникающие внутренние напряжения в посадке между корпусом и направляющим аппаратом вызывают разрушение частиц песка и способствуют извлечению деталей из полости трубы.

Устройство для сбрасывания корпуса ЭЦС с высоты должно иметь большие габариты по высоте. Кроме этого, необходим механизм для поворота корпуса в вертикальное положение, подъем и сбрасывание его с высоты. Частота ударов при сбрасывании низкая при значительных капиталовложениях.

Предлагается способ извлечения стальных деталей из трубы с использованием пневматического молота с относительно небольшой массой ударной части в 40 кг. Пневматический молот с переменной структурой ударной мощности при минимальной частоте ударов [11] который позволяет для своей работы применить компрессор с производительностью сжатого воздуха всего 3 куб.м в мин. При горизонтальной работе номинальная частота ударов пневмомолота находится в диапазоне 2.5–5.8 Гц при расходе воздуха 3.6–6.5 м³/мин. Но как показали исследования опытных образцов, нижняя граница устойчивой работы пнев-

момолота Т-40 при его специальной доводке находится в диапазоне частоты ударов 1.8–2.1 Гц при расходе 2.6–3.0 куб. м в мин.

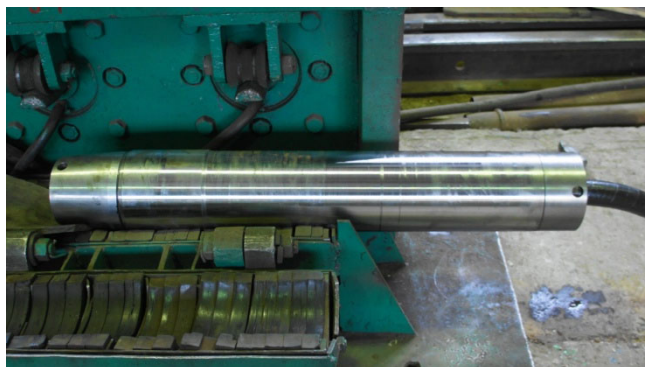


Рис. 4. Пневмомолот с массой ударника 40 кг.

Способ заключается в нанесении ударов по стальной трубе (корпус ЭЦН) с одновременным приложением статической силы к извлекаемым деталям во встречном ударе направлении.

Устройство для реализации этого способа извлечения деталей работает следующим образом. Ударный импульс от пневмомолота 2 (рис. 5) передается через насадку 3 с коническими посадочными поверхностями, отрезок 4 трубы с боковым окном 5, ступенчатый фланец 6 на торец корпуса 7, в результате чего все перечисленные элементы смещаются в сторону энергопоглотителя 8, зафиксированного на направляющей раме 1. Измельчённая древесина, помещенная внутрь энергопоглотителя 8, под действием ударного импульса начинает сжиматься. В ней повышается давление, которое прижимает измельчённую древесину к внутренней цилиндрической поверхности энергопоглотителя 8. Возникшее по внутренней цилиндрической поверхности трение препятствует передаче отраженного импульса через корпус 7 в сторону пневмомолота 2 и предотвращает его преждевременное разрушение. Для обеспечения центрального удара все элементы устройства на направляющей раме 1 размещены соосно и соединены стяжным устройством 12, как показано на рис. 5а, что обеспечивает наиболее полную передачу ударного импульса корпусу 7 и равномерное нагружение последнего, устраняя возможные деформации изгиба. Кроме того, энергопоглотитель 8 защищает торцы корпуса 7 от разрушения, после прохождения ударного импульса. Одновременно с этим на детали 10, расположенные в корпусе 7, действует осевая статическая сила от привода 11 через шток 9. Ударные импульсы ослабляют связи между внутренней поверхностью корпуса 7 и деталями 10 по всей его длине. За счет приложения к извлекаемым деталям 10 во встречном ударе направлении осевой статической силы обеспечивается их интенсивное перемещение в сторону отрезка 4 трубы и последующее извлечение через боковое окно 5.

Использование в качестве привода 11 штока 9 (рис. 5б) груза 13, передающего через канатно-блочную систему 14 на шток 9 осевую статическую силу, позволяет оперативно ее регулировать.

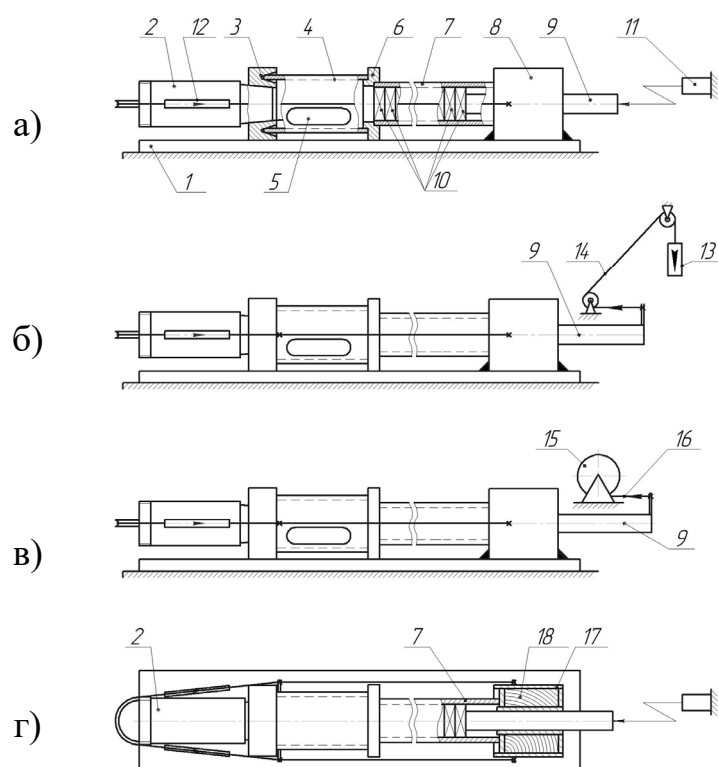


Рис. 5. Стенд для разборки ЭЦН

Использование в качестве привода 11 штока 9 (рис. 5в) лебедки 15, соединенной со штоком 9 посредством каната 16, обеспечивает постоянную по величине осевую статическую силу по всей длине корпуса 7.

Энергопоглотитель 8 (рис. 5г), выполненный в виде кольцевой поршневой камеры 17, заполненной измельчённой древесиной 18, обеспечивает равномерное нагружение корпуса 7. Это достигается за счет равномерного перераспределения измельченной древесины 18 в радиальном направлении по кольцевому поперечному сечению поршневой камеры 17 для равномерной ее деформации внутри энергопоглотителя 8. Таким образом, обеспечивается эффективное поглощение энергии ударов пневмомолота 2 и предотвращается разрушение деталей 10 и торцов корпуса 7.

Указанная совокупность признаков устройства обеспечивает повышение эффективности работы устройства за счёт повышения надёжности извлечения деталей из корпуса указанного насоса путём дополнительного к гравитационному действию приложения к извлекаемым деталям во встречном ударе направления осевой статической силы.

Для внедрения в производство описанного выше технического решения был изготовлен и поставлен по условиям хозяйственного договора пневмомолот с массой ударника 40 кг в город Пыть-Ях, который находится в составе Тюменской области (Ханты-Мансийский автономный округ – Югра). Он расположен в ста км от Сургута. На территории промышленной зоны Северной, в производственном корпусе был сооружен специальный стенд для реализации технологии разборки ЭЦН при помощи пневмомолота Т-40.

Специальный стенд для разборки ЭЦН и извлечения РК и НА состоит из направляющего швеллера, установленного на бетонный пол. В передней части стенда на раме, соединенной с направляющим швеллером, установлен энергопоглотитель. Корпус ЭЦН укладывается в направляющий швеллер и упирается своим передним концом в энергопоглотитель, выполненный в виде поршневой камеры диаметром 219 мм, заполненной древесной стружкой [12]. На заднем конце ЭЦН монтируется переходной фланец, в который вставлен приемный стакан с разгрузочным окном. Пневмомолот Т-40 соединяется с приемным стаканом через насадку с коническими посадочными поверхностями при помощи стяжного устройства, которое содержит стальные канаты и талрепы. Сжатый воздух с давлением 0.6 МПа от электрического компрессора с производительностью 3 м³ в минуту подается в пневмомолот по рукаву диаметром 32 мм длиной 20 м.

Технологический процесс разборки ЭЦН и извлечения РК и НА включает следующие этапы:

1. Укладка корпуса ЭЦН в стенд, установка фланца, приемного стакана, насадки, пневмомолота и стяжного устройства.
2. Подача сжатого воздуха в пневмомолот.
3. Разрушение связей, удерживающих НА внутри корпуса ЭЦН, под воздействием ударных импульсов по корпусу, и перемещение деталей в приемный стакан.
4. Разгрузка приемного стакана путем извлечения РК и НА через окно.

Средняя продолжительность разборки одного ЭЦН занимает около 20–25 минут.

Выводы

1. Применение пневмомолота, предназначенного для забивания стальных труб в грунт, для демонтажа электроцентробежных насосов ЭЦН в производственных условиях полностью подтвердило максимальную сохранность и высокую эффективность технологического процесса извлечения деталей из стального корпуса под действием ударных импульсов.

2. Переменная структура ударной мощности пневмомолота с массой ударника 40 кг позволила использовать в качестве источника сжатого воздуха мало мощный электрический компрессор с производительностью 3 куб. м в мин с сохранением энергии единичного удара.

Автор выражает благодарность сотрудникам лаборатории механизации горных работ ИГД СО РАН за активное участие в изготовлении и в стендовых испытаниях опытных образцов пневматических молотов.

Работа выполнена в рамках государственного задания по проекту № 0256-2021-0003.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абдулин Ф.С. Добыча нефти и газа: – М.: Недра, 1983. – С. 140.
2. Бухаленко Е.И. Нефтепромышленное оборудование: – М.: Недра, 1990. – С. 200.

3. Махмудов С.А. Монтаж, эксплуатация и ремонт скважных насосных установок: – М.: Недра, 1987. – С. 126.
4. Молчанов А.Г. Нефтепромысловые машины и механизмы: – М.: Недра, 1985. – С. 184.
5. Михайлов К.Ф. Справочник механика нефтепромыслов: – М.: Гостехиздание, 1995. – С. 178
6. Мищенко Р.И. Нефтепромысловые машины и механизмы: – М.: Гостехиздание, 1984. – С. 254
7. Муравьев В.М. Эксплуатация нефтяных и газовых скважин: – М.: Недра, 1989. – С. 260
8. Овчинников В.А. Нефтяное оборудование, т. II: – М.: ВНИИ нефтемашин, 1993. – С. 213
9. Патент РФ № 2130997. Способ очистки трубы от грунтового керна и устройство для его осуществления. / Смоляницкий Б.Н., Червов В.В., Трубицын В.В., Тищенко И.В., Вебер И.Э. – опубл. в Б.И. 1999, № 15.
10. Червов В.В., Кондратенко А.С. Пневмомолот "Тайфун-70" и новый метод очистки трубы от грунтового керна // Механизация строительства. – 2006. – № 8. – С. 8–12.
11. Червов В.В. Минимальная частота ударов пневмомолота с упругим клапаном в системе воздухораспределения // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. – 2016. – № 3. – Т. 2 – С.217–221.
12. Червов В.В., Смоленцев А.С. Стенд для исследования и испытания пневмомолота // ФТПРПИ. – 2007. – № 6. – С. 58–65.

© В. В. Червов, 2022