

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МАСЛОСИСТЕМ НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ СТАНЦИЙ

Е. А. ПУПЫШЕВ¹, П. В. ПЕТРОВ²

¹dominatorfd5@yandex.ru, ²pgl.petrov@mail.ru

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

Аннотация. Рассмотрена схема нефтеперекачивающей станции, выявлено ее назначение и состав. Приведена схема и принцип работы маслосистемы. Представлены основные проблемы, возникающие при эксплуатации маслосистемы. Выявлены проблемы маслосистем нефтенасосной станции на основе анализа в разные промежутки времени и показано процентное соотношение этих проблем. Приведено частичное решение проблем путем замены шестеренного насоса на полупогружной. Представлен и сделан анализ характеристик для систем с шестеренными и полупогружными насосами.

Ключевые слова: нефтеперекачивающая станция; маслосистема; маслоснабжение; нефть; нефтепровод; маслобак; насос; трубопровод, подшипники; резервуарный парк; характеристики системы; моделирование.

ВВЕДЕНИЕ

НПС или нефтеперекачивающая (насосная) станция – это комплекс различного рода оборудования и сооружений, главным предназначением которого является создание при помощи насосов в нефтепроводе давления для перекачки нефти от нефтепромыслов или НПЗ до конечной точки.

В состав сооружений магистрального нефтепровода входят:

- головная нефтеперекачивающая станция с резервуарным парком (назначение этого объекта – принимать подготовленную нефть с промысла или нефтепродукт с заводов);
- промежуточные нефтеперекачивающие станции с резервуарными парками;
- линейная часть с отводами и местами подкачек;
- конечный пункт с резервуарным парком [1].

Нефть поступает на ГНПС с мест добычи, проходит через систему фильтров и поступает в резервуары, откуда начинается транспортировка по основной магистрали.

Большинство НПС в Российской Федерации принадлежат ПАО «Транснефть».

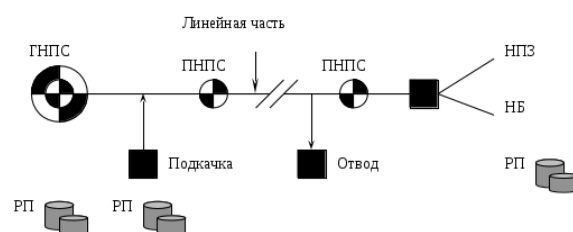


Рис. 1. Состав сооружений магистрального нефтепровода:

ГНПС – головная нефтеперекачивающая станция;
ПНПС – промежуточные нефтеперекачивающие станции;
РП – резервуарный парк;
НПЗ – нефтеперерабатывающий завод;
НБ – нефтяная база

Повышение давления потока нефти в магистральном нефтепроводе для дальнейшей транспортировки осуществляется на промежуточных нефтеперекачивающих станциях (ПНПС). К таким системам относятся различного рода вспомогательные устройства – маслосистема, система вентиляции, а также сюда относят комплекс устройств, обеспечивающих безопасное использование НПС [2].

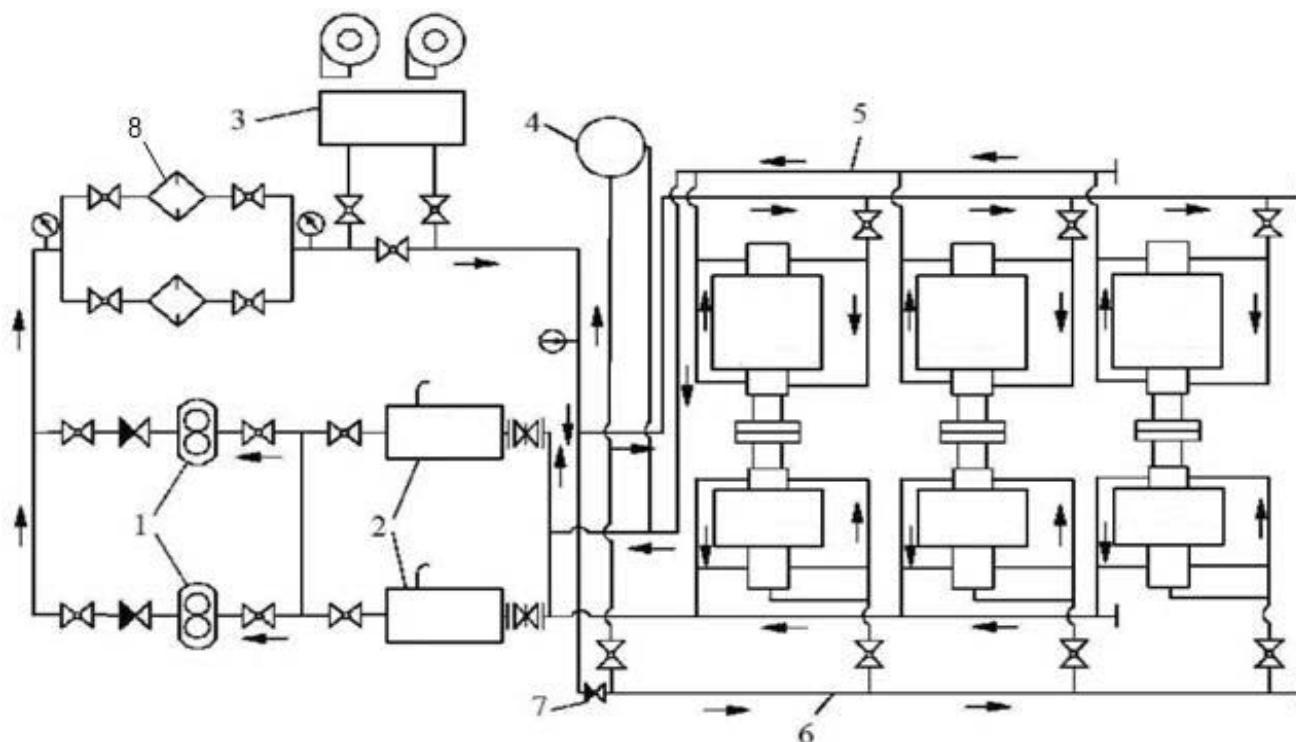


Рис. 2. Схема системы маслоснабжения НПС:

1 – шестеренный насос; 2 – маслобак; 3 – аппарат воздушного охлаждения масла;
4 – бак аккумулярующий; 5 – трубопровод отводящий; 6 – трубопровод подводящий; 7 – клапан обратный; 8 – маслофильтры

СТРУКТУРА МАСЛОСИСТЕМЫ

Маслосистема (рис. 2) предназначена для принудительной смазки и охлаждения подшипников скольжения и качения магистральных насосных агрегатов, работающих в системе нефтеперекачивающей станции НПС.

Масло с основного маслобака забирается работающим маслоснасосом шестеренчатого типа, проходит через маслофильтр, подается на маслоохладители, откуда поступает на смазку подшипников магистральных агрегатов и на заполнение аккумулярующего маслобака. В случае отключения маслоснасосов масло под действием гидростатического давления из аккумулярующего маслобака подается на смазку подшипников, обеспечивая выбег насосного агрегата в течение 15 минут.

В систему маслоснабжения входят следующие элементы:

- насос шестеренчатый с электродвигателем;
- бак масляный (представляет собой емкость сварной конструкции);

- маслоохладитель, состоящий из двух секций;
- фильтр масляный двойной состоит из двух патронов. При работе маслоустановки в действии находится один фильтр, второй в резерве;
- бак аккумулярующий (предназначен для подачи масла к подшипникам насосного агрегата во время его выбега при отключении шестеренчатого насоса) [3].

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МАСЛОСИСТЕМ НПС

Маслосистемы обладают рядом проблем, возникающих в процессе эксплуатации. Основные из них:

- аварийная температура подшипников агрегата и корпуса насоса;
- повышенная утечка нефти через торцевые уплотнения;
- аварийная вибрация агрегата;
- минимальное давление на выходе агрегата;
- изменение состояния (начало движения на закрытие) задвижек работающего насоса;

- невыполнение программы команды пуска насосного агрегата (не включение электродвигателя или (и) не открытие агрегатных задвижек);

- неисправность приборов контроля вибрации или температуры подшипников.

Был проведен комплексный анализ маслосистем нефтеперекачивающих станций. Выявлены следующие основные причины остановки маслоагрегатов:

- повышение температуры насосных агрегатов (корпуса, подшипников), вследствие чего – активный отказ (порядка 7 % от общего числа неисправностей);

- аварийный минимальный уровень в аккумулярующем баке и аварийный максимальный уровень затопления маслоприемка маслосистемы (7 % от общего числа неисправностей);

- нарушение герметичности маслосистемы, вследствие чего – снижение давления, попадания воздуха и мехпримесей в систему (порядка 44 % от общего числа неисправностей);

- вибрация/шум насосных агрегатов по причине периодического повышения нагрузки на муфту при пусках насосного агрегата со стороны электродвигателя, износа подшипников, расцентровки агрегата и попадания посторонних предметов в агрегат (32 % от общего числа неисправностей);

- неисправности, которые связаны с кристаллизацией Д/Т в «затворном» трубопроводе насоса, вследствие повреждения кабеля маслонасоса и др. (10 % от общего числа неисправностей).

Обобщив вышесказанное, на основании диаграммы, представленной на рис. 3, можно полноценно представить, как выглядит общий процент проблем, связанных с маслосистемой нефтеперекачивающих станций. Как видно из диаграммы, основные неисправности связаны с нарушением герметичности в маслосистеме (44 %) и появлением вибрации/шумов (32 %) [4].

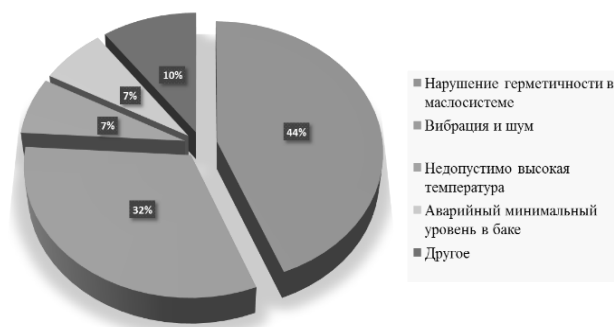


Рис. 3. Статистика проблемных факторов, влияющих на работу маслосистемы

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ

В маслосистемах нефтенасосных станций для перекачки масла используют шестеренные насосы типа НМШ. Данный тип объемной гидромашины, несмотря на ряд преимуществ, имеет существенные недостатки:

- высокая чувствительность к увеличению зазоров между шестернями и корпусом;
- значительное понижение объемного КПД при повышении температуры рабочей жидкости;
- отсутствие возможности регулировать объем подачи рабочей жидкости;
- в шестеренных насосах увеличение торцового зазора на 0,1 мм вызывает понижение объемного КПД на 20 %;
- резкое снижение ресурса насоса при высоком давлении;
- демонтаж и монтаж насосов занимает очень много времени.

На основании проведенного анализа, в схеме маслосистемы предлагается заменить насосы НМШ на полупогружной насос *Grundfo* с примерно такими же параметрами.

Основными преимуществами данного типа насосов являются: варьируемая длина погружной части, широкий рабочий диапазон, надежность в эксплуатации, удобное техобслуживание, малые габариты, несложный и быстрый монтаж.



Рис. 4. Полупогружной насос *Grundfos*

Благодаря применению данных насосов есть возможность решения следующих основных проблем, связанных с маслосистемами и возникающие при использовании насосов других типов.

№ 1. Нарушение герметичности маслосистемы, вследствие чего – снижение давления, попадание воздуха и механических примесей в систему.

Насос *Grundfos* опускается непосредственно в жидкость, что исключает попадания в него воздуха, кроме того, у данного типа насоса имеется встроенная система фильтрации, что также исключает попадания механических частиц в систему. В случае перекачки жидкости по гибким шлангам, без использования дополнительных присоединительных элементов, нарушение герметичности и попадание воздуха в систему будет сведено к минимуму.

№ 2. Вибрация и шум.

Вибрация в гидросистеме, вызванная работой центробежного насоса, по сравнению с шестеренными, значительно ниже.

№ 3. Превышение допустимого порога температуры.

Рабочий диапазон температур погружного насоса от -10 до 90 °С, что значительно выше, чем у шестеренного, температура которого ограничивается 75 °С.

№ 4. Аварийный минимальный уровень в аккумулирующем баке и аварийный максимальный уровень затопления маслоприямка маслосистемы. Данную проблему можно

решить при организации дополнительного, дублирующего насосного контура подпитки маслосистемы.

Все перечисленные проблемы можно сократить, смоделировав маслосистему в программе, чтобы численно и графически подтвердить правильность замены насоса.

В [4] была разработана гидродинамическая модель процессов в маслосистеме нефтеперекачивающей станции с целью численного подтверждения возможности замены насосных агрегатов и выработки рекомендации по улучшению основных характеристик.

Для построения гидродинамической модели был использован пакет математических вычислений *Matlab SimHydraulics*, т.к. ранее этот инструмент не был использован для построения моделей трубопровода маслосистемы нефтеперекачивающей станции.

В качестве исходной расчетной схемы была принята схема маслосистемы НПС (рис. 5).

В результате численного моделирования, полученного при отладке модели, были получены характеристики для систем с шестеренными и полупогружными насосами (рис. 6).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной обзорной статье представлена структура маслосистемы НПС, а также принцип ее работы.

Проведен комплексный анализ всех проблем, возникающих в маслосистемах НПС.

Представлены варианты решения указанных проблем путем замены шестеренного насоса НМШ на полупогружной *Grundfos*. Из характеристик систем, полученных в результате моделирования (рис. 6), видно, что при использовании полупогружного насоса колебания в системе немного сглаживаются (на 6,7 %), исчезают пульсации, система становится более равномерной, что положительно скажется на сроке службы всех агрегатов.

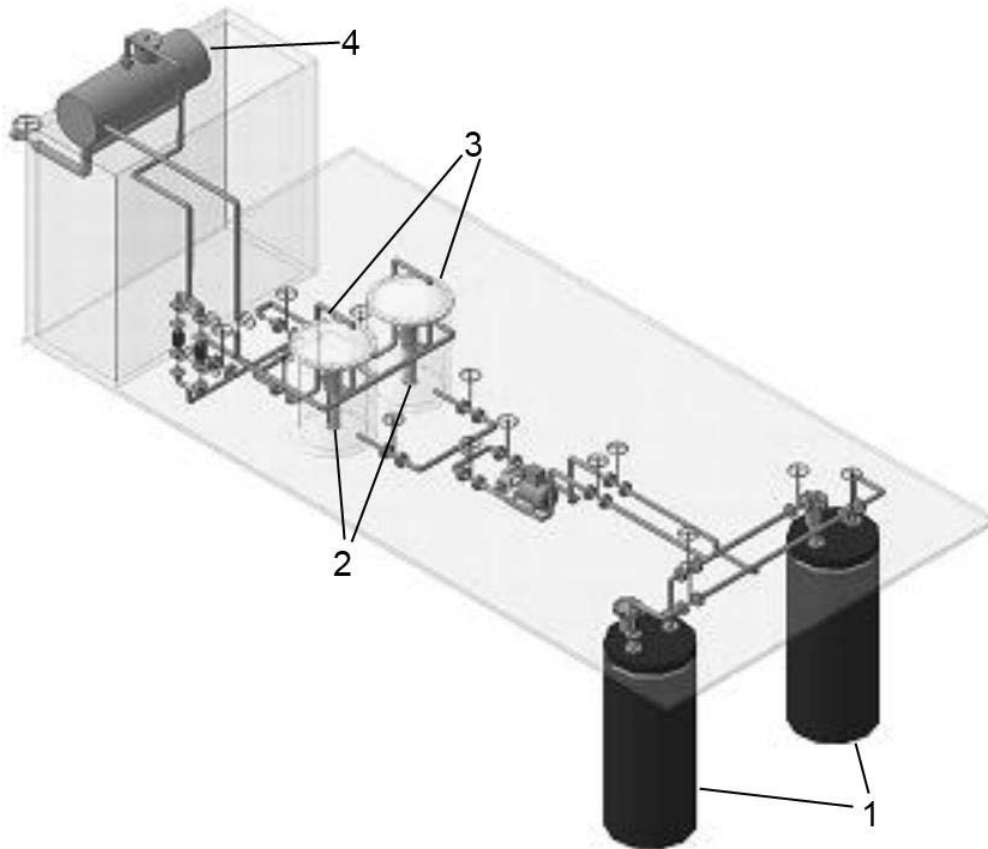


Рис. 5. Схема маслосистемы НПС:
1 – резервуары горизонтальные стальные; 2 – полупогружные насосы;
3 – маслобаки; 4 – аккумулирующий бак

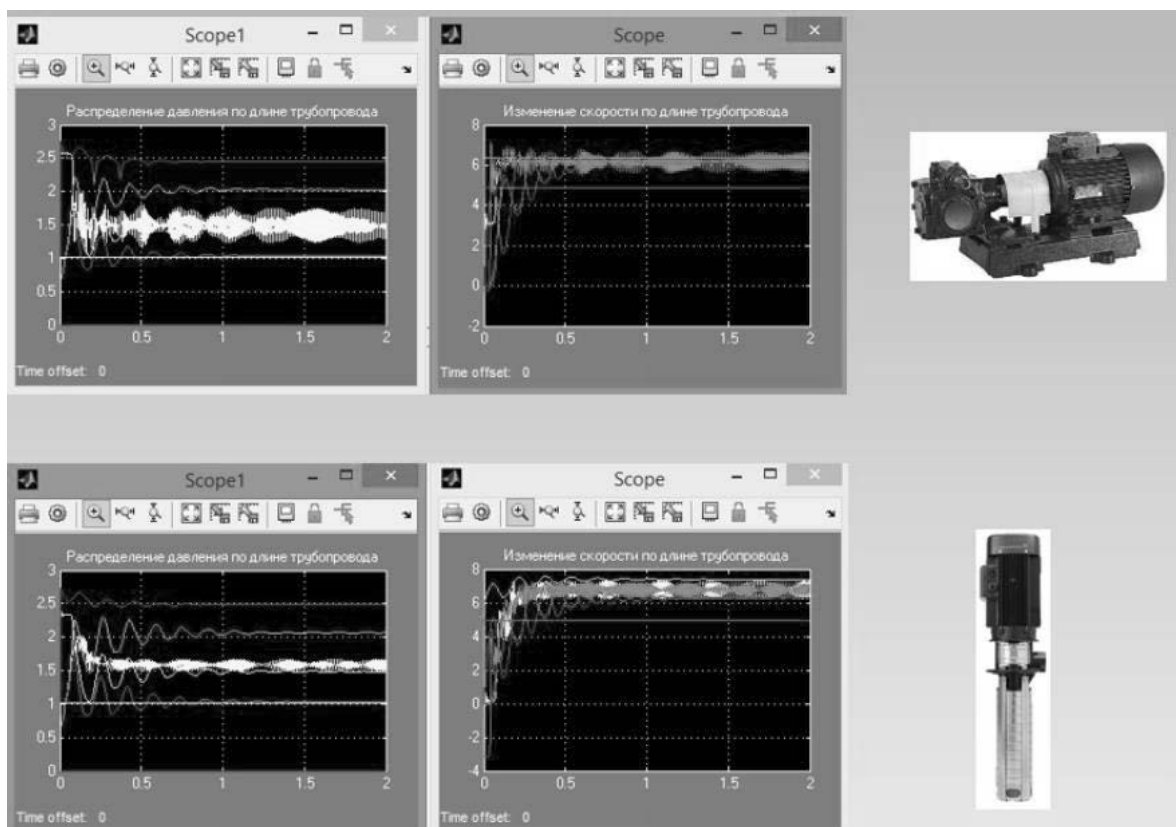


Рис. 6. Сравнение применения разных видов насосов на основании результатов расчета

Дальнейшие исследования предполагается продолжить в направлении модернизации маслосистемы НПС путем замены насосных агрегатов с целью упрощения кинематики системы питания от насосов и добавления регуляторов давления для стабилизации и понижения давления в трубопроводах для защиты подключенного к трубопроводам оборудования, что также позволит получить ровный и плавный напор, что положительно скажется на долговечности работы всей маслосистемы.

«Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-08-00394»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Тяпухин В. С., Космин В. Д.** Характеристика добычи и переработки нефти [Электронный ресурс]. URL: <https://works.doklad.ru/view/sr0QCbAi5AM.html> (дата обращения 16.02.2019). [V. S. Tyapukhin, V. D. Kosmin (2019, Feb. 16) Characteristics of oil production and refining [Online]. Available: <https://works.doklad.ru/view/sr0QCbAi5AM.html>]

2. **Назначение** и состав нефтеперекачивающих станций [Электронный ресурс]. URL: <https://oilgazinfo.ru/transport-nefty/nefteperekachivayushhaya-stantsiya> (дата обращения 11.11.2018). [Purpose and composition of oil pumping stations (2018, Nov. 11) [Online]. Available: <https://oilgazinfo.ru/transport-nefty/nefteperekachivayushhaya-stantsiya>]

3. **Корж В. В., Сальников А. В.** Эксплуатация и ремонт оборудования насосных и компрессорных станций: учеб. пособие, УГТУ, 2010. 184 с. [V.V. Korzh, A.V. Salnikov Operation and repair of equipment of pump and compressor stations., (in Russian). Ukhta: Ukhta State Technical University, 2010]

4. **Петров П. В., Грешнов А. С., Набиев Р. В.** Расчет и моделирование маслосистемы нефтенасосной станции в пакете Matlab Simulink Simscape// XXI Международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов, (Москва, Декабрь 6 2017). Москва: НИУ МЭИ, 2017. Vol. 1. P. 86–102. [P. V. Petrov, A. S. Greshnov, R. V. Nabiev, "Calculation and modeling of the oil system of the oil pumping station

in the Matlab Simulink Simscape package", (in Russia), in 21th international scientific and technical conference of students and postgraduates, Moscow, Russia, 2017, pp. 86-102.]

ОБ АВТОРАХ

ПУПЫШЕВ Егор Анатольевич, магистрант каф. ПГМ. Дипл. бакалавр (УГАТУ, 2018). Готовит дис. о модернизации маслосистемы нефтеперекачивающей станции.

ПЕТРОВ Павел Валерьевич, доц. каф. прикладной гидромеханики. М-р техн. и технол. по гидравл., вакуумн. и компрес. технике (УГАТУ, 2006). Канд. техн. наук по гидравл. машинам и гидропневмоагрег. (УГАТУ, 2009). Иссл. в обл. гидромех. систем автоматики ЛА и двиг. установок.

METADATA

Title: Main problems of oil systems oil pumping station.

Authors: E. A. Pupyshov ¹, P. V. Petrov ²

Affiliation:

Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

Email: ¹dominatorfd5@yandex.ru, ²pgl.petrov@mail.ru

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), no. 1 (20), pp. 142-147, 2019. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract: The scheme of the oil pumping station is considered, its purpose and composition are revealed. The scheme and principle of operation of the oil system. Presents the main problems encountered in the operation of the oil system. The problems of the oil systems of the oil pumping station No. 1 of the LDS "Kaltasy" were identified based on an analysis at different time intervals and the percentage ratio of these problems is shown. Partial problem solving is provided by replacing a gear pump with a submersible one. The analysis of characteristics for systems with gear and semi-submersible pumps is presented and made.

Key words: oil pumping station; oil system; oil supply; pipeline; oil tank; pump; pipeline bearings; reservoir park; system characteristics; modeling.

About authors:

PUPYSHEV, Egor Anatolyevich, master's student kaf PGM Dipl. (UGA-TU, 2019). Prepares dis. about upgrading the oil system of the oil pumping station.

PETROV, Pavel Valerievich, Assoc. Prof., Dept. of Applied hydromechanics. Master of Technics & Technology (UGATU, 2006). Cand. of Tech. Sci. (UGATU, 2009)