

# Снижение затрат и повышение эффективности эксплуатации станков-качалок

DOI: 10.24411/2076-6785-2019-10052

**Л.М. Ахметзянов**начальник отдела обслуживания нефтепромыслового оборудования — главный механик [ahmetzyanovlm@tatneft.ru](mailto:ahmetzyanovlm@tatneft.ru)

НГДУ «Альметьевнефть» ПАО «Татнефть», Альметьевск, Россия

**В ПАО «Татнефть» реализуется программа оптимизации производственных процессов и сокращения издержек. Снижение затрат на эксплуатацию наземного нефтепромыслового оборудования — одна из важнейших задач в рамках обозначенной программы. В данной статье рассмотрены технические решения, направленные на оптимизацию производственных процессов в области эксплуатации оборудования добывающего фонда скважин. В процессе механизированного способа добычи нефти штанговыми скважинными насосными установками существует ряд технических проблем оказывающие серьезное влияние на эффективность эксплуатации добывающего фонда скважин и в целом на объем добычи нефти. Масштабной проблемой при эксплуатации станков-качалок является пропуски масла на редукторах привода.**

**Ключевые слова**

станок-качалка, редуктор, механический фонд скважин

Редуктор является неизменным элементом механизма станка-качалки и в сочетании с ременной или самостоятельно обеспечивает снижение частоты вращения двигателя до необходимой на ведомом валу и, соответственно, определяет частоту качений балансира. Надежность редукторов во многом определяет межремонтный период работы станка-качалки в целом, поэтому главный показатель редуктора — его крутящий момент — входит в число основных показателей привода [1, 6, 7].

Чаще всего применяются двухступенчатые редукторы с передаточным числом около 40, цилиндрическими зубчатыми передачами. С учетом симметричной схемы преобразующего механизма станка-качалки с двумя кривошипами передачи редуктора также компонуются симметрично относительно продольной оси редуктора. Исключения в этом отношении есть, но редки. Для получения симметричного расположения одна из пар передач выполняется в раздвоенном виде и монтируется по обе стороны от нераздвоенной передачи. Обычно раздвоенной делается быстроходная ступень.

По форме зубьев зубчатые колеса бывают прямыми, косыми и шевронными, причем, в одном редукторе возможно сочетание различных вариантов. С видом зубчатой передачи связан тип подшипников, устанавливаемых на том или ином валу.

Форма зацепления зубьев в редукторах — эвольвентная или системы Новикова. Оба вида зацепления были созданы в России: эвольвентная — в 1754 г. академиком Леонардом Эйлером, новая — в 1954 г. доктором технических наук М.Л. Новиковым. Система зацепления Новикова обладает повышенной нагрузочной способностью. С 1958 г. АЗИНМАШем были начаты исследования по возможности применения этой передачи в редукторах станков-качалок, были доказаны ее преимущества по сравнению с эвольвентной в отношении получаемых габаритов, масса и долговечности редукторов. В 1959–66 гг. новая система зацепления стала внедряться в конструкциях редукторов сначала типа РДН, затем ЦДН и, наконец, Ц2Н, пошедшего в серию [8, 9, 10].

В цилиндрических редукторах оси валов расположены в одной плоскости, что позволяет разъем крышки с корпусом выполнять в горизонтальной плоскости, проходящей через оси валов. Таким образом, по этому приказу

стандартные редукторы относятся к горизонтально-разъемному типу.

Симметричная конструкция редукторов позволяет поворачивать валы на 180° после износа зубьев колес с целью увеличения долговечности. Ведомый вал редуктора с этой же целью имеет на каждом конце два шпоночных паза, расположенных под углом 90°, что позволяет установить кривошип в новые положения при износе шпоночных пазов вала.

В мощных станках-качалках ведомый вал иногда монтируется на опорах скольжения, имеющих большую несущую способность по сравнению с подшипниками качения. Эти редукторы с учетом характера осуществления смазки допускают строго ориентированное направление вращения, указываемое стрелкой на корпусе редуктора.

Корпус редуктора может быть выполнен из стали, чугуна, алюминия. Корпус снабжается всеми необходимыми атрибутами для обслуживания — горловиной для заливки масла, сливными отверстиями, маслоуказателями и др.

Существенное эксплуатационное различие редукторов связано с системой смазки. В этом отношении редукторы можно подразделить на две группы: в одних системах смазки общая, картерная, в других — зубчатые колеса смазываются залитым в картер маслом, а подшипники осей имеют индивидуальную изолированную от общей ванны консистентную смазку [12, 13].

Высота установки редуктора на раме станка-качалки имеет принципиальное значение для монтажа привода. Для вращения кривошипов необходимо пространство снизу, которое может быть обеспечено либо поднятием редуктора на раме станка-качалки, либо поднятием всего станка-качалки. В первых советских конструкциях редукторы располагались только непосредственно на раме станка-качалки, но уже следующее поколение приводов предусматривало возможность установки редукторов на высокой подставке-тумбе. В первом варианте станку-качалке требуется высокий фундамент для возможности вращения кривошипов, во втором — минимальный по высоте. Второй вариант впоследствии получил название «тумбового» и станки-качалки, выполненные по нему, должны получать в шифре литеру «Т». Выпуск станков-качалок в двух вариантах чрезвычайно удобен потребителям, т.к. позволяет принять

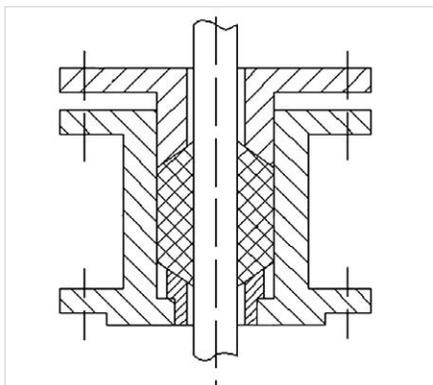


Рис. 1 — Сальниковое уплотнение вала  
Fig. 1 — Shaft seal



Рис. 2 — Лабиринтное уплотнение вала  
Fig. 2 — Labyrinth shaft seal

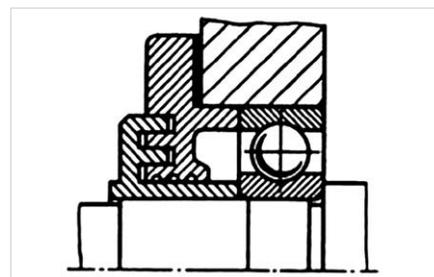


Рис. 3 — Комбинированное уплотнение вала  
Fig. 3 — Combination shaft seal

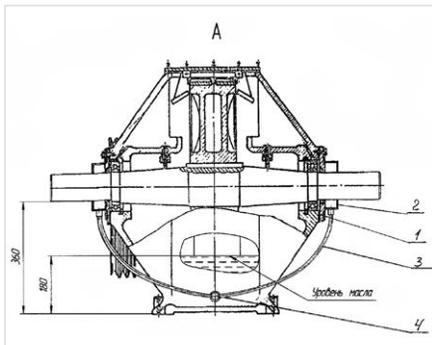


Рис. 4 — Система сбора утечек масла: 1 — крышка вала; 2 — крышка-емкость; 3 — дренажный шланг; 4 — модифицированная сливная пробка

Fig. 4 — Oil leak collection system: 1 — shaft cover; 2 — cap-capacity; 3 — drainage hose; 4 — modified drain plug



Рис. 5 — Диск-маслоотражатель  
Fig. 5 — Oil-deflector



Рис. 6 — Модифицированная сливная пробка  
Fig. 6 — Modified drain plug



Рис. 7 — Система сбора утечек масла в сборе  
Fig. 7 — Oil leak collection system

наиболее рациональное и экономическое решение в зависимости от конкретных местных условий, связанных со строительством фундамента (его материалом, грунтом и др.).

В настоящее время в России наиболее распространенными производителями редукторов для станков-качалок являются АО «Уралтрансмаш», ПАО «Ижнефтемаш», ПАО «Редуктор», ЗАО «Нефтепром-Сервис».

Процесс эксплуатации приводов штанговых глубинных насосов, в частности станков-качалок, сопровождается проблемами, связанными с пропуском масла редукторов, которые, негативно влияя на экологическую обстановку, что может повлечь за собой наложение штрафных санкций на компанию со стороны надзорных органов.

В НГДУ «Альметьевнефть» эксплуатируется более 1400 станков-качалок. Как известно весь фонд станков-качалок отработал свой нормативный срок эксплуатации и потому очень остро стоит проблема поддержания фонда станков-качалок (СК) не только в работоспособном состоянии, но и в соответствии с требованиями политики ПАО «Татнефть» в области промышленной безопасности, охраны труда и окружающей среды.

Так на сегодняшний день в НГДУ «Альметьевнефть» эксплуатируется порядка двухсот станков качалок с пропусками масла. Важнейшей проблемой, которую влекут за собой пропуски масла — это заклинивание редуктора вследствие понижения уровня масла. При заклинивании редуктора необходимо проводить капитальный ремонт редуктора, что требует значительного финансового вложения, а также повлечет за собой длительный простой скважины.

Уплотнения вала редуктора должны быть долговечными, так как от этого зависит работоспособность подшипников. Применяемые в подшипниковых узлах различные типы уплотнений предназначаются как для предотвращения вытекания смазки из корпуса, в котором установлен подшипник, так и для предохранения от проникновения в подшипник пыли, окалины, жидкостей и т.п. Утечка масла через уплотнения из корпусов подшипников ведет к расходу смазочных материалов и снижению культуры производства при использовании оборудования. Масло, попадая на фундамент, разрушает его [2, 3, 4].

Существующие конструкции редукторов станка качалки можно разделить на 2 группы:

1 группа — редукторы, имеющие сальниковое уплотнение вала (рис. 1). Уплотнение достигается прижатием сальниковой набивки к вращающемуся валу.

В качестве сальниковых набивок чаще всего применяются хлопчатобумажные, пеньковые и асбестовые материалы. Перечисленные набивки могут применяться при давлениях 0,6–4 МПа в зависимости от температуры и используемого пропитывающего состава. Пропитка служит для улучшения герметизации и снижения коэффициента трения набивки о вал. Для пропитки набивок применяют, парафин,

битум, графит, солидол, вискозин, фторопласт и т.п.

Из указанных выше набивок следует отметить фторопласт. Он имеет малый коэффициент трения, поэтому срок его службы в несколько десятков раз больше, чем у остальных материалов. Этому способствует также его высокая химическая стойкость. Недостатки фторопласта — сравнительно высокая твердость (что требует больших усилий при затяжке сальника) и высокая стоимость. Эти недостатки устраняются в набивке из асбестового шнура, пропитанного фторопластовой суспензией.

2 группа — редукторы с лабиринтным (рис. 2) и комбинированным (лабиринтно-щелевым) уплотнением вала (рис. 3).

Лабиринтное уплотнение представляет собой многократно чередующиеся небольшие по величине осевые или радиальные зазоры между вращающимися и неподвижными деталями [5, 11].

Утечки масла на данных редукторах не устраняются в полевых условиях, их возможно предотвратить либо исключить лишь при капитальном ремонте в базовых условиях. Данный метод требует демонтажа редуктора, вывоза его на ремонтную базу для проведения капитального ремонта с заменой узлов [14].

Для решения проблемы устранения утечек масла на редукторах СК типа Ц2НШ (двухступенчатые с цилиндрической шевронной зубчатой передачей зацепления Новикова), не имеющих сальниковое уплотнение вала, нами была разработана система сбора утечек масла (рис. 4).

Данная система состоит из разрезной крышки-емкости (поз. 2 рис. 4) в которой имеется патрубок для отвода собранного масла обратно в редуктор. Данная крышка монтируется поверх имеющейся крышки подшипникового узла вала в имеющиеся крепежные отверстия посредством удлиненных болтов. Между существующей крышкой и крышкой-емкостью устанавливается паранитовая прокладка. Также на валу редуктора монтируется диск-маслоотражатель (рис. 5) который служит для отсеечения потока масла и направления его в сборную ванну с патрубком.

Стандартная пробка редуктора заменяется модифицированной (рис. 6). В ней имеются два патрубка для подсоединения дренажного шланга, который соединяется с крышкой-емкостью.

Все утечки масла собираются в крышке-емкости и далее по дренажному шлангу поступают самотеком через сливную пробку в картер редуктора.

Данная система сбора утечек масла проста в изготовлении и монтаже (рис. 7).

Установка системы на редуктор занимает не более тридцати минут и осуществляется силами двух слесарей-ремонтников.

Внедрение системы сбора утечек масла позволило устранить пропуски масла по валу редуктора без проведения капитального ремонта, обеспечило приведение станков-качалок к нормативно-техническим требованиям промышленной безопасности и охраны труда.

Результаты применения технических

Наименование разработки	Результат применения	Экономический эффект
Система сбора утечек масла	<ul style="list-style-type: none"> <li>Снижение негативного воздействия на окружающую среду</li> <li>Сокращения затрат на капитальный ремонт редуктора</li> </ul>	1 млн руб.

Таблица — Результаты применения технических разработок  
Table — Results of the application of technical developments

разработок показали значительный экономический эффект от внедрения разработки, представлены в таблице.

#### Итоги

Таким образом, реализация комплекса мероприятий по внедрению предложенного технического решения обеспечивает повышение эффективности производственных процессов при эксплуатации добывающего фонда скважин, создание благоприятных и безопасных условий труда обслуживающему персоналу, сокращение издержек предприятия за счет предотвращения отказа нефтепромыслового оборудования, а также, сокращение негативного воздействия на окружающую среду.

#### Выводы

Разработанное техническое решение позволило сократить затраты при эксплуатации наземного нефтепромыслового оборудования, при этом годовой экономический эффект от внедрения в ПАО «Татнефть» составил более 1 млн руб.

#### Литература

1. Баграмов Р.А. Машины и оборудования для бурения нефтяных и газовых скважин. Расчет на прочность. М.: ГАНГ им. И.М. Губкина, 1997. 88 с.
2. Борисов Ю.С. Организация ремонта и технического обслуживания оборудования. М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2004.
3. Бухаленко Е.И., Абдуллаев Ю.Г. Монтаж, обслуживание и ремонт нефтепромыслового оборудования. М.: Недра, 1974. 360 с.
4. Быков И.Ю., Цхадая Н.Д. Эксплуатационная надежность и работоспособность нефтегазопромысловых и буровых машин. М.: ЦентрЛитНефтеГаз, 2010. 304 с.
5. Захаров М.Н. Основы теории надежности оборудования: учебное пособие. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. 94 с.
6. Ивановский В.Н., Дарищев В.И., Каштанов В.С. и др. Оборудование для добычи нефти и газа. М.: ГУП «Нефть и газ», 2003. 792 с.
7. Ильский А.Л., Шмидт А.П. Буровые машины и механизмы. М.: Недра. 1989. 395 с.
8. Решетов Д.Н. Детали машин. М.: Машиностроение, 1989. 496 с.
9. Молчанов А.Г. Машины и оборудование для добычи нефти и газа. М.: Альянс, 2010. 588 с.
10. Муравьев В.М. Справочник мастера по добычи нефти. М.: Недра, 1975. 264 с.
11. Протасов В.Н., Кривенков В.С., Султанов Б.З. Эксплуатация оборудования для бурения скважин и нефтегазодобычи. М.: Недра-Бизнесцентр, 2006. 691 с.
12. Справочник конструктора-машиностроителя. Под ред. В.И. Анурьева. М.: Машиностроение, 1982. 763 с.
13. Справочник по нефтепромысловому оборудованию. Под ред. Е.И. Бухаленко. М.: Недра, 1990. 560 с.
14. И.Ю. Быков, В.Н. Ивановский, Н.Д. Цхадая и др. Эксплуатация и ремонт машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов. М.: ЦентрЛитНефтеГаз, 2012. 371 с.

ENGLISH

OIL PRODUCTION

UDC 622.276

## Reducing costs and increasing the efficiency of rocking machines

#### Author

**Lenar M. Akhmetzyanov** — head of oilfield equipment maintenance department — chief mechanic; akhmetzyanovlm@tatneft.ru

Oil and Gas Production Department «Almetyevneft» PJSC «Tatneft», Almetyevsk, Republic of Tatarstan, Russian Federation

#### Abstract

PJSC TATNEFT implements a program to optimize production processes and reduce costs.

Reducing the cost of operating ground-based oilfield equipment is one of the most important tasks within the framework of the designated program. In this article, technical solutions aimed at optimizing production processes in the field of operation of equipment of the production well stock are considered.

In the process of a mechanized method of oil production by sucker-rod pumping units, there are a number of technical problems that

have a serious impact on the efficiency of operation of the production stock of wells and, in general, on the volume of oil production. A large-scale problem in the operation of pumping units is oil leakage on drive gearboxes.

#### Keywords

rocking machine, gearbox, mechanical well stock

#### Results

Thus, the implementation of a set of measures to introduce the proposed technical solution ensures an increase in the efficiency of

production processes during the operation of the production well stock, creation of favorable and safe working conditions for maintenance personnel, reduction of enterprise costs by preventing the failure of oilfield equipment, as well as reduction of negative environmental impact.

#### Conclusions

The developed technical solution made it possible to reduce the costs of operating onshore oilfield equipment, while the annual economic effect from the introduction of PJSC TATNEFT amounted to more than 2.7 million rubles in year.

#### References

1. Bagramov R.A. *Mashiny i oborudovaniya dlya bureniya neftyanykh i gazovykh skvazhin. Raschet na prochnost'* [Machines and equipment for drilling oil and gas wells. Strength calculation]. Moscow: Gubkin Russian State University of Oil and Gas, 1997, 88 p.
2. Borisov Yu.S. *Organizatsiya remonta i tekhnicheskogo obsluzhivaniya oborudovaniya xOrganizatsiya remonta i maintenance of equipment*. Moscow: Gubkin Russian State University of Oil and Gas, 2004
3. Bukhalenko E.I., Abdullaev Yu.G. *Montazh, obsluzhivanie i remont neftepromyslovogo oborudovaniya* [Installation, maintenance and repair of oilfield equipment]. Moscow: Nedra, 1974, 360 p.
4. Bykov I.Yu., Tskhadaya N.D. *Ekspluatatsionnaya nadezhnost' i rabotosposobnost' neftegazopromyslovykh i burovykh mashin* [Operational reliability and operability of oil and gas production and drilling machines: a training manual]. Moscow: TsentrLitNefteGaz, 2010, 304 p.
5. Zakharov M.N. *Osnovy teorii nadezhnosti oborudovaniya: uchebnoe posobie* [Fundamentals of the theory of equipment reliability]. Moscow: Bauman University, 2009, 94 p.
6. Ivanovskiy V.N., Darishchev V.I., Kashtanov V.S. and oth. *Oborudovanie dlya dobychi nefi i gaza* [Equipment for oil and gas production]. Moscow: State Unitary Enterprise "Oil and Gas", 2003, 792 p.
7. Il'skiy A.L., Shmidt A.P. *Burovye mashiny i mekhanizmy* [Drilling machines and mechanisms]. Moscow: Nedra, 1989, 395 p.
8. Reshetov D.N. *Detali mashin* [Machine parts]. Moscow: Mechanical Engineering, 1989, 496 p.
9. Molchanov A.G. *Mashiny i oborudovanie dlya dobychi nefi i gaza* [Machines and equipment for oil and gas production]. Moscow: Alliance, 2010, 588 p.
10. Murav'ev V.M. *Spravochnik mastera po dobychi nefi* [Handbook of the master of oil production]. Moscow: Nedra, 1975, 264 p.
11. Protasov V.N., Krivenkov V.S., Sultanov B.Z. *Ekspluatatsiya oborudovaniya dlya bureniya skvazhin i neftegazodobychi* [Operation of equipment for well drilling and oil and gas production]. Moscow: Nedra-Business Center, 2006, 691 p.
12. *Spravochnik konstruktora-mashinostroitelnya* [Reference designer-mechanical engineer]. Edited by V.I. Anuryev. Moscow: Mechanical Engineering, 1982, 763 p.
13. *Spravochnik po neftepromyslovomu oborudovaniyu* [Handbook of oilfield equipment]. Edited by E.I. Bukhalenko. Moscow: Nedra, 1990, 560 p.
14. I.Yu. Bykov, V.N. Ivanovskiy, N.D. Tskhadaya and oth. *Ekspluatatsiya i remont mashin i oborudovaniya neftyanykh i gazovykh promyslov* [Operation and repair of machinery and equipment for oil and gas fields: a textbook for universities]. Moscow: TsentrLitNefteGaz, 2012, 371 p.