

УДК 622.692

**МЕРОПРИЯТИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЛПДС**

**MEASURES TO IMPROVE ENERGY EFFICIENCY
TECHNOLOGICAL PROCESS LINEAR INDUSTRIELLE SENDING
STASJONER (LPDS)**

Миннихметов А.А., Хафизов Р.А.

**Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа, Российская Федерация**

A.A. Minniahmetov, R.A. Hafizov

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, the Russian Federation

e-mail: adel.minniahmeto@mail.ru

Аннотация. В настоящее время актуальным является вопрос о повышении энергоэффективности магистрального транспорта нефти.

Доля затрат на электроэнергию в трубопроводном транспорте нефти составляет 30% и эта цифра продолжает расти. Этот рост обуславливается увеличением добычи нефти и соответственно увеличением объемов перекачки. Зависимость расхода электроэнергии от грузооборота находится в степенной зависимости. Поэтому, при возрастании грузооборота нефти удельный расход электроэнергии не уменьшается, а возрастает пропорционально грузообороту в степени 1,75. По этой причине необходимо проводить мероприятия для повышения энергетической эффективности и экономии электроэнергии.

Основными потребителями электроэнергии в трубопроводном транспорте являются насосные агрегаты, установленные на нефтеперекачивающих станциях (НПС) и линейных производственно-

диспетчерских станциях (ЛПДС). При мониторинге эксплуатационных характеристик насосных агрегатов возможна экономия энергопотребления от 9 до 21 % от затрат энергоресурсов на транспортировку нефти: верхняя точка обусловлена конструктивными изменениями в насосах, нижняя – за счет технического обслуживания насосов по их фактическому состоянию.

Интегрированный контроль технического состояния каждого агрегата приближает к совершенствованию технологии магистрального транспорта нефти.

В статье рассмотрены технические энергосберегающие мероприятия для повышения энергетической эффективности технологических процессов ЛПДС, разработаны и обоснованы мероприятия по повышению энергетической эффективности насосных агрегатов.

Abstract. Currently relevant is the question of enhancing the efficiency of the main oil pipelines.

The share of energy costs in the pipeline transport of oil is 30% and this figure continues to grow. This growth is caused by the increase in oil production and a correspondingly increased volumes. The dependence of energy consumption in freight rail turnover is a power-law dependence. Therefore, with an increase of turnover of oil specific energy consumption is not reduced, but increases in proportion to the turnover to the extent of 1.75. For this reason, it is necessary to carry out activities for energy efficiency and energy savings.

The primary power consumer in the pipeline transport are pumping units at OPS and LPDS. When monitoring operational characteristics of pump units is possible, energy savings of 9 to 21 % of the costs of energy for oil transportation: the upper point is due to structural changes in pumps, the lower only through the maintenance of the units in their actual condition.

Comprehensive monitoring of the technical state of each pump unit one step closer to the technology improvement of trunk pipeline transportation of oil.

The article describes the technical energy saving measures to improve energy efficiency of technological processes LPDS, developed and justified measures to improve the energy efficiency of pumping units.

Ключевые слова: линейная производственно-диспетчерская станция, магистральный насос, энергосбережение, магистральный нефтепровод.

Key words: linear production-dispatching station, main pump, energy saving, the main oil pipeline.

Для повышения энергетической эффективности технологических процессов предусматриваются следующие технические энергосберегающие мероприятия [1]:

- Оптимизация технологического процесса перекачки нефти:
 - а) обеспечение нормативного диаметра нефтепровода за счет повышения эффективности очистки внутренней полости магистральных нефтепроводов (далее – МН) от парафинистых отложений;
 - б) оптимизация технологических режимов перекачки нефти;
 - в) обеспечение существующей пропускной способности МН за счет своевременной чистки фильтров-грязеуловителей;
 - г) повышение КПД насосного оборудования за счет модернизации насосного парка и своевременного капитального ремонта насосов;
 - д) снижение электропотребления за счет внедрения устройств частотно-регулируемого привода электродвигателей.
- Энергосбережение в электрооборудовании:
 - а) снижение электропотребления нефтеперекачивающих станций (далее – НПС) за счёт замены отработавших ресурс электродвигателей и использования двигателей с более высоким коэффициентом полезного действия КПД;
 - б) замена ламп освещения на энергосберегающие лампы;

в) снижение электропотребления на НПС за счет повышения коэффициента мощности в результате применения цифровых регуляторов возбуждения синхронных электродвигателей;

г) рациональное использование электроэнергии за счет автоматического управления освещением.

- Оптимизация технологического процесса хранения нефти:

а) сокращение потерь нефти от испарения из резервуаров за счет оборудования резервуаров понтонами;

Повышение КПД насосного оборудования за счет своевременного капитального ремонта насосов.

Суммарный годовой потенциал снижения энергозатрат на перекачку нефти от улучшения технического состояния насосов составляет 9516 кВт·ч/м³ (таблица 1), в стоимостном выражении - 30260 тыс. руб. При этом стоимость электрической энергии принята в пересчете на одноставочный тариф 3,18 р./кВт·ч.

Рекомендации по проведению капитального ремонта насосов ЛПДС с низкими показателями энергоэффективности получены из условия срока окупаемости не более трех лет (таблица 2). Даже при условии постоянной работы насоса, нормативный межремонтный период (28000 часов) при этом будет больше, что обуславливает целесообразность внепланового капитального ремонта насоса с целью повышения его энергоэффективности [2].

Таблица 1. Потенциал энергосбережения от повышения КПД насосов

НПС	Номер насоса	Марка насоса	Фактический КПД, о.е.	Паспортный КПД при факт. подаче, о.е.	Средняя наработка час/год	Средняя производительность м ³ /ч	Годовой потенциал энергосбережения от повышения КПД, тыс.кВт ч/год	Годовой потенциал энергосбережения от повышения КПД, тыс.р./год	Годовой потенциал энергосбережения от повышения КПД с учетом допустимого снижения КПД, тыс.кВт ч/год	Годовой потенциал энергосбережения от повышения КПД с учетом допустимого снижения КПД, тыс.р./год
НПС-1	1	24 DVS-D	0,524	0,706	2 316	4 820	1852	5891	1654	5260
	2	24 DVS-D	0,548	0,728	2 316	4 820	1818	5782	1629	5179
	3	24 DVS-D	0,518	0,702	2 316	4 820	2229	7088	2029	6453
	4	HM 3600x230	0,606	0,830	2 316	2 693	1043	3318	945	3004
НПС-2	1	HM 10000x210	0,832	0,888	2336	8100	0	0	0	0
	2	HM 10000x210	0,855	0,862	2336	8100	0	0	0	0
	3	HM 10000x210	0,808	0,892	2336	8100	1438	4572	1160	3689
	4	HM 10000x210	0,699	0,812	2 336	6 200	1298	4127	1121	3564
ПНС	1	НПВ 5000x120	0,694	0,720	2450	3400	197	628	107	339
	2	НПВ 5000x120	0,703	0,834	2450	3400	697	2217	493	1567
	3	НПВ 5000x120	0,735	0,774	2450	3400	157	498	40	127
	4	НПВ 5000x120	0,718	0,812	2450	3400	486	1546	339	1079
Всего по ЛПДС									9516	30260

Таблица 2. Рекомендации по проведению капитального ремонта насосов

НПС	Номер насоса	Марка насоса	Годовой потенциал энергосбережения от повышения КПД с учетом допустимого снижения КПД, тыс.р./год	Стоимость кап. ремонта, тыс.р.	Простой срок окупаемости, год
НПС-1	1	24 DVS-D	5260	5000	1,2
	2	24DVS-D	5179	5000	1,3
	3	24DVS-D	6453	5000	1,1
	4	НМ 3600х230	3004	5000	2,3
НПС-2	1	НМ 10000х210	0	-	КР не требуется
	2	НМ 10000х210	0	-	КР не требуется
	3	НМ 10000х210	3689	5000	2,1
	4	НМ 10000х210	3564	5000	2,3
ПНС	1	НПВ 5000х120	339	4000	КР экономически не целесообразен
	2	НПВ 5000х120	1567	4000	4,7
	3	НПВ 5000х120	127	4000	КР экономически не целесообразен
	4	НПВ 5000х120	1079	4000	КР экономически не целесообразен
		Всего по ЛПДС	28717	34000	

Расчеты показали, что мероприятия по проведению внеочередного капитального ремонта насосов ЛПДС со сроком окупаемости до трех лет обеспечат годовую экономию электроэнергии в количестве 9030 кВт·ч на сумму 28 млн 717 тыс. рублей. В графическом виде потенциал энергосбережения от улучшения технического состояния насосов ЛПДС представлен на рисунках 1 и 2.

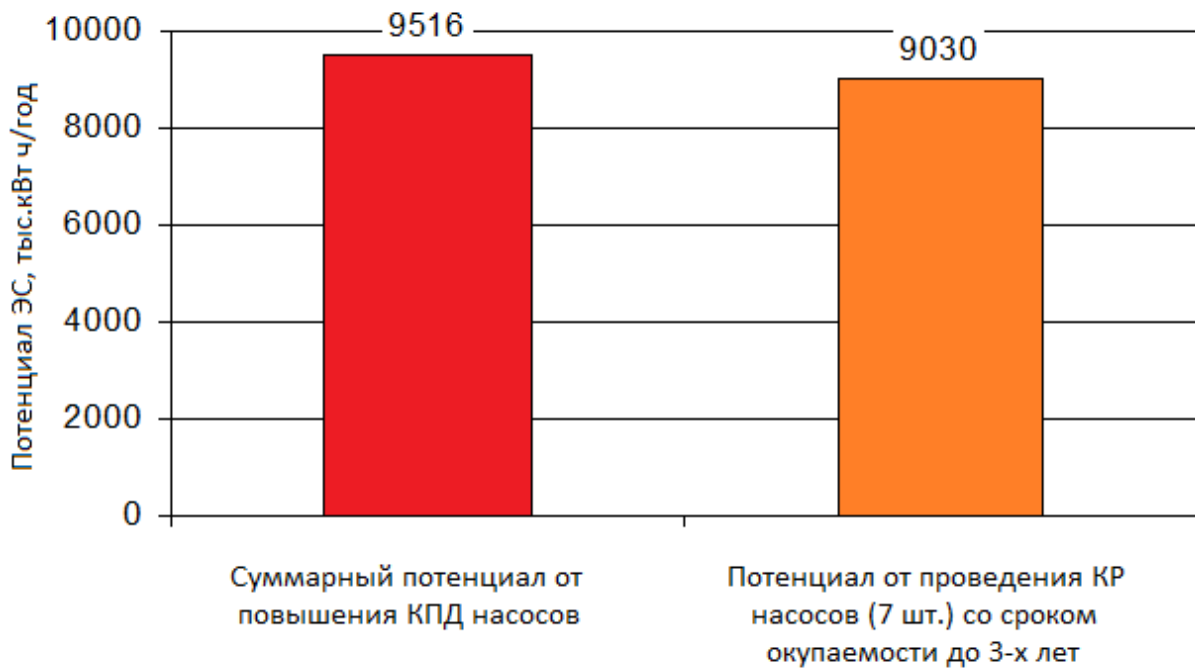


Рисунок 1. Экономия электроэнергии от проведения КР насосов ЛПДС

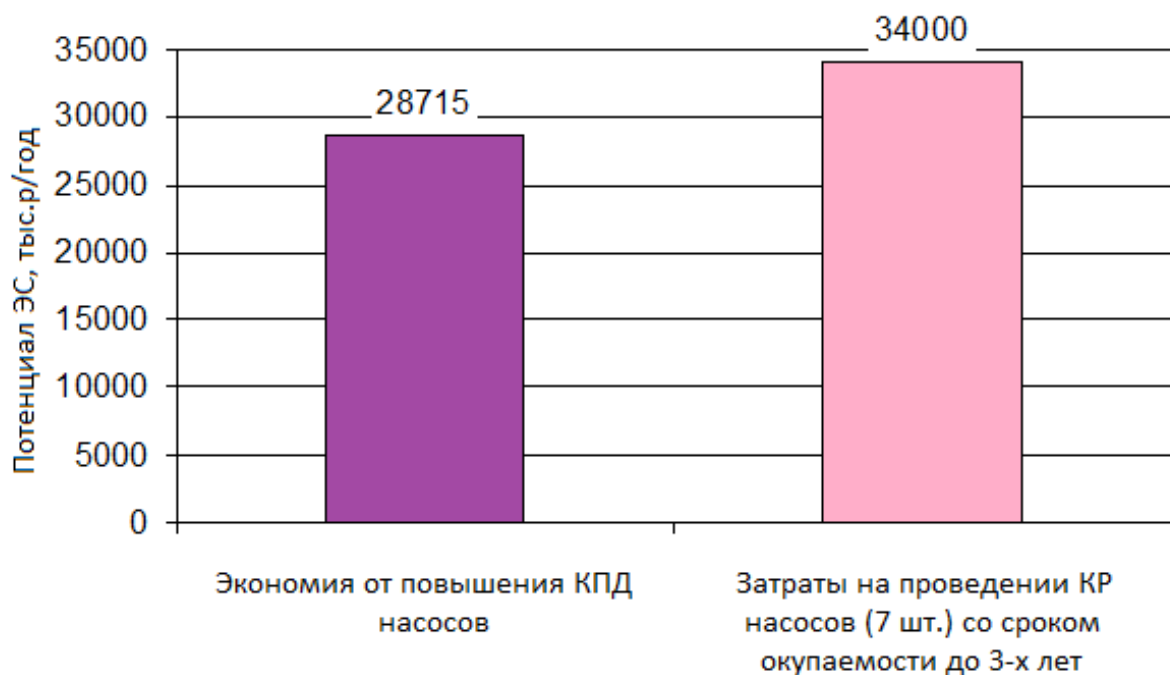


Рисунок 2. Экономия денежных средств от проведения КР насосов ЛПДС

Повышение КПД насосного оборудования за счет модернизации (оптимизации типоразмера).

Как уже упоминалось выше, замена сменного основного ротора позволяет перекачивать при более экономичном режиме, однако при этом не достигается КПД, соответствующего работе насоса на номинальной

подаче с основным ротором. Модернизация насосного оборудования с целью снижения энергопотребления позволяет достичь три главные цели:

- оптимизировать гидравлику насоса для обеспечения высокого коэффициента полезного действия насоса;
- оптимизировать конструкцию насоса и материалы конструкции, чтобы сохранить высокий КПД на протяжении всего длительного эксплуатационного периода;
- оптимизировать режимы работы, чтобы эксплуатировать насосы близко к точке оптимального КПД.

Первой в России начала осуществлять модернизацию энергоемкого насосного оборудования Компания SulzerPumps. Именно компания SulzerPumps разработала программу модернизации магистральных нефтяных насосов, применяемых в АК "Транснефть" для перекачки нефти. Модернизация насосов, проведенная по технологии SulzerPumps, состоит в замене внутреннего корпуса, проточной части и узлов насоса на новые, современные, изготовленные с применением новейших разработок. Новая проточная часть устанавливается в старом корпусе российского насоса, при этом сохраняются все установочные и присоединительные размеры. Существующая геометрия корпуса оптимизируется так, чтобы можно было устанавливать роторы на различную подачу. Такое усовершенствование геометрии проточных частей обеспечивает значительную экономию энергии за счет повышения КПД. Кроме того, механическое усовершенствование насоса повысило его надёжность, тем самым, снизив эксплуатационные расходы. Усовершенствование включало в себя установку торцевых уплотнений конструкции Sulzer/Burgmann со специальной геометрией для магистральных насосов, и контуры уплотнений со встроенными циклонными сепараторами. Спроектированные компанией Sulzer радиально/аксиальные упорные подшипники с самоустанавливающимися сегментами (сегментного типа), с увеличенным эксплуатационным сроком службы, также способствовали

увеличению надёжности насоса, и, следовательно, снижению эксплуатационных расходов. В результате подобной модернизации заказчик получает практически новый насос, созданный с применением самых современных технологий, при этом затраты - существенно ниже, чем при покупке нового изделия. КПД насоса увеличивается на 12%, существенно (в 5-7 раз) снижается уровень вибраций, сокращаются расходы на эксплуатацию (за счет увеличения межремонтных периодов).

Как показал анализ фактических показателей энергоэффективности насосного оборудования ЛПДС, в оптимизации типоразмера нуждаются насосы № 1, 2, 3.

НПС-1.

Расчетная подача насосов №1, 2, 3 НПС-1 с учетом перспектив до 2018 года составляет 4820 м³/ч. Для обеспечения работы насосов 24 DVS-D в оптимальной рабочей зоне предлагается модернизация с установкой ротора с подачей 5000 м³/ч (0,7Q_{ном}). При этом КПД модернизированного насоса будет составлять 85 %. В таблице 3 представлен расчет потенциала энергосбережения при модернизации насосов.

Таблица 3. Потенциал энергосбережения от модернизации насосов

НПС	Номер насоса	Марка насоса	Нормативный удельный расход эл.эн. при замене ротора (0,7Q _н) в рамках КР, $\Delta \text{Э}_{\text{норм. опт.}}$, кВт ч/м ³	Фактические потери электроэнергии за счет отклонения от оптимальной рабочей зоны насоса, $\Delta \text{Э}_{\text{раб.з.}}$, кВт ч/м ³	Годовой потенциал энергосбережения за счет замены ротора (0,7Q _н) в рамках КР, тыс.кВт ч/год	Годовой потенциал энергосбережения за счет замены ротора (0,7Q _н) в рамках КР, тыс.р./год
НПС-1	1	24DVS-D	0,65	0,40	4515	14359
	2	24DVS-D	0,65	0,36	4017	12775
	3	24DVS-D	0,67	0,43	4773	15177

Расчеты показали, что мероприятия по модернизации насосов ЛПДС обеспечат годовую экономию электроэнергии в количестве 13305 кВт·ч на сумму 42 млн 310 тыс. рублей.

В графическом виде потенциал энергосбережения от модернизации насосов ЛПДС представлен на рисунке 3.

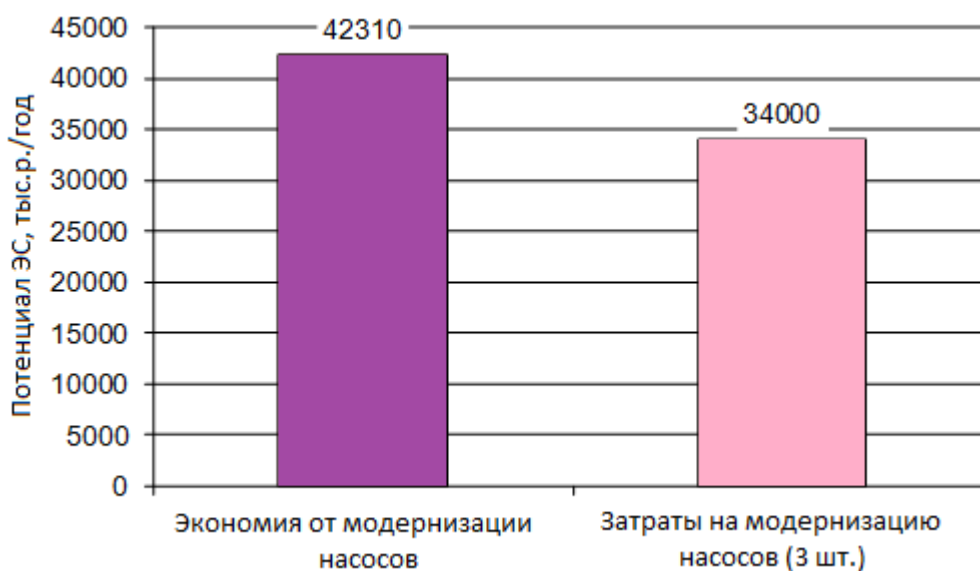


Рисунок 3. Экономия денежных средств от проведения модернизации насосов ЛПДС

Повышение КПД насосного оборудования за счет замены на новые насосы (оптимизации типоразмера).

Экономия энергозатрат насосного оборудования обусловлена значением КПД при эксплуатации. В 2010 году ОАО "АК "Транснефть" впервые в России разработала новый магистральный нефтяной насос на подачу 7000 куб. м/час совместно с Федеральным космическим агентством "Турбонасос". За 2011 год было внедрено 16 новых насосных агрегатов, включая 2 насоса новой конструкции НММ-1250-400-2УХЛ4 для ОАО "АК "Транснефтепродукт" [3].

Потенциал энергосбережения от замены насосов НПС-1 НМ №1, 2, 3 составляет 13305 кВт·ч на сумму 42 млн 310 тыс. рублей.

В графическом виде потенциал энергосбережения от модернизации насосов ЛПДС представлен на рисунке 4.

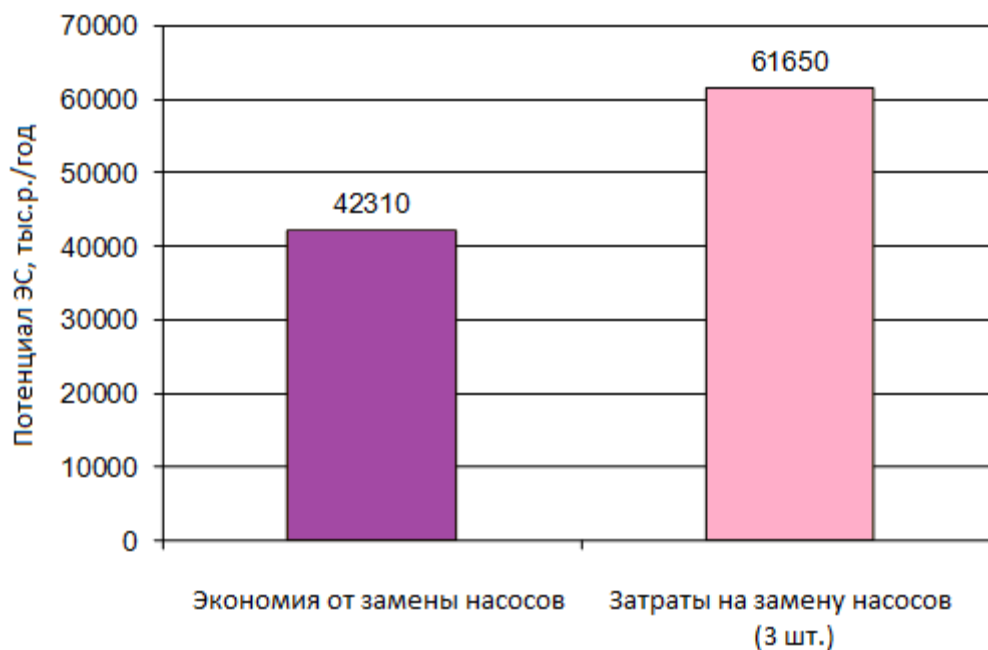


Рисунок 4. Экономия денежных средств от замены насосов ЛПДС

Внедрение частотно-регулируемого привода насосного оборудования.

Частотный преобразователь представляет собой устройство для изменения частоты электрического тока. Он используется для плавного регулирования скорости двигателя за счет создания на выходе напряжения заданной частоты. Преобразователь состоит из выпрямителя, преобразующего переменный ток в постоянный, и инвертора, который преобразует постоянный ток в переменный необходимой частоты и амплитуды.

В настоящее время применение частотно-регулируемых приводов дает значительные преимущества перед другими системами управления переменной скоростью и не оказывают столь сильного воздействия на коэффициент полезного действия системы [4].

Использование ЧРП при регулировании производительности насосов позволит [5]:

- значительно экономить электроэнергию за счет автоматического регулирования производительности насосов;
- существенно сэкономить на ремонте и обслуживании оборудования из-за уменьшения аварийных ситуаций;
- оперативно и быстро поддерживать необходимые технологические параметры в норме;
- автоматизировать процесс регулирования;
- увеличить срок службы оборудования за счет исключения прерывистого режима работы насосов;

При внедрении регулируемого электропривода экономия электроэнергии достигается за счет следующих мероприятий [6]:

- поддержание оптимального гидравлического режима в сетях;
- снижение потерь в трубопроводах;
- уменьшение потерь при дросселировании в регулирующих устройствах;
- устранение влияния холостого хода электродвигателя.

В последние годы ведущими производителями преобразовательной техники были созданы высоковольтные частотные регуляторы по надежности, простоте конструкции и обслуживанию не уступающие низковольтным преобразователям. Такие преобразователи имеют очень высокие энергетические показатели (КПД с учетом трансформатора достигает 97%), не вносят искажений в питающую сеть и способны работать с любыми (в том числе со старыми и не предназначенными специально для работы с ПЧ) электродвигателями без потери мощности. Кроме того, в отличие от гидравлической муфты, ПЧ может работать с несколькими электродвигателями поочередно и может быть зашунтирован при его неисправности.

Несмотря на то, что применение ЧРП по сравнению с гидромуфтой дает больший экономический эффект, сроки окупаемости обоих вариантов

не отличаются существенно и находятся в пределах 5-10 лет. Это связано в основном с тем, что стоимость внедрения ЧРП несколько выше.

Зависимость мощности насоса от скорости вращения рабочего колеса находится в кубической зависимости. Производительность насоса Q прямо пропорциональна скорости вращения рабочего колеса. То есть увеличение скорости вращения рабочего колеса насоса в 2 раза приводит к увеличению потребляемой мощности насоса в 8 раз.

Эффективное уменьшение потребляемой мощности при снижении расхода по требованиям технологического процесса возможно только при снижении скорости электродвигателя. Следовательно, для работы агрегата при максимальном КПД с приводом от имеющегося электродвигателя, необходимо применять частотно-регулируемый привод.

Основные характеристики насосного агрегата находятся в прямой зависимости от частоты вращения.

Основой является характеристика $H(Q)$ на номинальной скорости. Характеристика на других скоростях может быть построена в виде последовательности точек на параболе, как показано на рисунке 5.

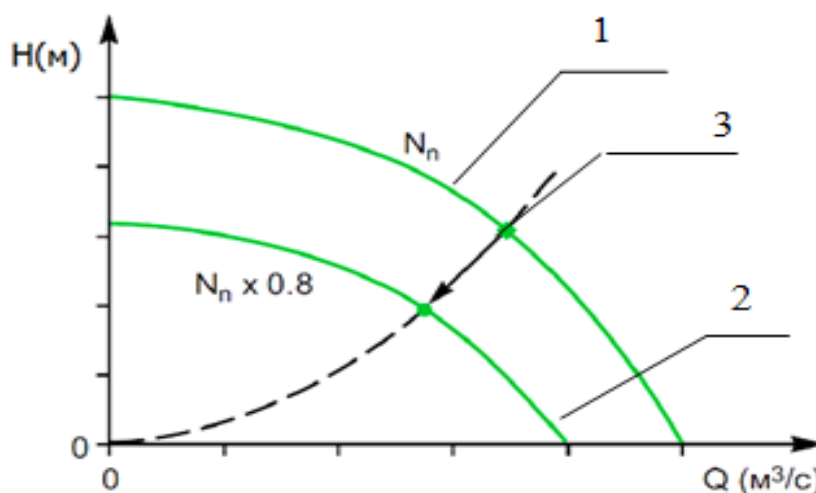


Рисунок 5. Характеристики центробежного насоса при двух различных скоростях

- 1 – напорная характеристика на номинальной частоте вращения;
- 2 – напорная характеристика на уменьшенной частоте вращения;
- 3 – характеристика трубопровода

Характеристика $P(Q)$ построена по точкам, расположенным на кубической характеристике, как показано на рисунке 6.

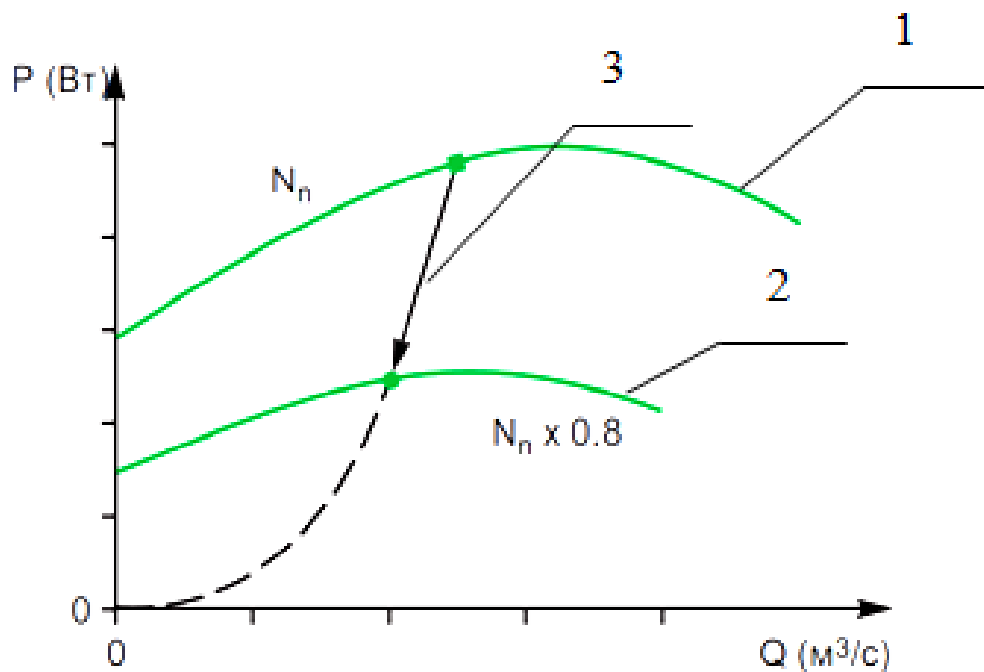


Рисунок 6. Характеристика $P(Q)$ центробежного насоса для двух различных скоростей:

- 1 – энергетическая характеристика на номинальной частоте вращения;
- 2 – энергетическая характеристика на уменьшенной частоте вращения;
- 3 – характеристика трубопровода

Изменение подачи в заданной сети.

На рисунке 7 проиллюстрировано снижение потребляемой мощности при изменении подачи насоса снижением его частоты вращения. Полезная мощность пропорциональна площади затемненных прямоугольников, это облегчает обнаружить значительное снижение мощности при изменении частоты вращения насоса.

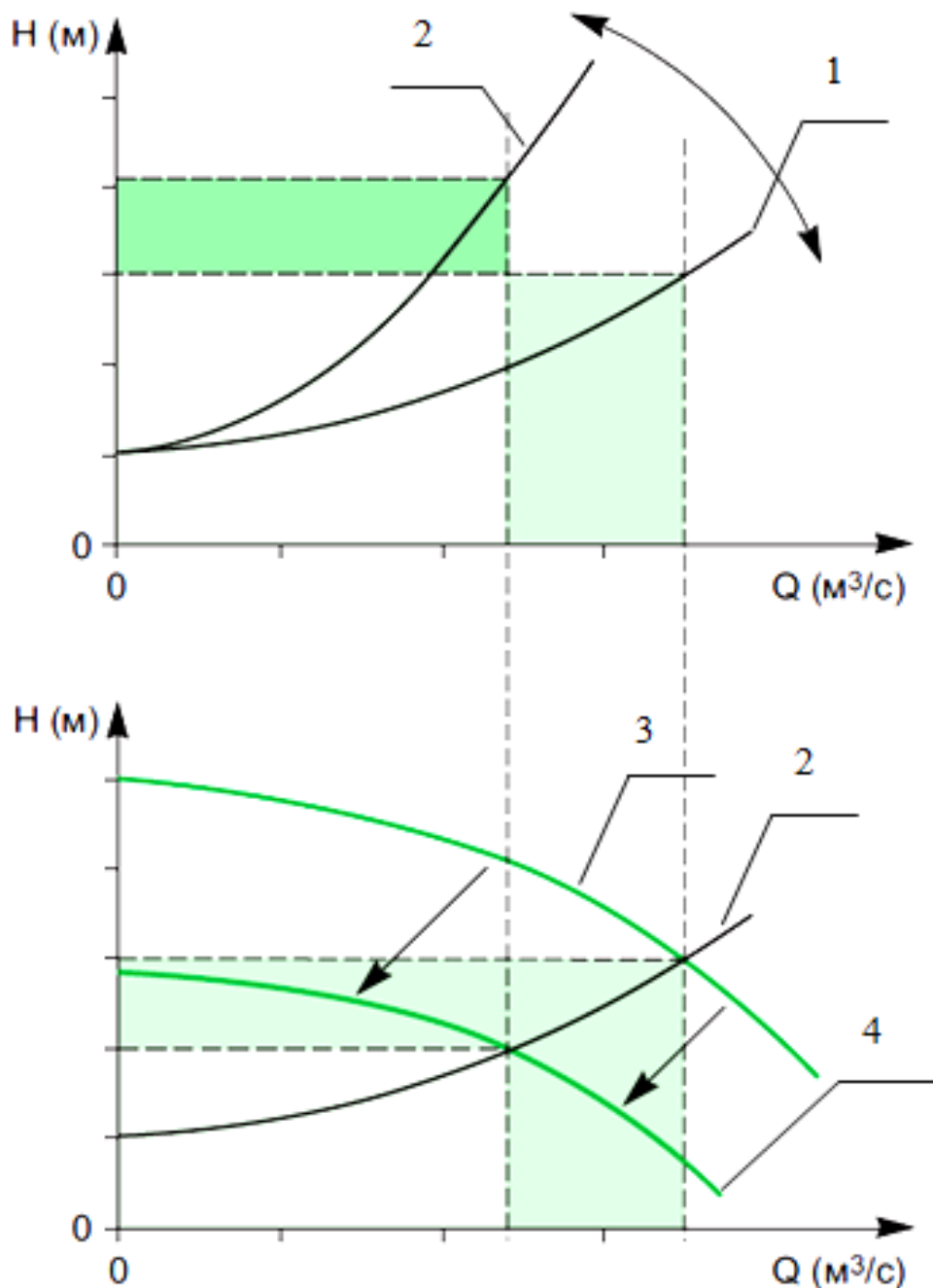


Рисунок 7. Регулирование изменения подачи насоса при постоянной и при переменной частоте вращения:

1 – характеристика трубопровода; 2 – характеристика трубопровода при дросселировании; 3 – напорная характеристика на номинальной частоте вращения; 4 – напорная характеристика на уменьшенной частоте вращения.

Регулирование изменением частоты вращения обеспечивает непрерывную эксплуатацию насоса с высокой эффективностью. Тогда мощность, потребляемая насосом, прямо пропорциональна прямоугольным областям. Данный пример оценки приведен на рисунке 8.

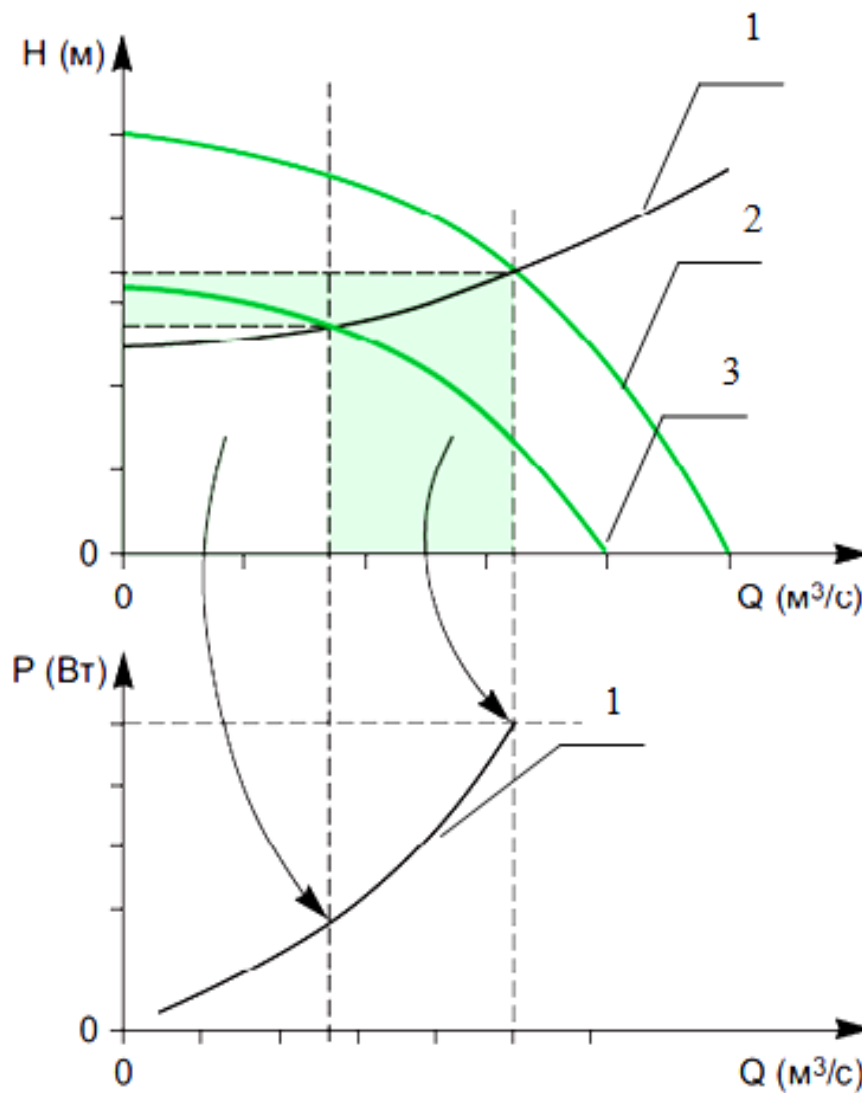


Рисунок 8. Изменение потребляемой мощности:

- 1 - характеристика трубопровода;
- 2 -напорная характеристика на номинальной частоте вращения;
- 3 - напорная характеристика на уменьшенной частоте вращения

Кроме изменения энергетических показателей в лучшую сторону, изменяются эксплуатационные характеристики: увеличивается межремонтный цикл из-за снижения механических нагрузок и смягчения пусковых режимов легко выбирается необходимый технологический режим работы насосной станции, легко выбирается необходимый технологический режим работы насосной станции.

Как показал анализ режимов работы НПС-2 около 27 % времени насосная станция работает со средней производительностью 5053 м³/час. При этом в работу включается насосный агрегат НМ10000-210 (0,7Q_н) № 4

с регулированием подачи задвижкой. Для повышения энергоэффективности работы насосного агрегата предлагается замена дросселирования на регулирование частоты вращения вала при помощи высоковольтного ЧРП.

Экономия электрической энергии при установке ЧРП насоса рассчитывается по следующей методике [6]:

Фактическая частота вращения вала насоса, об/мин:

$$n_{\phi} = \frac{Q_n \cdot n_n}{Q_{\phi}} \quad (1)$$

Расчетная мощность на валу насоса при номинальной частоте вращения и фактической производительности Q_{ϕ} определяется по паспортной энергетической характеристике насоса, или с учетом удельного нормативного максимального расхода электрической энергии, кВт:

$$N_{\text{вал}} = \mathcal{E}_n \cdot Q_{\phi} \cdot \eta_{\text{дв}} \quad (2)$$

При внедрении ЧРП потребляемая насосом мощность при фактической производительности, N'_{ϕ} , кВт

$$N_{\text{вал}}^{\text{чрп}} = N_{\text{вал}} \cdot \left(\frac{n_{\phi}}{n_n}\right)^3 \quad (3)$$

Потребляемая мощность насосным агрегатом с внедрением ЧРП, кВт

$$N_{\text{на}}^{\text{чрп}} = \frac{N_{\text{вал}}^{\text{чрп}}}{\eta_{\text{чрп}} \cdot \eta_{\text{дв}}}, \quad (4)$$

где $\eta_{\text{чрп}}$ – КПД ЧРП (принимается равным 0,95),

$\eta_{\text{дв}}$ – КПД электродвигателя (принимается равным 0,967).

Экономия электроэнергии \mathcal{E} , тыс.кВт·ч/год составит:

$$\mathcal{E} = \frac{(N_{\phi}/\eta_{\text{дв}} - N_{\text{чрп}}) \cdot \tau}{1000}, \quad (5)$$

где τ – средняя наработка насоса, час/год. Результаты расчетов представлены в таблице 4.

Таблица 4. Результаты экономии электроэнергии при установке ЧРП

Марка насоса	Q_n , м ³ /час	Q_f , м ³ /час	Средняя наработка, ч/год	n_n , об/мин	n_f , об/мин	$N_{на}$, кВт	$N_{вал}$, кВт	$N_{вал}^{ЧРП}$, кВт	$N_{на}^{ЧРП}$, кВт	Экономия электроэнергии Э, тыс.кВт·ч	Экономия электроэнергии в денежном виде Э, тыс.руб.
НМ 10000-210 № 4	7000	5053	2336	3000	2165,6	3867	3739	1406	1531,05	5456	17352

Внедрение ЧРП позволит экономить около 5,5 млн кВт·ч/год, что в денежном выражении составит более 17 млн рублей.

Выводы

Таким образом, были рассмотрены энергосберегающие мероприятия по улучшению технического состояния насосного оборудования. Для эффективного снижения потребляемой мощности при уменьшении расхода было рассмотрено применение частотно-регулируемого привода, потенциал энергосбережения которого составляет более 5000 тыс. кВт·ч/год, что в денежном выражении является более 17 млн рублей.

Список используемых источников

1 Галлямов А. К. Обеспечение надежности функционирования системы нефтепроводов на основе технической диагностики. М.: ВНИИОЭНГ, 1997. 598 с.

2 РД-75.000.00-КТН-079-10. Руководство по техническому обслуживанию и ремонту оборудования и сооружений нефтеперекачивающих станций. – ВЗАМЕН РД-08.00-60.30.00-КТН-016-1-05; Введен 27.01.2010. Уфа.: ГУП ИПТЭР, 2010. 126с.

3 ОАО «АК «Транснефть» [электронный ресурс]. – <http://www.transneft.ru/news/425/>

4 Петров Д. Применение современных преобразователей частоты//Силовая электроника. 2007. № 3. С.49

5 Частотно-регулируемые приводы переменного тока (экономия электроэнергии). Воронеж: Стройтехавтоматика, 2006. 6с.

6 ОР-03.100.50-КТН-144-11. Порядок разработки, утверждения, корректировки и контроля исполнения Программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности ОАО «АК «Транснефть». – Введен 01.12.2011г. – М.:ООО «НИИ ТНН», 2011. 78 с.

References

1 Galljamov A. K. Obespechenie nadezhnosti funkcionirovanija sistemy nefte-provodov na osnove tehnicheckoj diagnostiki. M.: VNIIOJeNG, 1997. 598 s. [in Russian].

2 RD-75.000.00-КТН-079-10. Rukovodstvo po tehnicheckomu obsluzhivaniju i re-montu oborudovanija i sooruzhenij nefteperekachivajushhih stancij. – Vzamen RD-08.00-60.30.00-КТН-016-1-05; Vveden 27.01.2010. Ufa: GUP IPTJeR, 2010. 126s. [in Russian].

3 ОАО «АК «Transneft'» [jelektronnyj resurs]. – <http://www.transneft.ru/news/425/>. [in Russian].

4 Petrov D. Primenenie sovremennyh preobrazovatelej chastoty//Silovaja jelek-tronika. 2007. № 3. S.49. [in Russian].

5 Chastotno-reguliruemye privody peremennogo toka (jekonomija jelektrojener-gii). Voronezh: Strojtehavtomatika, 2006. 6s. [in Russian].

6 ОР-03.100.50-КТН-144-11. Porjadok razrabotki, utverzhdenija, korrekcirovki i kontrolja ispolnenija Programm v oblasti jenergosberezhenija i povyshenija jenerge-ticheckoj jeffektivnosti ОАО «АК «Transneft'»-Vveden 01.12.2011g. – М.:ООО «НИИ ТНН», 2011. 78 s. [in Russian].

Сведения об авторах

About the authors

Миннихметов А.А., студент кафедры «Транспорт и хранение нефти и газа», ФГБОУ ВО УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

A.A. Minniahmetov, Student of the Chair «Transport and Storage of Oil and Gas», FSBEI HE USPTU, Ufa, the Russian Federation

e-mail: adel.minniahmeto@mail.ru

Хафизов Р.А., студент кафедры «Транспорт и хранение нефти и газа», ФГБОУ ВО УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

R.A. Hafizov, Student of the Chair «Transport and Storage of Oil and Gas», FSBEI HE USPTU, Ufa, the Russian Federation

e-mail: hafizrivil@mail.ru