

A. P. Kislov\*, O. M. Talipov\*, A. M. Akayev\*, S. I. Igonin\*, D. S. Sagidulla\*\*

**Algorithms for calculating conducted the electromagnetic interference by stress asymmetry factor on negative sequence**

\*S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar;

\*\*Ekibastuz GRES-2, Ekibastuz.

Material received on 24.06.14.

*Кері тізбектілік бойынша керіу симметриялық еместігінің коэффициенті бойынша кондуктивті электрмагниттік тосқауылдарды есептеудің алгоритмі ұсынылған.*

*An algorithm for the calculation of conductive electromagnetic interference by coefficient of voltage unbalance on the reverse sequence.*

УДК 621:622.692

**А. К. Косынтаева, В. В. Рындин**

### **МОДЕРНИЗАЦИЯ ГНПС «АТАСУ» НА НЕФТЕПРОВОДЕ «АТАСУ – ПАВЛОДАР»**

*В качестве мероприятий по модернизации ГНПС «Атасу» рассматривается замена существующих насосов на насосы марки ZMS II 630/04 с частотно-регулируемым электроприводом. Дается сравнительный расчёт экономического эффекта от замены существующих насосов на новые.*

ГНПС «Атасу» расположена на пересечении существующего магистрального нефтепровода (МН) Омск-Павлодар-Атасу-Шымкент и построенного в 2009 г нефтепровода Казахстан-Китай (Атырау-Кеньяк-Кумколь-Атасу-Алашанькоу) с пропускной способностью 10-20 млн т/год (рис. 1). По системе Атасу-Алашанькоу с 2007 года идёт и российская нефть в объёме до 5 млн т/год.



Рисунок 1 – Основные нефтепроводы Казахстана

Для снижения зависимости Казахстана от поставок российской нефти планируется реверсирование нефти по направлению Атасу-Павлодар на Павлодарский НХЗ. При полной реализации проекта предусматривается доведение пропускной способности до 6,83 млн т/год (реверсная перекачка) по нефтепроводу диаметром 820 мм и протяженностью 681 км по трассе ГНПС Атасу-НПС Трудовое-НПС Степное-НПС Экибастуз-ГНПС Павлодар. В связи с этим предполагается модернизация ГНПС «Атасу» путём установки на станции насосов марки ZMS II 630/04.

Нефтеперекачивающая станция ГНПС «Атасу» введена в эксплуатацию в ноябре 1989 года. Она является структурным подразделением Карагандинского нефтепроводного управления Восточного Филиала АО «КазТрансОйл».

Главная нефтеперекачивающая станция «Атасу» представляет собой комплекс сооружений, оборудования и устройств для приёма, хранения и перекачки нефти по магистральному нефтепроводу «Павлодар – Шымкент», «Атасу-Алашанькоу», «Атасу-Павлодар» и подразделяется по назначению на нефтеперекачивающую станцию и резервуарный парк для приёма и хранения нефти в объёме 100 тыс м<sup>3</sup>.

На рисунке 2 приведена технологическая схема ГНПС «Атасу».

В состав ГНПС «Атасу» входят:

- насосная станция с магистральными насосными агрегатами и системой смазки, охлаждения и откачки утечек; насосы НМ 1250/260 МНА № 1, 2, 3, 4;
- подпорная насосная; насосы НПВ 1250/60, ПНА № 5, 6;
- наливная насосная; насосы НПВ 1250/60, ПНА № 8, 9;
- сливная насосная; насосы 12Ндс-Нм-ТДе 1050/48, в количестве 2 шт;
- фильтры-грязеуловители; ФГУ № 1, 2, 3 предназначены для приёма нефти из участка нефтепровода «Павлодар – Атасу», ФГУ № 4,

5, 6 предназначены для приема нефти из участка нефтепровода «Атасу – Джумагалиева»;

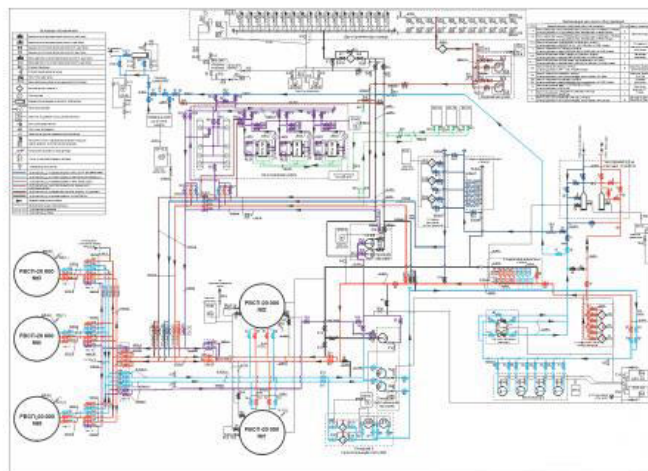


Рисунок 2 – Технологическая схема ГНПС «Атасу»

- узел регулирования давления; регуляторы давления «Гульде-Регель» № 1, 2, 3;
- узлы с предохранительными клапанами СППК-4Р;
- узел учёта нефти пропускной способностью 1600 т/ч;
- НСНЭ; нефтесливоналивная эстакада на одновременный налив 18 и слив 22 железнодорожных цистерн;
- резервуарный парк с резервуарами РВСП 20000 м<sup>3</sup> № 1,2,3,4,5.
- ППНП; печи подогрева нефти ППНП 2-18,5/6,3 АЖ № 1, 2, 3.
- системы водоснабжения, теплоснабжения, вентиляции, канализации, пожаротушения, электроснабжения, автоматики, телемеханики, АСУ, связи, производственно-бытовые здания и сооружения.

Целью данного исследования является экономическое обоснование выбора насосов марки ZMS II 630/04 в сравнении с насосами марки HM-1250-260, обеспечивающих заданную пропускную способность нефти 6,83 млн т/год. В таблице 1 приведены основные параметры рассматриваемых насосов [1, 2].

Таблица 1 – Основные параметры насосов HM-1250-260 и ZMS II 630/04

| Марка насоса  | Рабочее давление, МПа | Подача, м <sup>3</sup> /ч | Напор, м | Частота вращения мин <sup>-1</sup> | Мощность, кВт |
|---------------|-----------------------|---------------------------|----------|------------------------------------|---------------|
| HM-1250-260   | 7,36                  | 1250                      | 260      | 2950                               | 1250          |
| ZMS II 630/04 | 7,36                  | 1100                      | 245      | 1480                               | 850           |

Нефтяные магистральные насосы типа HM предназначены для перекачивания нефти и нефтепродуктов с температурой от минус 5 до 80 °С. Конструкция насоса – горизонтальная с двусторонним подводом жидкости к рабочему колесу и двухзавитковым спиральным отводом жидкости от рабочего колеса.

Насосы марки ZMS II 630/04 предназначены для перекачки нефти плотностью 785–880 кг/м<sup>3</sup> и вязкостью 150 мм<sup>2</sup>/с. В этих насосах осуществляется частотное регулирование скорости вращения вала электродвигателя магистральных насосов, что является одним из наиболее перспективных способов управления режимами перекачки нефти по трубопроводам.

На рисунках 3 и 4 приведены характеристики этих насосов [1, 2].

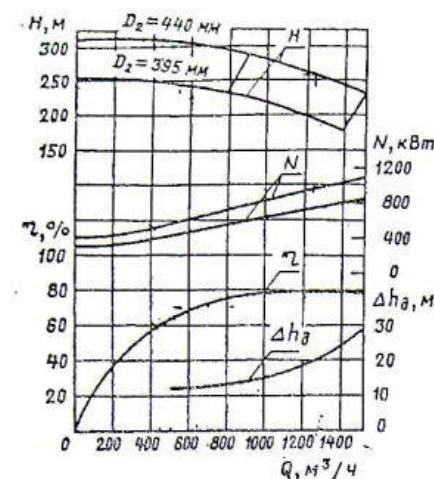


Рисунок 3 – характеристики насоса HM 1250-260

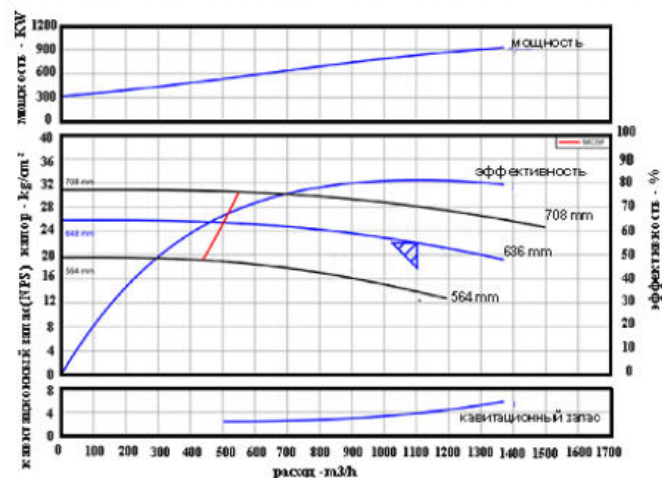


Рисунок 4 – характеристики насоса ZMS II 630/04

Ниже дан сравнительный расчёт потребления электроэнергии на транспортирование нефти насосной «Атасу – Павлодар». Для расчёта приняты исходные данные, выданные ВФ АО «КазТрансОйл», а также паспортные характеристики насосных агрегатов и данные производителя насосного агрегата ZMS II 630/04 (таблица 2) [2].

Таблица 2 – Исходные данные для расчета потребления электроэнергии

| № п/п | Наименование                                | Обозначение | Единица величины | Значение  |
|-------|---------------------------------------------|-------------|------------------|-----------|
| 1     | Планируемая массовая пропускная способность | $G$         | т/год            | 6 000 000 |
| 2     | Плотность нефти при температуре перекачки   | $\rho$      | кг/м³            | 833,4     |
| 3     | Продолжительность работы                    | $t$         | ч                | 8392      |
| 4     | Диаметр нефтепровода                        | $d$         | м                | 0,8       |
| 5     | Длина нефтепровода                          | $L$         | м                | 682       |

Рассматриваются два варианта транспортирования нефти.

Вариант № 1 (режим П+М) – подпорный насосный агрегат НПВ 1250-60 с приводным электродвигателем ВАОВ – 560М – 4 (200 кВт) плюс магистральный насосный агрегат НМ 1250-260 с приводным электродвигателем СТДП 1250 (1250 кВт).

Вариант № 2 (режим М) – Полнонапорный магистральный насосный агрегат ZMS II 630/04 с частотно-регулируемым электроприводом (850 кВт).

**Расчет капитальных затрат** на замену насосов НМ 1250-260 и НПВ 1250-60 на насос ZMS II 630/04 (таблица 3).

Затраты на приобретение нового оборудования определяются стоимостью самого насоса ZMS II 630/04:  $Z_{\text{нов}} = 250\,000\,000$  тг [2].

Стоимость демонтажа-монтажа насосов НМ 1250-260 и НПВ 1250-60 согласно расценкам ремонтного предприятия составляет  $Z_{\text{дм}} = 3\,500\,000$  тг.

Остаточную стоимость агрегатов  $Q_{\text{ост}}$  вычисляем по формуле

$$Q_{\text{ост}} = \frac{Q_{\text{перв}} - Q_{\text{перв}} \cdot N_a \cdot n_{\text{эксп}}}{100} \cdot n,$$

где  $Q_{\text{перв}} = 13\,800\,000$  тг – первоначальная стоимость демонтируемых насосов;

$N_a = 9\%$  – норма амортизации;

$n_{\text{эксп}} = 5$  лет – срок эксплуатации.

$$Q_{\text{ост}} = \frac{13\,800\,000 - 13\,800\,000 \cdot 9 \cdot 5}{100} \cdot 2 = 12\,144\,000 \text{ тг.}$$

Затраты на возведение фундамента, заготовку трубопроводов и арматуры

$$Z_{\text{ф}} = Z_{\text{нов}} \cdot 0,03 = 250\,000\,000 \cdot 0,03 = 7\,500\,000 \text{ тг.}$$

Транспортные и складские расходы

$$Z_{\text{тс}} = Z_{\text{нов}} \cdot 0,02 = 250\,000\,000 \cdot 0,02 = 5\,000\,000 \text{ тг.}$$

Затраты на замену насоса

$$Z_3 = Z_{\text{нов}} + Z_{\text{дм}} + Z_{\text{ф}} + Z_{\text{тс}} - Q_{\text{ост}} = 250\,000\,000 \cdot 0,02 = 5\,000\,000,$$

$$Z_3 = 250\,000\,000 + 3\,500\,000 + 7\,500\,000 + 5\,000\,000 - 12\,144\,000 = 25\,385\,600 \text{ тг.}$$

Таблица 3 – Сметная стоимость установленных насосов

|                                                 |                 |
|-------------------------------------------------|-----------------|
| Приобретение новых агрегатов                    | 250 000 000 тг. |
| Демонтаж-монтаж                                 | 3 500 000 тг.   |
| Заготовка фундамента и др.                      | 750 000 тг.     |
| Транспортные и складские расходы                | 500 000 тг.     |
| Ликвидационная стоимость                        | 12 144 000 тг.  |
| Итого (затраты на установку $Z_{\text{уст}}$ ): | 242 600 000 тг. |

**Расчёт затрат по электроэнергии.** Условные обозначения, принятые в расчете, приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Условные обозначения

| Обозначения | Наименование величины      | Ед. изм.          |
|-------------|----------------------------|-------------------|
| $H$         | Напор, создаваемый насосом | м                 |
| $\eta$      | КПД агрегата               |                   |
| $Q$         | Производительность насоса  | м <sup>3</sup> /с |

Плановую объёмную пропускную способность определяем по формуле (6) РД 39-075-03 [3].

$$Q = \frac{G}{t \cdot \rho} = \frac{6000000}{8392 \cdot 833.4} \cong 858 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Расчет по варианту № 1. Подпорный насосный агрегат при подаче 858 м<sup>3</sup>/ч имеет напор 57 м, при этом КПД насоса равен 0,54, а КПД электродвигателя ВАОВ-560М-4 равен 0,96 [4].

Магистральный насос НМ-1250-260 при подаче 858 м<sup>3</sup>/ч имеет напор 216 м, при этом КПД насоса равен 0,65, а КПД электродвигателя СТДП 1250 равен 0,97 [4].

Суммарный КПД насосной нефтеперекачивающей станции определяется по формуле (23) РД 39-075-03 [3].

$$\eta_{\text{нс}} = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{\sum_{i=1}^n H_i / \eta_i}.$$

Расход электроэнергии на перекачку нефти определяется по формуле (37) РД 39-075-03.

**Расчет по варианту № 2.** Полнонапорный магистральный насосный агрегат ZMS II 630/04 при подаче 858 м<sup>3</sup>/ч имеет напор 245 м, при этом КПД насоса равен 0,78, а КПД электродвигателя равен 0,97.

Суммарный КПД насосной нефтеперекачивающей станции определяем по формуле (22) РД 39-075-03.

Расход электроэнергии на перекачку нефти определяем по формуле (37) РД 39-075-03.

Результаты сравнения двух вариантов приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Сравнение двух вариантов расчёта затрат на перекачку нефти

| Наименование                                            | Старые насосы марки:<br>- НМ 1250-260<br>- НПВ 1250-60 | Новый насос марки<br>ZMS II 630/04 |
|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Расчетный расход электроэнергии на перекачку нефти, кВт | 7 861 666                                              | 5 597 856                          |
| Действующие тарифы на 2014г, тг/кВт*ч                   | 17,49                                                  | 17,49                              |
| Затраты на перекачивание нефти в год, тг                | 137 500 538,3                                          | 97 906 501,44                      |

Экономический эффект использования насоса составляет

$$\mathcal{E}\phi = \sum Z_c - \sum Z_n = 137500538,3 - 97906501,44 = 39594037 \text{ тг},$$

где  $Z_c$  и  $Z_n$  – затраты на перекачивание нефти в год (тенге) старыми и новыми насосами.

Текущая окупаемость модернизации составляет

$$T_{\text{ок}} = \frac{Z_{\text{уст}}}{\mathcal{E}\phi} = \frac{242600000}{39594037} = 6,127 \text{ лет}.$$

В результате проведенного расчёта и анализа замены существующих насосов марки НМ-1250-260 с приводным электродвигателем СТДП 1250 (1250 кВт) и НПВ-1250-60 с приводным электродвигателем ВАОВ-560М-4 (200 кВт) на полнонапорный магистральный насосный агрегат ZMS II 630/04 с частотно-регулируемым электроприводом (850 кВт) можно прийти к нижеследующим выводам:

1 Применение частотного регулирования насосов ZMS II 630/04 позволяет отказаться от смены роторов или обточки колёс насосов типа НМ при изменении режима работы нефтепровода.

2 Экономический эффект за счёт экономии электроэнергии при действующем тарифе на электроэнергию и плановых объемах перекачивания составляет 39594047 тг в год.

3 Окупаемость данной модернизации составляет чуть более 6 лет, что меньше нормативного срока окупаемости в нефтяной отрасли 10–25 лет.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Каталог Центробежные нефтяные магистральные и подпорные насосы: – Москва : ЦИНТИхимнефтемаш, 1973.

2 <http://www.ruhrpumpen.com./productos/ZM%20I%20-%20II>.

3 РД 39-075-03. Методики расчета потребления электроэнергии на транспортирование нефти по магистральным нефтепроводам.

4 Тугунов, П. И., Новоселов, В. Ф., Коршак, А. А., Шаммазов, А. М. Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации нефтебаз и нефтепроводов. Учебное пособие для ВУЗов. – Уфа : ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2002. – 658 с.

Павлодарский государственный университет  
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.  
Материал поступил в редакцию 21.06.14.

*A. K. Kosyntaeva, B. B. Ryndin*

**«Атасу-Павлодар» мұнайоткізгішінде «Атасу» БАМС жаңарту**  
С. Торайгыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.  
Материал 21.06.14 редакцияға түсті.

*A. K. Kosyntaeva, V. V. Ryndin*

**Modernization of HOPS «Atasu» at the pipeline «Atasu-Pavlodar»**  
\*S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.  
Material received on 21.06.14.

*«Атасу» БАМС жаңарту бойынша шаралар ретінде әрекеттегі сораптарды жиілікті-реттелетін электржетекпен ZMS II 630/04 маркалы сораптарға алмастыру қарастырылады. Әрекеттегі сораптарды жаңа сораптарға алмастырудан түсетін экономикалық тиімділіктің салыстырмалы есебі беріледі.*

*To modernize HOPS «Atasu» we decided to change current pumps brand ZMS II 630/04 with frequency regulable electric drive. There is comparative economical calculation during the changing of new pumps in the research work.*

