

|  |  |
| --- | --- |
|  | УТВЕРЖДАЮДиректор «ТНПК» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_С.Н. Казаков«\_\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_\_\_ г. |

МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО

**РЕЖИМЫ РАБОТЫ МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА ДЛЯ ОПЕРАТОРА НППС**

Тюмень 2019 г.

Методическое руководство «Режимы работы магистрального трубопровода для операторов НППС». Тюмень, «ТНПК», 2019. – 17 с.

 Методическое руководство по выполнению практической работы предназначено для операторов НППС, обучающихся в «ТНПК» по программам подготовки, повышения и подтверждения квалификации, а также курсов целевого назначения.

Руководство позволяет обучающимся овладеть практическими навыками определения процессов, происходящих в трубопроводе, закрепить теоретические знания, полученные в ходе обучения.

ОРГАНИЗАЦИЯ – РАЗРАБОТЧИК: Частное профессиональное образовательное учреждение «Тюменский нефтепроводный профессиональный колледж» («ТНПК»)

РЕЦЕНЗЕНТ:

Харитонов Николай Иванович – заведующий лабораторией

РАЗРАБОТЧИК:

Максимович Маргарита Владимировна – мастер производственного обучения

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий отделением АСУ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_С.С. Нарижний

Рассмотрено и рекомендовано к утверждению на заседании учебно-методического совета «ТНПК»

Протокол № \_\_\_\_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Содержание

|  |  |
| --- | --- |
| 1 Область применения……………………………………………………........…………… | 4 |
| 2 Термины и определения……………………………………………………...................... | 4 |
| 3 Обозначения и сокращения……………………………………………............................. | 5 |
| 4 Теоретический материал………………………………………………............................ | 6 |
| 4.1 Характеристика Q – H насосной станции и трубопровода…..................... | 6 |
| 4.2 Гидравлический уклон и факторы, влияющие на режим трубопровода.. | 9 |
| 5 Методические указания к работе на практических занятиях………………….. | 10 |
| 5.1 Практическая работа………………………………………………………............ | 13 |
| Приложение А (обязательное) Задания первого этапа практической работы…….. | 15 |
| Приложение Б (обязательное)Бланк ответов к практической работе**....................** | 17 |

**1 Область применения**

1.1 Настоящий документ устанавливает требования к выполнению практической работы по теме «Режимы работы МТ».

1.2 Настоящий документ распространяется на обучающихся на курсах подготовки и повышения квалификации операторов НППС.

1.3 Настоящий документ определяет порядок выполнения практической работы и практических заданий по теме «Режимы работы МТ».

1.4 Настоящий документ предназначен для применения в «ТНПК».

## 2 Термины и определения

В настоящем документе применены следующие термины с соответствующими определениями:

* 1. **гидравлический уклон**: Величина характеризирующая удельные потери напора в единицу длины трубопровода.
	2. **кавитационный запас насоса**: Разрежение на всасе насоса до образования кавитации.
	3. **лупинг**: Трубопровод, проложенный параллельно основному трубопроводу и соединенный с ним для увеличения его пропускной способности.
	4. **производительность режима магистрального трубопровода**: Объем нефти/нефтепродуктов, который транспортируется по технологическому участку магистрального трубопровода в единицу времени при заданных параметрах нефти/нефтепродуктов с учетом количества включенных в работу насосных агрегатов.
	5. **резервная нитка (трубопровода)**: Трубопровод, проложенный параллельно основной нитке и предназначенный для использования в качестве резерва при её повреждении.
	6. **резервуарный парк**: Комплекс взаимосвязанных резервуаров и связанного с ним технологического оборудования, предназначенный для приема, накопления и сдачи нефти/нефтепродуктов.
	7. **стационарный (технологический) режим работы (участка магистрального трубопровода):** Установившийся режим работы технологического участка магистрального трубопровода, при котором завершены все необходимые технологические переключения, давление нефти/нефтепродукта во всех точках не изменяется в течение 10 минут на величину более 0,2 кгс/см2.

Примечание – К технологическим переключениям относятся пуск/остановка перекачки по трубопроводу, включение/отключение магистрального насоса, включение/отключение НПС, полное или частичное открытие/закрытие задвижки, переключение резервуаров, начало или прекращение приема/сдачи нефти/нефтепродукта и т. п.

* 1. **технологический режим работы (участка магистрального трубопровода):** Режим перекачки нефти/нефтепродуктов по технологическому участку магистрального трубопровода, который характеризуется величиной производительности перекачки, значениями давления в различных точках данного участка, реологическими свойствами нефти/нефтепродуктов, количеством и номерами включенных в работу насосных агрегатов, а также другими параметрами.
	2. технологический участок магистрального трубопровода: Работающий в едином гидравлическом режиме участок магистрального трубопровода от одной НПС с резервуарным парком до следующей по направлению перекачки НПС с резервуарным парком или до пункта назначения, для которого предусмотрен технологический режим перекачки нефти/нефтепродуктов.
	3. **транспортировка нефти [нефтепродуктов]:** Совокупность взаимосвязанных технологических операций по приему нефти [нефтепродуктов] в пункте отправления, перекачке по магистральному трубопроводу, сдаче в пункте назначения или перевалке.

## 3 Обозначения и сокращения

В настоящем документе применены следующие обозначения и сокращения:

АВР – автоматическое включение резерва;

АРМ – автоматизированное рабочее место;

ЗА – запорная арматура;

КПД – коэффициент полезного действия;

МТ – магистральный трубопровод;

МНА – магистральный насосный агрегат;

МНС – магистральная насосная станция;

НПС – нефтеперекачивающая станция;

ПНА – подпорный насосный агрегат;

ПНС – подпорная насосная станция;

РВС(П) – резервуар вертикальный стальной (с понтоном);

РДП – районный диспетчерский пункт;

РП – резервуарный парк;

СИКН – система измерения количества и качества нефти;

САРД – система автоматического регулирования давления;

ССВД – система сглаживания волн давления;

ТДП – территориальный диспетчерский пункт;

УПС – узел подключения станции;

ФГУ – фильтр грязеуловитель;

ЧРП – частотно-регулируемый привод.

**4 Теоретический материал**

**4.1 Характеристика Q – H насосной станции и трубопровода**

По магистральным нефтепроводам ПАО «Транснефть» перекачиваются нефти и их смеси, а так же нефтепродукты с коэффициентом кинематической вязкости, не превышающей 100 сСт.

Поэтому станции оснащаются ценробежными насосами.

Основные характеристики насоса:

* объемная подача;
* напор насоса;
* мощность насоса;
* КПД насоса;
* кавитационный запас насоса

Характеристикой магистрального насоса называется графическая зависимость параметров насоса: напора H, мощности на валу насоса N, КПД и кавитационного запаса (допускаемого и критического) от подачи насоса Q при постоянных физических свойствах жидкости.



Рисунок 1 – Характеристика центробежного насоса

Зависимость напора Н, мощности на валу N от подaчи Q представлении на рисунке 1. При изменении характеристик насосной станции, они отражаются на графике.

На изменение характеристики влияет:

* изменение частоты вращения вала насоса помощью ЧРП или мультипликатора;
* изменение количества рабочих насосов;
* регулирование с применением сменных роторов, обточка рабочего колеса;
* изменение подпора на всасе насоса.

Увеличение сдвигает линию характеристики насоса вверх, уменьшение – вниз. Q и H растут или падают в зависимости от изменения в большую или меньшую сторону.

Напорной характеристикой трубопровода называется графическое представление зависимости между расходом жидкости через трубопровод и его сопротивлением.

Факторы, влияющие на изменение Q-H характеристики нефтепровода: диаметр, длина, плотность и вязкость перекачиваемого продукта;

При засорении трубопровода уменьшается его диаметр, следовательно после средств очистки характеристика трубопровода меняется. Изменять диаметр на том или ином участке трубопровода возможно с помощью дросселирования как на выходе насосной станции, так и на линейной части трубопровода. Подключение параллельного трубопровода, такого как лупинг или резервная нитка увеличивают диаметр участка трубопровода. Потери энергии (напора) из-за трения о стенки трубы по длине трубопровода увеличиваются. Чем больше вязкость и плотность жидкости, тем меньше производительность, так увеличивается сопротивление и затрачивается больше энергии. Для улучшения показателей качества нефти и уменьшения сопротивления могут применяться различные присадки.

На рисунке 2 отражена характеристика Q – H трубопровода.



Рисунок 2 – Характеристика трубопровода

Чем больше сопротивление жидкости, тем круче характеристика трубопровода, чем легче жидкости следовать по трубопроводу, тем характеристика положе.

Совмещенная характеристика нефтепровода и рабочая характеристика насоса определяют рабочую точку А, которая соответствует наибольшей производительности насоса (Q м3/час) при его работе на данный нефтепровод. По этой точке определяются все данные, характеризующие режим работы насоса: подачу Q, напор Н, мощность на валу N. Знание характеристик нефтепровода и насоса необходимо при выборе насоса. Рабочая точка должна соответствовать требуемым подаче Q и напору Н.

На рисунке 3 показана рабочая точка и значения соответствующие H, Q, N, выделены зеленым цветом.



Рисунок 3 – Совмещенная Q – H характеристика трубопровода и НПС

С помощью применения различных способов соединения насосных агрегатов можно добиться значительного увеличения напора, при последовательном соединении, либо значительного увеличения производительности с помощью параллельного соединения.

Рисунок 4 – Последовательный режим перекачки

На рисунке 4 отражено изменение производительности, напора и мощности на валу при последовательной работе агрегатов. При включении в работу второго агрегата, от точки 1 до точки 2 наблюдается значительное увеличение напора и незначительное увеличение производительности.

Рисунок 5 - Параллельный режим перекачки

На рисунке 5 от первой ко второй точке отражены изменения после подключения второго насоса параллельно, увеличивается производительность и незначительно увеличивается напор.

**4.2 Гидравлический уклон и факторы, влияющие на режим трубопровода**

Прямая, представляющая собой зависимость напора от длины вдоль оси трубопровода, называется линией гидравлического уклона.

Рисунок 6 – Линия гидравлического уклона

На рисунке 6 по оси абцисс отражается напор в метрах, по оси ординат длина трубопровода в километрах, линия гидравлического уклона графически отражает на сколько падает напор с преодолением сопротивления трубы вдоль трассы.

Причинами, влияющими на параметры режима работы МН (изменения давления на установившемся режиме работы МТ) могут быть:

* нештатное изменение положения задвижек на ЛЧ, в технологии НПС, узлов подключения НПС;
* нештатная работа САР, ССВД;
* изменение расходно-напорных характеристик насосных агрегатов;
* влияние прохождения СОД;
* увеличение перепада давления на ФГУ;
* изменение частоты тока в сети электроснабжения;
* прохождение партий нефти с отличающейся плотностью и вязкостью;
* подключение или отключение резервуаров в работу с различными геодезическими отметками и уровнями нефти;
* начало или окончание налива нефти в автоцистерны, топливные емкости;
* включение или отключение насосов откачки нефти из емкостей и т. д.

Управление режимом работы МН (пуски и остановки насосных агрегатов, переход с одного агрегата на другой) должно осуществляться в соответствии с Инструкцией по управлению ТУ. Управление основным оборудованием осуществляет управляющий диспетчер РДП (ТДП).

**5 Методические указания к работе на практических занятиях**

Цель работы: определения режима работы МТ и процессов, происходящих в нем.

Основные задачи:

1. Закрепить полученные теоретические знания по теме режимы работы МТ;
2. Получить и улучшить навыки работы с системами МПСА и СДКУ;
3. Получить и усовершенствовать умение анализировать тренды и соотносить их с технологическим процессом;

Преподаватель моделирует ситуации, представленные в таблице 1, 2. Обучающийся выполняет задания согласно требованиям данного руководства.

Обучающийся самостоятельно анализирует тренды на тренажере оператора НПС и диспетчера РДП на индивидуальном рабочем месте. Пример выполнения заданий приведен ниже.

После освоения с преподавателем всех ситуаций, представленных в руководстве, выполняется практическая работа.

Таблица 1 – Ситуации на тренажере оператора НППС

|  |  |
| --- | --- |
| № п/п | Ситуация |
| 1 | Изменение величины ротора на больший или на меньший |
| 2 | Изменение подпора насосной станции на входе МНС |
| 3 | Изменение перепада на ФГУ на больший или меньший |
| 4 | Увеличение или уменьшение уровня взливов резервуарного парка |
| 5 | Изменение эквивалентного диаметра трубопровода (подключение или отключение лупинга) |
| 6 | Изменение длины участка трубопровода  |
| 7 | Изменение положения заслонки САРД  |
| 8 | Прохождение средств очистки и диагностики по участку трубопровода |
| 9 | Порыв на участке трубопровода |
| 10 | Перекрытие задвижки на участке трубопровода |
| 11 | Режим работы двух МНА последовательно  |
| 12 | Режим работы двух МНА параллельно на один трубопровод  |
| 13 | Режим работы двух МНА параллельно на два трубопровода  |

Задание к ситуации 1 - 4:произвести самостоятельное изучение трендов давления, расхода и мощности на НПС по экранным формам МНА, МНС, УПС. Нарисовать Q-H характеристику насосной станции и трубопровода до и после изменения, пример выполнения задания 1 представлен на рисунке 7.

Рисунок 7 – Изменение ротора насоса с меньшего на больший

Задание к ситуации 5 - 10:произвести самостоятельное изучение трендов давления, расхода и мощности на НПС. Оценить изменения линии гидравлического уклона. Нарисовать Q-H характеристику насосной станции 1 и насосной станции 2. Нарисовать гидравлический уклон до и после изменения. Пример выполнения задания 9 представлен на рисунке 8.

Рисунок 8 – Порыв на участке трубопровода

Задание к ситуации 11 - 13:произвести переключения на НПС.Самостоятельно изучить тренды давления, расхода и мощности на НПС по экранным формам МНА, МНС, УПС. Нарисовать Q-H характеристику насосной станции и трубопровода до и после изменения, как на рисунке 4, 5.

Таблица 2 – Ситуации на тренажере диспетчера РДП

|  |  |
| --- | --- |
| № п/п | Ситуация |
| 1 | 2 |
| 1 | Изменение плотности перекачиваемой нефти на большую или меньшую |
| 2 | Порыв трубы с раскрытием |
| 1 | 2 |
| 3 | Утечка на трубопроводе |
| 4 | Перекрытие потока линейной задвижкой |
| 5 | Выполнение АВР на НПС |
| 6 | Остановка НПС с подключенной ССВД  |
| 7 | Остановка НПС с отключенной ССВД |
| 8 | Регулирование САРД на НПС |

Задание: произвести самостоятельное изучение трендов давления, расхода и мощности на НПС с экранных форм СДКУ. Оценить изменения линии гидравлического уклона.

**5.1 Практическая работа**

Для успешного выполнения практической работы необходимо изучить теоретический материал по данной теме, освоить теоретический материал данного методического руководства и внимательно изучить все ситуации, моделируемые преподавателем в таблице 1, 2, выполнить задания к ситуациям.

Для анализа изменения производительности (Q), нагрузки (N) и давления (напора Н) на НПС. Преподаватель моделирует изменения режима МТ на тренажере оператора НППС и диспетчера РДП.

Первый этап практической работы – построение Q – H характеристики насосной станции и трубопровода в заданных условиях, варианты заданий определены в приложении А. Обучающийся открывает указанную в задании НПС на АРМ тренажера оператора НППС и выполняет практическую работу, в соответствие с заданием. Вариант выбирается в соответствии с порядковым номером в журнале учета успеваемости.

Второй этап практической работы включает в себя определение причины изменения линии гидравлического уклона. Работы выполняются самостоятельно обучающимися в письменном виде.

Ответы первого и второго этапа заносятся в бланк ответов из приложения Б.

Первый этап оценивается по 3м критериям:

1. Правильная работа с трендами и определение величин по трендам;
2. Правильное построение совмещенной Q – H характеристики, соблюдение величин;
3. Правильность выводов по изменению давления, производительности и мощности.

По первому и второму критерию начисляется 10 баллов по третьему 5 баллов. Максимальное количество баллов за первый этап – 25.

Второй этап имеет 6 вопросов и 6 ответов на них. За каждый правильный ответ начисляется 3 балла. Максимальное количество баллов за второй этап – 18.

Общее количество баллов за практическую работу – 43 балла.

Оценка «5» соответствует диапазону от 39 до 43 баллов. Оценка «4»: от 34 до 38 баллов. Оценка «3»: от 30 до 33 баллов, 29 и менее баллов соответствует оценке «2».

**Приложение А**

(обязательное)

**Задания первого этапа практической работы**

1. Между станцией В 1 и С 1 произошло перекрытие задвижки. Проанализировать изменение давления, расхода и мощности на станции В 1. Нарисовать совмещенную характеристику Q – H, используя полученные значения.
2. Между станцией А 1 и В 1 произошло перекрытие задвижки. Проанализировать изменение давления, расхода и мощности на станции В 1. Нарисовать совмещенную характеристику Q – H, используя полученные значения.
3. Между станцией В 1 и С 1 произошел порыв трубопровода. Проанализировать изменение давления, расхода и мощности на станции В1. Нарисовать совмещенную характеристику Q – H, используя полученные значения.
4. Между станцией А 1 и В 1 произошел порыв трубопровода. Проанализировать изменение давления, расхода и мощности на станции В 1. Нарисовать совмещенную характеристику Q – H, используя полученные значения.
5. На выходе НПС В 2, прикрылась заслонка САРД. Проанализировать изменение давления, расхода и мощности на станции В 2. Нарисовать совмещенную характеристику Q – H, используя полученные значения.
6. На НПС С 2 заменили ротор с 505 мм на 530 мм. Проанализировать изменение давления, расхода и мощности на станции С 2. Нарисовать совмещенную характеристику Q – H, используя полученные значения.
7. На НПС А 2 отключили подпорный агрегат. Проанализировать изменение давления, расхода и мощности на станции А 2. Нарисовать совмещенную характеристику Q – H, используя полученные значения.
8. На НПС В 3 произошло увеличение перепада на ФГУ. Проанализировать изменение давления, расхода и мощности на станции В 3. Нарисовать совмещенную характеристику Q – H, используя полученные значения.
9. На НПС А 3 произвели переход с резервуара с уровнем взлива 2500 мм на резервуар с уровнем взлива 9000 мм. Проанализировать изменение давления, расхода и мощности на станции А 3. Нарисовать совмещенную характеристику Q – H, используя полученные значения.
10. Между В 4 и С 4 открыли лупинг. Проанализировать изменение давления, расхода и мощности на станции В 4. Нарисовать совмещенную характеристику Q – H, используя полученные значения.
11. Между В 4 и С 4 открыли лупинг. Проанализировать изменение давления, расхода и мощности на станции С 4. Нарисовать совмещенную характеристику Q – H, используя полученные значения.

**Приложение Б**

(обязательное)

**Бланк ответов к практической работе**

|  |
| --- |
| Первый этап |
| Ответ | Баллы |
|  |  |
| Второй этап |
| № п/п | Ответ | Баллы |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
| Итого баллы | Оценка |

Работу выполнил\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ дата\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_подпись\_\_\_\_\_\_\_\_

 (Ф.И.О.)

Работу проверил\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ дата\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_подпись\_\_\_\_\_\_\_\_

 (Ф.И.О. должность)