

**ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА**

---

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ  
МЕН ТЕХНИКАСЫ**

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



**НАУКА И ТЕХНИКА  
КАЗАХСТАНА**

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 1680-9165

№ 1 (2021)

---

**ПАВЛОДАР**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**  
выходит 1 раз в квартал

---

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о постановке на переучет периодического печатного издания,  
информационного агентства и сетевого издания  
№ KZ63VPY00028965

выдано  
Министерством информации и общественного развития  
Республики Казахстан

**Тематическая направленность**

публикация результатов фундаментальных и прикладных научных исследований  
по широкому спектру проблем в области металлургии, машиностроения, транспорта,  
строительства и естественных наук

**Подписной индекс – 76129**

<https://doi.org/10.48081/ERLV4618>

**Импакт-фактор РИНЦ – 0,344**

---

Абишев Кайратолла Кайроллинович – к.т.н., профессор (главный редактор);  
Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (заместитель главного редактора);  
Мусина Жанара Керейовна – к.т.н., профессор (ответственный секретарь);  
Шокубаева Зауреш Жанатовна – технический редактор.

**Члены редакционной коллегии:**

Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);  
Клецель Марк Яковлевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);  
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);  
Богомоллов Алексей Витальевич - к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);  
Кажыбаева Галия Тулеуевна - к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);

**Зарубежные члены редакционной коллегии:**

Waigang Sun – профессор (Пекин, Китай);  
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);  
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);  
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);  
Magin Laruerta – д.т.н., профессор (СьюДад Исаева КуралайСметкановна Реал, Испания);  
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);  
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);  
Ronny Berndtsson – профессор (Лунд, Швеция);  
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);  
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);  
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);  
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);  
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);  
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);  
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).

---

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели  
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов  
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

© Торайгыров университет

**А. Ш. Абдирахман, Б. К. Кайролла, А. Х. Мустафин**

Торайгыров университет,  
Республика Казахстан, г. Павлодар

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЙ ТОРЦЕВЫХ УПЛОТНЕНИЙ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ**

*В статье показана разработка систем охлаждения торцевых уплотнений центробежных насосов, которая позволяет исследовать и рассматривать многоступенчатый секционный насос производства китайской компании ЛТД. Насос предназначенный для перекачки сжиженных углеводородов. Передача крутящего момента от электрического двигателя  $P_H=75$  кВт,  $n_H=2950$  об/мин к насосу осуществляется через упругую втулочно-пальцевую муфту.*

*При эксплуатации горячих насосов, а также перекачивающих сжиженные газы могут возникнуть неисправности.*

*Существует несколько источников передачи тепла среде: тепло, выделяемое при трении и напряжении, возникающем при сдвиге жидкости; тепло, выделяемое из-за возникновения сопротивления воздуха (турбулентности), вызванного вращением частей уплотнения, и тепло, передаваемое от насоса к камере уплотнения и валу (при положительном теплопоглощении).*

*Ключевые слова: система охлаждения, многоступенчатый секционный насос, проектирование системы, возрастание давления, термодинамическое равновесие.*

### **Введение**

Разработка системы охлаждения концевых уплотнений горизонтального многоступенчатого насоса для перекачки сжиженных газов.

Проведение гидравлического и теплотехнического расчета системы охлаждения уплотнений насоса. Разработка рекомендации по подбору основных узлов и их обвязки в системе охлаждения.

Горизонтальный многоступенчатый насос китайской производственной компании для перекачки сжиженных углеводородов .

Согласно техническим требованиям завода – изготовителя подача охлаждающей жидкости для торцевых уплотнений горизонтального многоступенчатого насоса должна составлять 4-10 л/мин или 0,24-0,6 м<sup>3</sup>/час.

Высота нормального уровня жидкости (NLL) в резервуаре охлаждающей (затворной) жидкости устанавливается изготовителем/поставщиком уплотнения. Она должна быть выше фланца корпуса насоса. Она не должна быть менее 1 м (3 фут). Высоту выбирают в зависимости от скорости потока, условий затворной/буферной среды, расположения резервуара, гидравлического сопротивления и давления

устройства циркуляции, которые противопоставляются рабочим характеристикам потока и требованиям допускаемого запаса по кавитации.

Чтобы уменьшить перепады давления в системе, необходимо минимизировать длину трубопровода и использование фитингов между резервуаром и уплотнительной крышкой. Все трубопроводы должны располагаться под наклоном относительно резервуара, как минимум, 10 мм на 240 мм (1/2 дюйм/фут), используя гладкие радиальные изгибы [1–3].

### **Материалы и методы**

Резервуары затворной/буферной жидкости должны располагаться к насосу так, чтобы обеспечить достаточные зазоры для работы и технического обслуживания.

Резервуары не должны располагаться непосредственно около насоса и на них не должна воздействовать вибрация. Технологические линии с горячим продуктом должны быть изолированы по мере необходимости для обеспечения безопасности.

Если иное не указано, то резервуар должен быть снабжен клапанной вентиляцией и отдельным устройством, наполняющим резервуар. Систему наполнения резервуара необходимо спроектировать, учитывая конструкцию внешних резервуаров затворной/буферной жидкости. Необходимо предоставить средства для заполнения резервуара уплотнения под давлением (чтобы предотвратить изменение давления при применении затворной жидкости). Необходимо также учесть закрытую систему наполнения, которая позволит оператору заполнить резервуар без воздействия затворной/буферной жидкости. Ручное заполнение резервуара недопустимо. Возможен вариант заполнения резервуара, начиная с нулевой отметки для безопасности и удобства использования. Система, требующая использование лестницы или порога, недопустима. Для предотвращения непредвиденного повышения давления в резервуаре необходимо обеспечить ее дополнительную защиту независимо от наличия встроенной контрольно-измерительной системы понижения давления. Так для данной гидравлической системы предусмотрено, что воздушный перепускной клапан должен срабатывать при давлении 0,5 МПа. Давление на входе в камеру уплотнения не должно превышать 0,25 МПа.

Входное отверстие в резервуар барьерной/буферной обратной среды должно располагаться выше, как минимум на 250 мм (10 дюймов), места подачи выходного отверстия барьерной/буферной питательной среды (насоса).

Выходное отверстие в резервуар барьерной/буферной питательной среды должно располагаться на 50 мм (2 дюйма) выше дна резервуара. Сливной клапанный патрубок должен располагаться в днище резервуара для обеспечения его полной осушки. NLL должен равняться как минимум 150 мм (6 дюймов) и должен быть выше точки LLA (аварийно-низкого уровня). Примечание – Расстояние 150 мм (6 дюймов) является удобным зрительным ориентиром.

Объем пара в резервуаре выше NLL должен равняться или быть больше, чем объем жидкости, находящийся между NLL и точкой аварийно-низкого уровня (LLA). Отметка индикатора тревоги самого высокого уровня жидкости (HLL), если она есть, должна быть как минимум на 50 мм (2 дюйма) выше уровня NLL.

Данное расстояние используется для предотвращения ложной тревоги из-за технологических колебаний уровня [2].

Отметка индикатора тревоги самого низкого уровня должна быть, как минимум, на 50 мм (2 дюйма) выше входного присоединения.

Если иное не указано, то трубы, соединяющие резервуар затворной/буферной жидкости с торцовым уплотнением, должны быть изготовлены из аустенитной нержавеющей стали. И соответствовать данным:

- а) 12 мм (1/2 дюйма) для вала диаметром не более – 60 мм (2,5 дюйма);
- б) 18 мм (3/4 дюйма) для вала диаметром более – 60 мм (2,5 дюйма).

#### **Результаты и обсуждение**

Стандартизация, унификация и взаимозаменяемость для торцевых уплотнений валов насосов регламентируется следующим стандартом ГОСТ 32600-2013 (ISO 21049:2004) Насосы. Уплотнительные системы вала для центробежных и роторных насосов. Общие технические требования и методы контроля [1].

Такие уплотнения относятся к комбинированным, в которых одинарное и вспомогательное уплотнения выполнены торцевыми и размещены в едином корпусе. Уплотнение – это законченный модуль, не требующий дополнительных проверок и регулировок при монтаже. Контурную ступень образует одинарное уплотнение, а атмосферную ступень – вспомогательное уплотнение оригинальной конструкции. Особенностью уплотнения является локализация утечки при разрушении колец пары трения контурной ступени вспомогательным уплотнением, подвижное уплотнительное кольцо которого под действием давления уплотняемой среды входит в контакт с неподвижным кольцом, предотвращая неконтролируемую утечку перекачиваемого продукта.

Одинарные торцевые уплотнения существуют двух типов – это внешние и внутренние [4].

– Внутренние одинарные торцевые уплотнения используются при перекачивании жидкостей при температуре (от 85 °С до 110 °С), и высоком давлении нагнетания насоса.

– Внешнее торцевое уплотнение используется при перекачивании жидкости с содержанием абразива.

Для работы возможно изготовление автономного бачка с жидкостью для охлаждения узла уплотнения. Уплотнения этого типа могут работать до температуры +140 °С (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнение характеристик асбеста и асбестосодержащих материалов с материалами на основе ТРГ

Характеристика	Асбест	ТРГ	Примечание
Плотность см <sup>3</sup>	до 2,25	0,7-1,2	Для изделий для ТРГ меньше масса единицы продукции

Двойные торцевые уплотнения вала «Тандем» с гидравлическим затвором применяют в насосах при перекачивании:

- жидкостей с высокой температурой (выше 110 °С);

- для растворов соли и щелочей;
- для взрывоопасных, легковоспламеняющихся, ядовитых, едких, канцерогенных жидкостей;
- сред, не допускающих контакта с атмосферой.

Система включает вспомогательный насос, осуществляющий подачу охлаждающей жидкости из емкости во входное отверстие одинарного или двойного уплотнения. Через выходное отверстие жидкость поступает обратно в емкость. В гидравлической системе предусмотрены предохранительные клапаны и фильтры очистки жидкости. Из-за постоянной циркуляции жидкости и наличия гидравлического затвора в камере уплотнения можно использовать резервуар для охлаждающей жидкости без избыточного газа и при ненапряженном тепловом режиме без внешнего охладителя в виде радиаторов, вентиляции и т.п.

Повышение температуры в камере уплотнения складывается из :

- потерь мощности на трение поверхностей скольжения;
- теплопоглощение от насоса, температура которого может оказаться больше, чем температура охлаждающей жидкости.

Потери мощности от трения определены ранее и переводятся в количество теплоты  $Q$ .

Жидкость, впрыскиваемая в камеру уплотнения, может находиться при более низкой температуре, чем температура насоса. В этом случае образуется тепловой поток или теплопоглощение в камере уплотнения от насоса. Расчет теплопоглощения сложен, он требует детального анализа или проведения испытаний, доскональных знаний по специфике конструкций насоса и свойств перекачиваемой жидкости [5].

Согласно техническим требованиям завода – изготовителя подача охлаждающей жидкости для торцевых уплотнении горизонтального многоступенчатого насоса должна составлять 4–10 л/мин или 0,24–0,6 м<sup>3</sup>/час [1].

Выбор производится из номенклатуры насосов малой производительности и мощности с небольшим расходом электроэнергии, что достаточно дешевле и удобнее, чем применение водяных насосов (помп) с монтажом привода от основного электрического двигателя.

Например, 1 вариант: насос PV55 380V (Италия) с регулируемой подачей 0,12–0,36–0,6 м<sup>3</sup>/час с напором соответственно 35–21,5–8 метров, мощность 0,18 кВт, частота вращения вала 1500 об/мин, масса 4,1 кг. Насосы данной серии рекомендуются для перекачки чистой воды без абразивных частиц и химически неагрессивных жидкостей. Установка должна производиться в помещениях или местах, защищенных от атмосферного воздействия. Двигатель бесшумный, закрытого типа с наружной вентиляцией, рассчитан на работу в постоянном режиме марка PVm: однофазный 230 В – 50 Гц с конденсатором и тепловой защитой, встроенной в обмотку. PV: трехфазный 230/400В – 50 Гц. Изоляция: класс F. Степень защиты: IP 44.

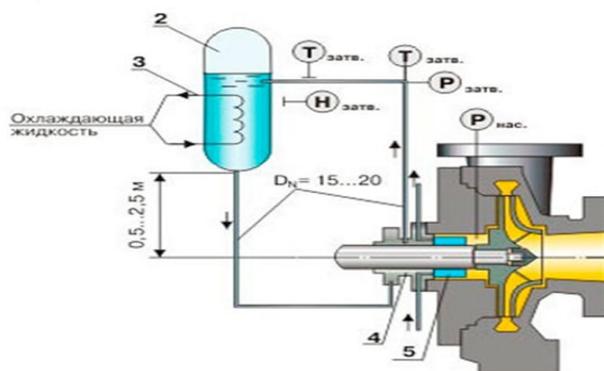
Например, 2 вариант: насос NOVAX OIL (Италия) с регулируемой подачей 1-3.5-7 л/мин с напором соответственно 9-7-1 метров, мощность 0,3 кВт, частота вращения вала 1500 об/мин [6-10].

Технические характеристики: тип насоса – вихревой самовсасывающий, электродвигатель асинхронный 220 В, IP44, с тепловой защитой и реверсом, материал корпуса, рабочего колеса:

1) серия VE – бронза,

2) серия NOVAX – бронза с покрытием никелем: уплотнение вала – манжетное, маслобензостойкое, насосы укомплектованы штуцерами под шланг и кабелем с вилкой.

Высота нормального уровня жидкости (NLL) в резервуаре охлаждающей (затворной) жидкости устанавливается изготовителем/поставщиком уплотнения. Она должна быть выше фланца корпуса насоса (рисунок 1). Она не должна быть менее 1 м (3 фут). Высоту выбирают в зависимости от скорости потока, условий затворной/буферной среды, расположения резервуара, гидравлического сопротивления и давления устройства циркуляции, которые противопоставляются рабочим характеристикам потока и требованиям допускаемого запаса по кавитации.



- 1 – редуктор газовый; 2 – бачок под давлением; 3 – система охлаждения бачка;  
 4 – уплотнение; 5 – холодильник уплотнения; 6 – дроссель;  
 7 – регулирующий вентиль; P – измерение давления; T – измерение температуры; H – измерение уровня.

Рисунок 1 – Для двойных уплотнений насоса без избыточного давления в охлаждающей системе

При выборе насоса для охлаждающей системы необходимо, чтобы давление нагнетания насоса не превышало допускаемого давления на входе в камеру уплотнения, т.е. должна быть меньше 0,6 МПа или ниже 56 метров, но не ниже 0,2 МПа или 18,7 метров напора (напор для антифриза с температурой замерзания – 400 °С). Этим параметрам соответствуют маломощные насосы

с электроприводом, которые в силу экономичности и удобства монтажа и эксплуатации более предпочтительны, чем насосы, которые можно установить с помощью механического привода от двигателя основного перекачивающего насоса.

### **Выводы**

Анализ конструкции торцевых уплотнений показал, что для перекачивания сжиженных углеводородов при температурах +80 °С и выше применяются сдвоенные торцевые уплотнения. Для давления затворной (охлаждающей) жидкости равного или чуть больше атмосферного (в нашем случае 0,2–0,6 МПа) используются торцевые, выполненные по схеме «Тандем». При давлении более 0,6 МПа (6 атм.) охлаждающей жидкости оно ослабляет сжатие основного, внутреннего уплотнения, контактирующего с перекачиваемой жидкостью. При давлении менее 0,2 МПа атмосферное давление, действующее на вспомогательное, наружное уплотнение ослабляет его поджатие к корпусу насоса.

### **Список использованных источников**

1 ГОСТ 32600-2013 (ISO 21049:2004) Насосы. Уплотнительные системы вала для центробежных и роторных насосов. Общие технические требования и методы контроля.

2 **Берлин, М. А.** Ремонт и эксплуатация насосов нефтеперерабатывающих заводов. – Химия, 1970. – 199 с.

3 **Рахмилович, З. З.** Насосы в химической промышленности: Справ, изд. – М. : Химия, 1990. – 240 с.

4 Расчет технических параметров торцевых уплотнений [info@avtokomtg.com](mailto:info@avtokomtg.com)

5 **Сулейманов, Р. И., Галимуллин, М. Л., Габдрахимов, М. С., Зарипова, Л. М., Сидоркин, Д. И., Абдюкова, Р. Я.** Совершенствование системы охлаждения насосного агрегата ЦНС // В сборнике: Современные технологии в нефтегазовом деле – 2017. Сборник трудов международной научно-технической конференции в 2-х томах. 2017. – С. 399–402.

6 **Калинин, А. Г., Левицкий, А., Никитин, Б.** Технология бурения разведочных скважин на нефть и газ. – М. : Недра-Бизнесцентр, – 1998. – 440 с.

7 **Середа, Н. Г., Муравьев, В.** Основы нефтяного и газового дела. – М. : Недра – Бизнесцентр, – 1980. – 287 с.

8 **Рындин, В. В., Волкова, Л. Ю.** Применение системы Mathcad при статистическом анализе экспериментальных данных // Наука и техника Казахстана. – 2018. – № 4. – 6–18.

9 **Юрчук, А. М., Истомин, А. З.** Расчеты в добыче нефти. – М. : Недра-Бизнесцентр, 1979. – 270 с.

10 **Abdullina, G. G., Seitenova, G. Zh., Ryndin, V. V., Dyussen, A. B.** Modernization, installation of an additional separator, to improve the operation of the piston compressor // Наука и техника Казахстана. – 2020. – № 3 – С. 54–59.

### References

1 GOST 32600-2013 (ISO 21049:2004) Nasosy. Uplotnitel'nyye sistemy vala dlya tsentrobezhnykh i rotornykh nasosov. Obshchiye tekhnicheskiye trebovaniya i metody kontrolya [Pumps. Shaft sealing systems for centrifugal and rotary pumps. General technical requirements and control methods]

2 **Berlin, M. A.** Remont i ekspluatatsiya nasosov neftepererabatyvayushchikh zavodov [Repair and operation of pumps at oil refineries] [Text]. – Chemistry, 1970. – 199 p.

3 **Rakhmievich, Z. Z.** Nasosy v khimicheskoy promyshlennosti [Pumps in the chemical industry: Reference, ed.] [Text]. – M. : Chemistry, 1990 . – 240 p.

4 Raschet tekhnicheskikh parametrov tortsevykh uplotneniy [Calculation of technical parameters of mechanical seals] info@avtokomtg.com

5 **Suleymanov, R. I., Galimullin, M. L., Gabdrakhimov, M. S., Zaripova, L. M., Sidorkin, D. I., Abdyukova, R. Ya.** Sovershenstvovaniye sistemy okhlazhdeniya nasosnogo agregata TSNS [Improving the cooling system of the central nervous system pumping unit] [Text]. V collection : Modern technologies in oil and gas business - 2017. Proceedings of the international scientific and technical conference in 2 volumes. 2017. – P. 399–402.

6 **Kalinin, A. G., Levitskiy, A., Nikitin, B.** Tekhnologiya bureniya razvedochnykh skvazhin na nef't' i gaz [Technology of drilling exploratory wells for oil and gas] [Text]. – M. : Nedra-Business Center, 1998. – 440 p.

7 **Sereda, N. G., Murav'yev, V.** Osnovy nef'tyanogo i gazovogo dela [Fundamentals of oil and gas business] [Text]. – M. : Nedra - Business Center, 1980 . – 287 p.

8 **Ryndin, V. V., Volkova, L. Yu.** Primeneniye sistemy Mathcad pri statisticheskom analize eksperimental'nykh dannykh [Application of the Mathcad system in the statistical analysis of experimental data] [Text]. Science and Technology of Kazakhstan. – 2018. – No. 4. – P. 6–18.

9 **Yurchuk, A. M., Istomin, A. Z.** Raschety v dobyche nef'ti [Calculations in oil production] [Text]. – M. : Nedra-Business Center, 1979. – 270 p.

10 **Abdullina, G. G., Seitenova, G. Zh., Ryndin, V. V., Dyussen, A. B.** Modernization, installation of an additional separator, to improve the operation of the piston compressor // Science and Technology of Kazakhstan. – 2020. – № 3 – С. 54–59.

Материал поступил в редакцию 25.03.21.

**Ә. Ш. Әбдірахман, Б. Қ. Қайролла, А. Х. Мұстафин**

Торайғыров университеті,  
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.  
Материал 25.03.21 баспаға түсті.

## ОРТАЛЫҚТАН ТЕПКІШ СОРҒЫЛАРДЫҢ БҮЙІРЛІК ТЫҒЫЗДАҒЫШТАРЫНЫҢ САЛҚЫНДАТҚЫШТАР ЖҮЙЕСІН ӘЗІРЛЕУ

Мақалада қытайлық ЛТД компаниясы шығарған көп сатылы секциялық сорғыны зерттеуге және қарастыруға мүмкіндік беретін орталықтан тепкіш сорғылардың соңғы тығыздағыштарын салқындату жүйелерінің дамуы көрсетілген. Сұйытылған көмірсутектерді айдауға арналған сорғы. Электр қозғалтқышынан айналу моментін беру  $P_H = 75$  кВт,  $n_H = 2950$  айн/мин сорғыға серпімді жең-саусақ муфтасы арқылы жүзеге асырылады.

Ыстық сорғыларды, сондай-ақ сұйытылған газдарды айдау кезінде ақаулар пайда болуы мүмкін.

Қоршаған ортаға жылу берудің бірнеше көздері бар: сұйықтық ығысқан кезде пайда болатын үйкеліс пен кернеу нәтижесінде пайда болатын жылу; тығыздау бөліктерінің айналуынан туындаған ауа кедергісінің (турбуленттіліктің) пайда болуынан пайда болатын жылу және сорғыдан тығыздау камерасы мен білікке берілетін жылу (оң жылу сіңірумен).

Кілттіі сөздер: салқындату жүйесі, көп сатылы секциялық сорғы, жүйені жобалау, қысымның жоғарылауы, термодинамикалық тепе-теңдік.

**A. Sh. Abdirahman, B. K. Kairolla, A. Kh. Mustafin**

Toraighyrov University,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 25.03.21.

## DEVELOPMENT OF COOLING SYSTEMS FOR MECHANICAL SEALS OF CENTRIFUGAL PUMPS

The article shows the development of cooling systems for mechanical seals of centrifugal pumps, which allows us to study and consider a multi-stage sectional pump manufactured by the Chinese company Ltd. A pump designed for pumping liquefied hydrocarbons. The transmission of torque from the electric motor  $P_H = 75$  kW,  $n_H = 2950$  rpm to the pump is carried out through an elastic sleeve-finger coupling.

When operating hot pumps, as well as pumping liquefied gases, malfunctions may occur.

There are several sources of heat transfer to the medium: heat generated by friction and stress generated by fluid shear; heat generated by air resistance (turbulence) caused by the rotation of the seal parts; and heat transferred from the pump to the seal chamber and shaft (with positive heat absorption).

Keywords: cooling system, multi-stage sectional pump, system design, pressure increase, thermodynamic equilibrium.

Теруге 25.03.21 ж. жіберілді. Басуға 05.04.21 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

2,74 Мб RAM

Шартты баспа табағы 9,7. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген З. С. Искакова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3747

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

e-mail: [kereku@tou.edu.kz](mailto:kereku@tou.edu.kz)

[nitk.tou.edu.kz](http://nitk.tou.edu.kz)