

“OFFSHORE EUROPE -2007”, Aberdeen
648

sponsored by
спонсор рубрики



Seal Sections of Submersible Pump Electric Drives to Survive Especially Harsh Operating Conditions

Гидрозащиты электроприводов погружных насосов для особо сложных условий нефтедобычи

Ivan Pyatov, Managing Director, REAM-RTI
Иван Пятов, генеральный директор ООО «РЕАМ-РТИ»

Over 50 percent of crude oil is produced with the use of electric submersible pumping units. Their electric motors are filled with dielectric oil, which lubricates the bearings and cools down the motor, thus preventing its overheating.

Oil temperature can vary from 40 to 250 °C, and its volume changes correspondingly. Unless measures on compensation of oil volume variation are taken, pressure that develops because of oil heating can break the electric motor or its components.

To equalize pressure between oil and the well environment, the electric motor is supplied with a seal section, which has a special protector module.

In practice, most of sealing sections of motor protector include one or several elastic positive seals for pressure equalization as labyrinth systems, which are also applied, have a number of significant limitations.

Elastic positive seals have two major functions:

1. Pressure equalization between oil and wellbore.
2. Motor oil protection against contamination by liquids and gases contained in the formation.

Presently, there are two concepts of elastic positive seals:

- Seal bags made of elastomeric materials for moderate operating conditions (up to 215 °C)
- Metal bellows for harsh operating conditions (temperature exceeding 215 °C, higher gas-oil ratio).

However, both the elastomeric seal bags and elastomeric bellows of mechanical seals have the following limitations:

- a) Low thermal conduction;
- b) Permeability to gases and some other harmful substances, for example, hydrogen sulfide, which contaminate oil;
- c) Inevitable aging, sensitivity to the environmental aggressiveness, which causes deterioration of elastic properties.

Более 50% сырой нефти добывается электрическими погружными насосными установками. Их электрические двигатели заполняются диэлектрическим маслом, которое смазывает подшипники и охлаждает двигатели, предотвращая их перегрев.

Температура масла может варьироваться от 40 до 250 °C, соответственно меняется и его объем. Если не принимать мер по компенсации изменения объема масла, то давление, развивающееся при нагреве масла, способно разрушить электродвигатель или его компоненты.

Для выравнивания давления между маслом и внешней средой электродвигатель снабжается гидрозащитой со специальным модулем-протектором.

На практике, в большинстве протекторов для выравнивания давления используются одна или более эластичных диафрагм, так как лабиринтные конструкции, которые также находят применение, имеют ряд существенных ограничений.

На эластичные диафрагмы возлагаются две важные функции:

1. выравнивание давления между моторным маслом и внешней средой скважины;
2. защита моторного масла от загрязнения жидкостями и газами, содержащимися в пластовой среде.

В настоящее время существуют две концепции эластичных диафрагм:

- диафрагмы из эластомерных материалов для умеренных условий эксплуатации (до 215 °C)
- металлические сильфоны для жестких условий применения (температуры выше 215 °C, повышенный газовый фактор).

К недостаткам эластомерных диафрагм, так же как и эластомерных сильфонов торцевых уплотнений, относятся:

Metal bellows of the seal sections are also characterized by ineffective heat transfer, and their reduced elasticity results in increased seal section dimensions.

Typical demerit of elastic seal bags or seal section metal bellows is that they are not washed by external cooling medium and act as natural thermal barriers, which aggravates the problem of the electric motor thermal stress.

That is why the problem of seal section design without positive seals remains a topical issue.

This concept has the following advantages:

- Better motor oil cooling;
- Reliable protection of motor oil against penetration of gases and other oil contaminating substances from the formation;
- Possibility of increase of motor oil operating temperature above 250 °C;
- Reduction of overall dimensions of the seal section, which facilitates placement of electric drive and the seal section in one body (a monoblock unit).

Because of these attractive features, specialists are still trying to use seal sections with floating pistons.

Back in 1960s, one of the oldest research centers in Russia, the Rodless Pumps Design Bureau (KB BN "KONNAS"), was experimenting with piston-type seal sections.

Since 2005, the Russian company RAM also has been trying to design a seal section with piston elements. Similar work is being done in other countries as well (see the U.S. Patent 6307290 issued to Camco International, Inc., Houston, Texas).

However, the attractive simplicity of this concept and the apparently proved design of piston seal prevented designers from paying

- а) плохая теплопроводность;
- б) проницаемость для газов и некоторых других вредных веществ, например, сероводорода, которые загрязняют масло;
- в) неизбежное старение, чувствительность к агрессивности среды, что приводит к ухудшению эластичных свойств.

Для металлических сильфонов протектора также характерна неэффективная теплопередача, а их пониженная эластичность увеличивает габариты гидрозащиты.

Типичным недостатком эластичных диафрагм или сильфонов гидрозащиты является то, что они не омываются внешней охлаждающей средой и являются естественными тепловыми барьерами, что усугубляет проблему теплонапряженности электродвигателя.

В связи с этим остается актуальной задача разработки бездиафрагменных конструкций гидрозащит, например, поршневого типа.

К очевидным преимуществам такой концепции относятся:

- лучшее охлаждение моторного масла;
- надежная защита моторного масла от проникновения из пластовой среды газов и других загрязняющих масло веществ;
- возможность повышения рабочей температуры моторного масла выше 250 °C;
- уменьшение габаритов протектора гидрозащиты, что облегчает создание электроприводов в едином корпусе с гидрозащитой (моноблок).

Из-за вышеперечисленных преимуществ попытки применения протекторов гидрозащит с плавающими поршнями осуществляются до настоящего времени.

Еще в 1960-х годах один из старейших исследовательских центров России – КБ по бесштанговым насосам (КБ БН «КОННАС»), экспериментировал с поршневыми протекторами.

С 2005 года российская компания ООО «РАМ» также пытается создать конструкцию протектора с поршневыми элементами. Известны аналогичные работы, проводимые в других странах (см. патент United States Patent 6307290 компании Camco International, Inc., Хьюстон, Техас).

Однако привлекательная простота концепции и кажущаяся отработанность конструкций уплотнений поршней мешали разработчикам уделять должное внимание системе защиты полости, в которой перемещаются поршни, от отложения солей (накипи) и глинистых загрязнений. По этим причинам чувствительность перемещения поршней от изменения давления

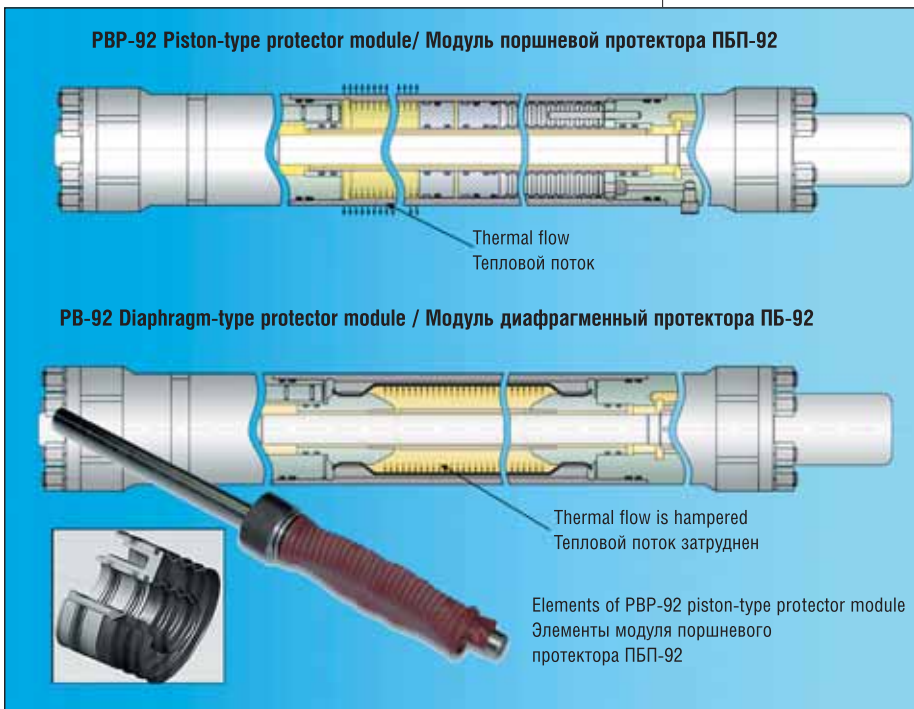


Fig. 1

Рис. 1

proper attention to the system that protected the cavity, in which pistons were moving, against salt (scale) and clay contaminant deposition. Due to this problem, the response of piston's movement to pressure variation was lost quickly causing the decrease in mechanical seals' efficiency, their failure and/or even piston seizure.

In applying all the mentioned design versions, servicing companies faced the following serious problems:

- Piston sensitivity to seizure or intensive wear of piston seals;
- Corrosion of internal working surface of the seal section body, along which the piston is moving.

Specialists of REAM-RTI concentrated their attention on these problems and managed to find technical solutions, which provided for:

- Efficient protection of the surfaces along which the piston seals are moving against formation liquids and solids;
- Improved sensitivity of the system of oil volume control to the differential pressure in the oil chamber;
- Selection of materials which can ensure the piston system serviceability at temperatures exceeding 250 °C.


Compared to seal sections, which include elastic seal bags, piston seal section of a submersible pump's (ESP, PCP) electric drive has got a number of advantages for harsh operating conditions:

- Possible long-term operation of the appropriate version of electric drive at oil temperature up to 300 °C;
- Efficient oil cooling by the well environment ("thermos" effect is eliminated);
- The design ensures overhaul period over 1,000 days (life time is determined by the oil flow rate through the mechanical seal);
- Ensured insensitivity to oil contaminating factors, such as solids, aggressive environment, presence of gas including hydrogen sulfide and carbon dioxide;
- Reduced overall length of the seal section with comparable oil-filled volume (or with the same overall length, oil volume can be increased by up to 20 percent);
- Piston system sensitivity to pressure variation in the oil chamber less than 0.01 MPa.

The developed technical solutions were implemented in the seal section piston module PBP-92 manufactured by the Borets company (Fig. 1).

A batch of piston-type seal sections PBP-92 undergoes operational test in the Tomsk region according to the program of Tomskneft-VNK, and also in other regions.

Some leading Russian manufacturers of oil-producing equipment, for example, NOVOMET-Perm, and such oil companies as Surgutneftegaz and TNK-BP became interested in the possible application of REAM-RTI piston technology in seal sections of submersible electric motors designed for especially harsh operating conditions.

Technical solutions used in the design of the seal section piston module were patented by REAM-RTI. 

быстро терялась, что приводило к нарушению эффективности торцевых уплотнений, выходу их из строя и/или даже к заклиниванию поршней.

Во всех перечисленных случаях сервисные компании столкнулись с проблемами, среди которых наиболее значимыми являются:

- чувствительность поршней к заеданию или интенсивный износ уплотнений поршней;
- коррозия внутренней рабочей поверхности корпуса протектора, по которой перемещается поршень.

Именно на этих обстоятельствах сосредоточились специалисты компании «РЕАМ-РТИ» и нашли технические решения, позволяющие:

- эффективно защитить поверхности, по которым перемещаются уплотнения поршней, от воздействия пластовой жидкости и механических примесей;
- повысить чувствительность системы контроля объема масла к дифференциальному давлению в масляной полости;
- подобрать материалы, обеспечивающие работоспособность поршневой системы при температурах свыше 250 °C.

По сравнению с протекторами, в которых используются эластичные диафрагмы, поршневой протектор гидрозащиты электропривода погружных насосов (УЭЦН, УЭВН) имеет ряд преимуществ для осложненных условий эксплуатации:

- допускается длительная работа электропривода соответствующего исполнения при температуре масла до 300 °C;
- обеспечивается эффективное охлаждение масла внешней средой (устраняется эффект «термоса»);
- конструкция обеспечивает межремонтный период более 1 000 суток (ресурс определяется расходом масла через торцовое уплотнение);
- обеспечивается нечувствительность к загрязняющим масло факторам, таким как механические примеси, агрессивные среды, газосодержание, в том числе сероводорода и углекислого газа;
- сокращается габаритная длина гидрозащиты при сопоставимом объеме заполнения маслом (либо при той же габаритной длине объем масла может быть увеличен до 20%);
- чувствительность реагирования поршневой системы к изменению давления в масляной полости менее 0,01 МПа.

Найденные технические решения реализованы в поршневом модуле протектора ПБП-92 производства компании «Борец» (рис. 1).

Партия поршневых протекторов ПБП-92 проходит эксплуатационные испытания в Томском регионе по программе компании «Томскнефть-ВНК», а также в других регионах.

Некоторые ведущие российские производители нефтедобывающего оборудования, например, компания «НОВОМЕТ-Пермь», а также сервисные компании «Сургутнефтегаз», ТНК-ВР уже заинтересовались возможностью использования поршневой технологии «РЕАМ-РТИ» в гидрозащитах погружных электродвигателей для особо сложных условий эксплуатации.

Технические решения, используемые в конструкции поршневого модуля протектора, запатентованы «РЕАМ-РТИ». 