

*Занина Анастасия Юрьевна*  
*Преподаватель специальных дисциплин*  
*Кафедры электротехнических специальностей*  
*Частное профессиональное образовательное учреждение*  
*Газпром техникум Новый Уренгой*

## **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ У ПРОМЫШЛЕННОГО ПОТРЕБИТЕЛЯ**

*Аннотация.* Цель статьи – провести технико-экономическую оценку использования на дожимной компрессорной станции установок электродвигателей с модернизированными характеристиками. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: изучить имеющийся материал по данной тематике; рассмотреть мероприятия, проводимые в рамках программы энергосбережения на дожимной компрессорной станции; произвести расчет технико-экономических характеристик использования современных электродвигателей. Новизна работы заключается в систематизации первичных данных по теме исследования, а также проведении технико-экономического расчета использования современных электродвигателей. Для решения поставленных задач в статье использованы такие методы, как анализ, синтез, описание, обобщение, расчет, сравнение. Результат исследования следующий: было показано, что на дожимных компрессорных станциях выгоднее использовать электродвигатели типа *FLS450LB* или *Fless160LU*.

**Ключевые слова:** энергосбережение, дожимная компрессорная станция, электродвигатель, технико-экономический анализ.

*Zanina Anastasiya Yurevna*  
*Teacher of special subjects*  
*Department of electrical engineering specialties*  
*Private professional educational institution*  
*Gazprom technical school Novy Urengoy*

## **ANALYSIS OF EFFICIENCY OF ENERGY SAVING MEASURES AT THE INDUSTRIAL CONSUMER**

*Annotation.* The purpose of the article is to carry out a technical and economic assessment of the use of electric motors with upgraded characteristics at the booster compressor station. To achieve this goal, the following tasks were solved: to study the available material on this topic; to consider the activities carried out within the framework of the energy saving program at the booster compressor station; to calculate the technical and economic characteristics of the use of modern electric motors. The novelty of the work lies in the systematization of primary data on the topic of the study, as well as the technical and economic calculation of the use of modern electric motors. To solve the tasks in the article such methods as analysis, synthesis, description, generalization, calculation, comparison are used. The result of the study is as follows: it was shown that it is more profitable to use electric motors of the FLS450LB or Fless160LU type in booster compressor stations.

**Keywords:** energy saving, booster compressor station, electric motor, technical and economic analysis.

### **Введение**

Наиболее эффективным направлением научно-технического прогресса и средством активизации структурной перестройки экономики, фактором долговременного действия является энергосбережение.

Анализ потребления топливно-энергетических ресурсов по отрасли свидетельствуют о том, что их расходы, только на собственные нужды, составляют около 80 млн. т.у.т. или примерно 9% от всего национального потребления первичных энергоресурсов. При этом расход энергоресурсов в наибольшей степени приходится на магистральный транспорт газа из отдалённых районов страны в центральные и промышленные регионы России (свыше 80%).

Изложенные обстоятельства определяют необходимость резкой активизации энергосберегающих мероприятий на газовом промысле, призванной нарастить производственный капитал их энергохозяйств.

Исходя из всего вышеперечисленного, можно с уверенностью сказать, что изучение вопроса эффективности энергосберегающих мероприятий у промышленного потребителя является весьма актуальным.

### **Энергосберегающие мероприятия, проводимые на дожимной компрессорной станции**

В технических мероприятиях по экономии электрической энергии предусматривается:

- на каждом отходящем фидере 0,4 кВ устанавливается блок сбора данных системы АСУЭ с функцией выдачи информации;
- установка конденсаторных установок на секциях шин РУ-0,4 кВ с автоматическим управлением и дросселем;
- установка электродвигателей с улучшенными эксплуатационными характеристиками, у которых высокий коэффициент КПД и класс энергоэффективности;
- применение электродвигателей с частотно-регулируемым приводом;
- применение светодиодных и энергосберегающих технологий при выборе номенклатуры освещения завода. Светодиодные светильники

устанавливаются в закрытых помещениях, в качестве светильников аварийного освещения;

- применение частотно регулируемых приводов в системах вентиляции, а также установка систем частотного регулирования в приводах электродвигателей АВО и мощных электродвигателях насосов 0,4 кВ;

- подключение электродвигателей 0,4 кВ мощностью свыше 55 кВт через устройство плавного пуска (УПП);

- выравнивание фазных напряжений и нагрузок по каждой фазе;

- установка силовых трансформаторов с КПД более 80 % и загрузкой их не более 50 %;

- установка приборов учёта расхода электроэнергии с классом точности счётчиков не менее 0,5S.

Для экономии электроэнергии собственных нужд в соответствии с действующими нормами в проектируемых блоках предусмотрены автоматические средства поддержания режима работы обогрева оборудования с применением датчиков температуры окружающего воздуха для автоматического включения выключения обогрева.

### **Анализ эффективности энергосберегающих мероприятий, проводимых на дожимной компрессорной станции**

Для рассматриваемого предприятия был проведен технико-экономический расчет установки современных электродвигателей. Для рассмотрения были выбраны два варианта электродвигателей высокого и низкого напряжения:

Для 6 кВ:

- электродвигатель серии ВА02-560 М4;

- электродвигатель FLS450LB.

Для 0,4 кВ:

- электродвигатель серии BA02COY-18,5-12;
- электродвигатель Fless160LU.

Таблица 1 – Технические характеристики электродвигателей

Наименование электродвигателя	$P_n$ , кВт	$N_n$ , об./мин	$I_n$ , А	$\cos \varphi$	КПД, %	Цена без учета НДС, руб.	Цена с учетом НДС, руб.
BA02-560 M4	630	1450	60,69	0,9	95,5	715 040	872 000
FLS450LB	630	1493	1090	0,87	95,9	1 189 000	1 450 000
BA02COY-18,5-12	18,5	500	46,5	0,73	88,5	76 752	93 600
Fless160LU	18,5	2945	32,9	0,89	91,3	115 620	141 000

Положим, что:

- вариант 1 - BA02-560 M4;
- вариант 2 - FLS450LB;
- вариант 3 - BA02COY-18,5-12;
- вариант 4 - Fless160LU

Определим капитальные затраты, которые состоят из себестоимости трансформатора и стоимости его монтажа

$$K_i = K_{\text{себ}} + K_{\text{мон}}, \quad (1)$$

где  $K_{\text{себ}}$  – возьмем из прайс-листа;

$K_{\text{мон}}$  – возьмем 15% от  $K_{\text{себ}}$ .

$$K_1 = K_{\text{себ}1} + K_{\text{мон}1} = 81450000 + 217500 = 16675000 \text{ руб};$$

$$K_2 = K_{\text{себ}2} + K_{\text{мон}2} = 872000 + 130800 = 1143800 \text{ руб};$$

$$K_3 = K_{\text{сeб3}} + K_{\text{мон3}} = 141000 + 21150 = 162150 \text{ руб.}$$

$$K_4 = K_{\text{сeб4}} + K_{\text{мон4}} = 93600 + 14040 = 107640 \text{ руб.}$$

Теперь определим приведенные затраты:

$$\begin{aligned} Z_1 &= EK_1 + I_{a1} + I_{\text{э1}} + \Delta I_{\text{пот1}} \\ &= 0,12 \cdot 1667500 + 73370 + 98382,5 + 116725 \\ &= 488577,5 \text{ руб.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_2 &= EK_1 + I_{a1} + I_{\text{э1}} + \Delta I_{\text{пот1}} \\ &= 0,12 \cdot 1143800 + 50327,2 + 67484,2 + 80066 \\ &= 335133,4 \text{ руб.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_3 &= EK_1 + I_{a1} + I_{\text{э1}} + \Delta I_{\text{пот1}} \\ &= 0,12 \cdot 162150 + 7134,6 + 9566,85 + 11350,5 \\ &= 47509,95 \text{ руб.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_4 &= EK_1 + I_{a1} + I_{\text{э1}} + \Delta I_{\text{пот1}} \\ &= 0,12 \cdot 107640 + 4736,16 + 6360,76 + 7534,8 \\ &= 31548,52 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Теперь определим разницу между затратами 1-1 и 3-4 вариантов:

$$\Delta Z_1 = Z_1 - Z_2; \quad (2)$$

$$\Delta Z_2 = Z_3 - Z_4; \quad (3)$$

$$\Delta Z_1 = Z_1 - Z_2 = 488577,5 - 335133,4 = 153444,1 \text{ руб.}$$

$$\Delta Z_2 = Z_3 - Z_4 = 47509 - 31548,52 = 15961,43 \text{ руб.}$$

Сравним варианты в процентном соотношении:

$$\text{Вариант 1: } \frac{\Delta Z_1}{Z_1} \cdot 100\% = \frac{153444,1}{488577,5} \cdot 100\% = 31,4\%;$$

$$\text{Вариант 2: } \frac{\Delta Z_1}{Z_2} \cdot 100\% = \frac{153444,1}{335133,4} \cdot 100\% = 45,8\%;$$

$$\text{Вариант 3: } \frac{\Delta Z_2}{Z_3} \cdot 100\% = \frac{15961,43}{47509,95} \cdot 100\% = 33,6 \text{ \%};$$

$$\text{Вариант 4: } \frac{\Delta Z_2}{Z_4} \cdot 100\% = \frac{15961,43}{31548,52} \cdot 100\% = 50,6\%.$$

Определим потери энергии для всех электродвигателей, используя выражение

$$\Delta W = P_H \cdot \frac{(1-\eta_{н.дв})}{\eta_{н.дв}} \cdot 8760; \quad (4)$$

$$W_1 = P_H \cdot \frac{(1-\eta_{н.дв})}{\eta_{н.дв}} \cdot 8760 = 630000 \cdot \frac{1-0,955}{0,955} = 260172 \text{ кВт} \cdot \text{ч};$$

$$\Delta W_2 = P_H \cdot \frac{(1-\eta_{н.дв})}{\eta_{н.дв}} \cdot 8760 = 630000 \cdot \frac{1-0,959}{0,959} = 235644 \text{ кВт} \cdot \text{ч};$$

$$\Delta W_3 = P_H \cdot \frac{(1-\eta_{н.дв})}{\eta_{н.дв}} \cdot 8760 = 18500 \cdot \frac{1-0,885}{0,885} = 21024 \text{ кВт} \cdot \text{ч};$$

$$\Delta W_4 = P_H \cdot \frac{(1 - \eta_{H,ДВ})}{\eta_{H,ДВ}} \cdot 8760 = 18500 \cdot \frac{1 - 0,913}{0,913} = 15768 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Рассчитаем экономический фактор по выражениям

$$\mathcal{E}_{1-2} = (\Delta W_1 - \Delta W_2) \cdot T_{\mathcal{E}/\mathcal{E}}, \quad (5)$$

$$\mathcal{E}_{3-4} = (\Delta W_3 - \Delta W_4) \cdot T_{\mathcal{E}/\mathcal{E}}, \quad (6)$$

где  $T_{\mathcal{E}/\mathcal{E}} = 2,85$  руб/кВт·ч – это тариф за 1 кВт/ч на 2019 год.

Тогда он равен

$$\mathcal{E}_{1-2} = (\Delta W_1 - \Delta W_2) \cdot T_{\mathcal{E}/\mathcal{E}} = (260172 - 235644) \cdot 2,85 = 69904,8 \text{ руб};$$

$$\mathcal{E}_{3-4} = (\Delta W_3 - \Delta W_4) \cdot T_{\mathcal{E}/\mathcal{E}} = (21024 - 15768) \cdot 2,85 = 14979,6 \text{ руб}.$$

Расчет окупаемости осуществляется по формулам

$$T_{\text{ок.1-2}} = \frac{K_1 - K_2}{\mathcal{E}_{1-2}}, \quad (7)$$

$$T_{\text{ок.3-4}} = \frac{K_3 - K_4}{\mathcal{E}_{3-4}}, \quad (8)$$

$$T_{\text{ок.1-2}} = \frac{K_1 - K_2}{\mathcal{E}_{1-2}} = \frac{1667500 - 1143800}{69904,8} = 7,5 \text{ года};$$

$$T_{\text{ок.3-4}} = \frac{K_3 - K_4}{\mathcal{E}_{3-4}} = \frac{162150 - 107640}{14979,6} = 3,6 \text{ года}.$$

## **Заключение**

В данной работе были произведены расчеты технико-экономических показателей для энергосберегающих мероприятий на дожимной компрессорной станции.

По результатам анализа эффективности вариантов развития видно, что выгоднее использовать варианты 2 и 4, так как его потери намного меньше чем вариантов 1 и 3. Из расчета окупаемости видно, что срок окупаемости достаточно небольшой и составляет для электродвигателя на 6 кВ- 7,5 года, а для электродвигателя 0,4 кВ- 3,6 года.

## **Библиографический список**

1 Федеральный закон №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»

2 Дяченко А.И. Энергосбережение при реконструкции и модернизации компрессорных станций/Тез.докл. 54-ой межвуз. студ. науч. конф. «Нефть и газ 2000», М.: РГУ нефти и газа, 2000., с. 28.

3 Комплексная программа реконструкции и технического перевооружения объектов транспорта газа, ДКС и КС ПХГ на период 2002-2006 гг./ Том 1. - М.: ОАО «ГАЗПРОМ», ООО «ВНИИГАЗ».- 82 с.

4 Кожевников Н.Н., Чинакаева Н.С., Чернова Е.В. Практические рекомендации по использованию методов оценки экономической эффективности инвестиций в энергосбережение. М.: МЭИ, 2000.- 129 с.

## **Транслитерированный список литературы**

1 Federal law No. 261-FZ "on energy saving and energy efficiency improvement and on amendments to certain legislative acts of the Russian Federation».

2 Dyachenko A. I. energy Saving at reconstruction and modernization of compressor stations / TEZ.docl. 54th Intercollegiate. student. science. Conf. "Oil and gas 2000", Moscow: Russian state University of oil and gas, 2000. - p. 28.

3 Comprehensive program of reconstruction and technical re-equipment of gas transport facilities, DCS and CS UGS for the period 2002 2006 / Volume 1. - Moscow: JSC "GAZPROM", LLC "VNIIGAZ". - 82 p.

4 Kozhevnikov N. N., Chinakaeva N. S., Chernova E. V. Practical recommendations on the use of methods for assessing the economic efficiency of investments in energy saving. Moscow: MEI, 2000. - 129 p.