

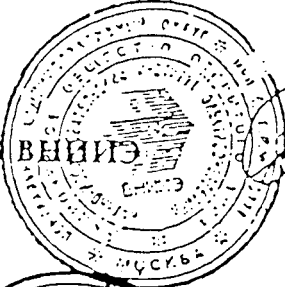
"УТВЕРЖДАЮ"  
Заместитель ~~Министра~~  
топлива и энергетики РФ  
В.А. Бушуев  
3.04

"СОГЛАСОВАНО"  
Начальник Главгосэнергонадзора  
Б.П. Варнавский

# ИНСТРУКЦИЯ

по расчету экономической эффективности  
применения частотно-регулируемого электропривода

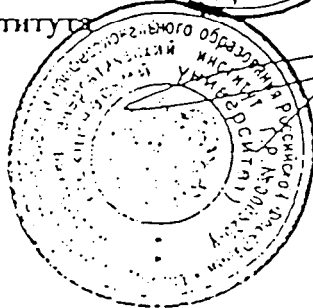
Генеральный директор АО



ВНИИЭ

Д.С. Саввантов

Проректор Московского  
энергетического института



А.В. Клименко

## I Введение

Настоящая временная инструкция разработана Научно-исследовательским институтом электроэнергетики (АО ВНИИЭ) и Московским энергетическим институтом (МЭИ) в соответствии с программой работ по комплексной научно-технической программе "Создание и внедрение частотно-регулируемого электропривода (ЧРП) в ТЭК и в коммунальном хозяйстве", утвержденной Минтопэнерго России 19.12.1995 г.

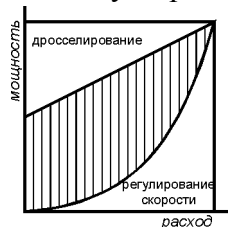


Рис. 1

Инструкция учитывает основные аспекты энергосбережения и позволяет определить предварительные оценки ресурсосбережения в насосных и вентиляционных установках общего назначения.

В инструкции не отражены другие преимущества, связанные с применением ЧРП - улучшение характера протекания переходных процессов, снижение затрат на обслуживание, уменьшение шума и пр.

Действие настоящей инструкции распространяется на установки, находящиеся в эксплуатации, т.е. когда не изменяется запроектированная технологическая схема. Для вновь проектируемых установок с ЧРП должны быть учтены аспекты, связанные с упрощением и удешевлением технологической схемы - отказ от применения обратных клапанов в насосах, исключение заслонок, задвижек, уменьшение числа насосов и вентиляторов и др.

Способы и примеры предварительной оценки эффективности применения ЧРП изложенные в инструкции предназначены для персонала, разрабатывающего мероприятия по энергосбережению и ответственного за эксплуатацию действующих насосных и вентиляционных агрегатов в электроэнергетике, промышленности и коммунальном хозяйстве.

## II Общие сведения

В последние годы почти все тепловые электростанции (ТЭС) с энергоблоками единичной мощности 100-310 МВт вовлекаются в регулирование суточных и сезонных графиков нагрузки. Разгрузка газо-мазутных энергоблоков достигает 70-75%, а угольных - 50%. В этих условиях, для обеспечения эффективной работы и высокого КПД энергоблоков, важнейшей задачей является снижение энергопотребления на собственные нужды ТЭС.

Дутьевые вентиляторы и дымососы, питательные, бустерные, конденсационные, насосы - основные потребители электроэнергии на собственные нужды. Для энергоблоков мощностью 100-300 МВт, работающих на газе, на долю упомянутых механизмов приходится в среднем 6,1-4,2%, для работающих на угле эта величина составляет 7,8-5,6%.

Существуют различные способы управления производительностью вентиляторов и насосов дросселирование нагрузки, снижение единичной мощности агрегатов и увеличение их количества и т.д. Наиболее эффективным способом является регулирование скорости вращения.

На рис.1 заштрихована экономия мощности при использовании ЧРП взамен дросселирования. Для получения, например, половины полного расхода при регулировании скорости будет затрачено около 13% полной мощности, тогда как при дросселировании - около 75%. экономия составит примерно 60%

Применение ЧРП на насосах и вентиляторах обеспечивает интегральное снижение потребляемой мощности на 25-40% и позволяет увеличить мощность энергоблока в среднем на 1-2% за счет исключения в водяных и воздушных трактах дросселей и заслонок, а также улучшения технологических процессов выработки электроэнергии, например, сжигания топлива. Поэтому для механизмов собственных нужд ТЭС непосредственно участвующих в процессе производства электроэнергии (прежде всего дымососы и дутьевые вентиляторы, питательные насосы и т.п.), должны учитываться совокупно как фактор увеличения мощности энергоблока, так и фактор энерго- и ресурсосбережения.

В состав ЧРП входят стандартный или специальный асинхронный или синхронный электродвигатель, транзисторный или тиристорный преобразователь частоты, согласующий трансформатор либо реактор, пускорегулирующая и коммутационная аппаратура. Иногда для решения проблемы электромагнитной совместимости с сетью в состав комплексной поставки ЧРП могут входить фильтро-компенсирующие устройства.

Не менее эффективно применение ЧРП в коммунальном хозяйстве. Переход от нерегулируемого асинхронного электропривода насосов и вентиляторов в системах водо- и воздухообеспечения городских РТС, котельных и центральных тепловых пунктах (ЦТП) к частотно-регулируемому позволяет экономить до 60% электроэнергии, а в системах водоснабжения - до 25% потребления холодной воды и до 15% горячей воды.

Указанная экономия достигается за счет исключения ненужных для комфортного водо- и воздухообеспечения избытков напора (давления), закладываемых при проектировании системы, а также возникающих в процессе работы - при изменениях расхода, при росте напора в водоснабжающих магистралях и т.п.

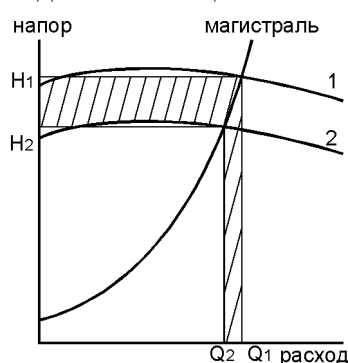


Рис. 2

Если при некоторой характеристике магистрали (рис.2) нерегулируемый насос с характеристикой 1 создает напор  $H_1$ , которому соответствует мощность, пропорциональная  $H_1Q_1$ , а для комфортного водоснабжения достаточно напора  $H_2$  при мощности  $H_2Q_2$ , то переход за счет ЧРП на характеристику насоса 2 позволит сэкономить мощность  $H_1Q_1 - H_2Q_2$  (заштрихована на рис. 2).

Экономия воды в системах водоснабжения связана с устранением при регулируемом электроприводе ненужных избытков давления (напора). Для существующих систем водоснабжения в коммунальной сфере каждая лишняя атмосфера (10 м в.ст.) вызывает за счет больших утечек дополнительные 7-9% потерь воды.

Так, для Москвы при массовом применении в системах водоснабжения ЧРП экономия воды составит около 250 млн. м<sup>3</sup> в год.

Наряду с изложенными составляющими энергосбережения, которые легко учитываются и оцениваются, применение ЧРП дает ряд дополнительных преимуществ :

- экономию тепла в системах горячего водоснабжения за счет снижения потерь воды, несущей тепло;
- возможность создавать при необходимости напор выше основного;
- уменьшение износа основного оборудования за счет плавных пусков, устранения гидравлических ударов, снижения напора: по имеющемуся опыту в коммунальной сфере количество мелких ремонтов основного оборудования снижается в два раза;
- снижение шума, что особенно важно при расположении насосов или вентиляторов вблизи жилых или служебных помещений;
- возможность комплексной автоматизации систем водо- и воздухообеспечения. В настоящей инструкции эти факторы учитываются приближенно, введением коэффициента  $k > 1$ .

По данным специалистов института EPR1 (США) эффективность ресурсосбережения при использовании ЧРП соизмерима с экономическим эффектом от энергосбережения.

Объективная и количественная оценка указанных факторов может быть получена по мере накопления опыта эксплуатации ЧРП.

### III. Определение экономического эффекта при установке ЧРП на ТЭС или в промышленности

Целесообразность применения ЧРП взамен дросселирования оценивается по заданным диаграммам требуемого расхода при расчетном цикле работы механизмов следующим образом:

1. Регистрируют номинальные данные вентилятора (насоса)  $Q_{\text{НОМ}}$ , м<sup>3</sup>/час,  $H_{\text{НОМ}}$ , м в.ст.,  $\eta_{\text{ВЕНТ.НОМ}}$  и двигателя  $P_{\text{ДВ.НОМ}}$ , кВт,  $n_{\text{НОМ}}$ , об/мин,  $\eta_{\text{ДВ.НОМ}}$ ;

2. На действующей установке измеряют или устанавливают расчетным путем мощность  $P$ , кВт, потребляемую двигателем, и производительность  $Q$ , м<sup>3</sup>/час, при полностью открытой задвижке или заслонке ( $P_{\text{МАКС}}$  и  $Q_{\text{МАКС}}$ ) и в ряде промежуточных точек и строят зависимость  $P$ , кВт от относительного расхода  $Q^* = \frac{Q}{Q_{\text{МАКС}}}$  - график 1 на рис. 3.

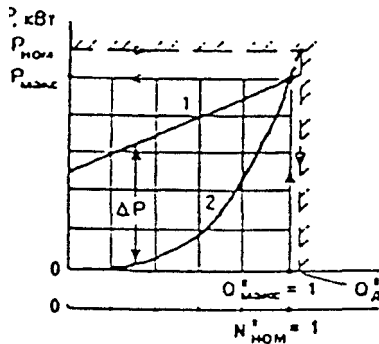


Рис. 3

При расчете экономии от внедрения ЧРП на механизмах, непосредственно участвующих в процессе производства электроэнергии - дымососы и дутьевые вентиляторы, питательные насосы и т.п., график  $P(Q^*)$  перестраивается в аналогичную зависимость от относительной мощности энергоблока, с которой производительность переоборудованного механизма находится в пропорциональной зависимости:  $N^* = \frac{N}{N_{\text{НОМ}}} = \frac{Q}{Q_{\text{МАКС}}} = Q^*$  - нижняя шкала на рис. 3.;

3. Определяют требуемую мощность преобразователя частоты  $P_{\text{ПЧ}}$ , кВт:  

$$P_{\text{ПЧ}} = (1,1-1,2)P_{\text{МАКС}}$$

4. Строят зависимость потребляемой мощности  $P$ , кВт, от относительного расхода  $Q^*$  или относительной мощности блока  $N^*$ , при частотном регулировании скорости по формуле  $P = P_{\text{МАКС}}(Q^*)^3$  и получают кривую 2 на рис. 3. Разница  $\Delta P$  между кривыми 1 и 2 - экономия мощности при частотном регулировании скорости;

5. По величине  $P_{\text{НОМ}} = \frac{P_{\text{ДВ.НОМ}}}{\eta_{\text{ДВ.НОМ}}}$  с помощью кривой 2 оценивают допустимый расход  $Q^*_{\text{ДОП}}$  при номинальном режиме двигателя и проверяют условие

$$1 < Q^*_{\text{ДОП}}$$

слишком большой запас по расходу свидетельствует о неудачном выборе оборудования;

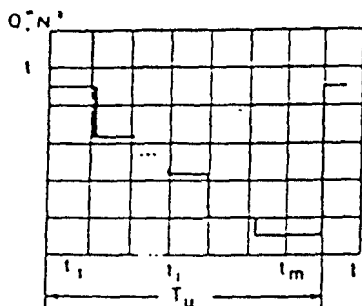


Рис. 4

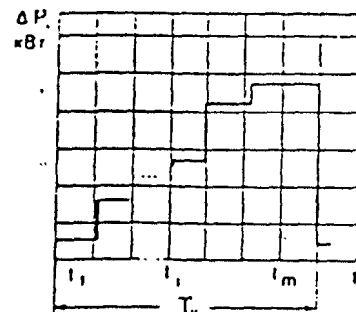


Рис 5

6. Строят диаграмму зависимости относительного расхода  $Q^*$  или относительной мощности блока  $N^*$  от времени  $t$  - рис. 4. За цикл удобно принять число часов работы насоса или энергоблока в году

Перестраивают с помощью рис. 3 диаграмму расхода  $Q^*(t)$  или  $N^*(t)$  в диаграмму сэкономленной мощности  $\Delta P(t)$  (рис. 5), определяя  $\Delta P$ , на каждом интервале по соответствующему значению  $Q^*$  или  $N^*$  из рис. 4.;

8. Определяют энергию, сэкономленную за цикл (год)  $\Delta \mathcal{E}_{\text{ц}}$ :

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{ц}} = \sum_i^m \Delta P_i t_i,$$

где  $m$  - число участков цикла с разными  $\Delta P_i$ ;

9. Определяют при заданном тарифе  $\text{Ц}_{\text{эл.эн.}}$  (руб/кВт·ч или USD/ кВт·ч) стоимость сэкономленной электроэнергии за год (руб/год или USD/год):

$$C_{\text{эл.эн.}} = \Delta \mathcal{E}_{\text{ц}} \cdot \text{Ц}_{\text{эл.эн.}};$$

10. Определяют срок окупаемости новой техники.

Для насосов и вентиляторов, непосредственно участвующих в процессе производства электроэнергии на ТЭС

10.1. Определяют возможное увеличение номинальной мощности энергоблока

$$\Delta N = (0,01 \div 0,02) K \cdot N_{\text{ном}},$$

где  $K = \frac{P_{\text{пч}}}{P_{\Sigma}}$  - коэффициент, равный отношению мощности электроприводов, оснащенных ЧРП к общей мощности электроприводов энергоблока (или ТЭС);

10.2. Определяют стоимость нового строительства электростанции (энергоблока) мощностью  $\Delta N$ :

$$\text{Ц}_{\text{эл.ст.}} = \Delta N \cdot C_N,$$

где  $C_N$  - стоимость одного кВт вновь сооружаемой ТЭС или энергоблока, руб/кВт или USD/кВт, для средней полосы  $C_N = 1250 \text{ USD/кВт}$ ;

10.3. Сравнивают затраты на приобретение оборудования ЧРП ( $\text{Ц}_{\text{пч}}$ ) со значением  $\text{Ц}_{\text{эл.ст.}}$ , определяют величину  $\Delta \text{Ц} = \text{Ц}_{\text{пч}} - \text{Ц}_{\text{эл.ст.}}$ ;

10.4. Определяют срок окупаемости ЧРП по соотношению

$$T = \frac{\text{Ц}_{\text{пч}} - \text{Ц}_{\text{эл.ст.}}}{\Delta C_{\text{эл.эн.}}} = \frac{\Delta \text{Ц}}{\Delta C_{\text{эл.эн.}}}$$

Если значение  $\Delta \text{Ц} \leq 0$ , то это означает, что затраты на новое строительство превышают затраты на установку ЧРП, т.е. установка ЧРП безусловно выгодна.

Для прочих насосов и вентиляторов

10.5. Определяют срок окупаемости выбранного оборудования  $T_{\text{ок}}$ , год

$$T_{\text{ок}} = \frac{\text{Ц}_{\text{пч}}}{\Delta \mathcal{E} \cdot C_{\text{эл.эн.}} \cdot k},$$

где  $\text{Ц}_{\text{пч}}$  - стоимость выбранного оборудования, руб или USD;  
 $\text{Ц}_{\text{эл.эн.}}$  - тариф (цена) 1 кВт·ч электроэнергии, руб или USD;

$k > 1$  - коэффициент, учитывающий эффект дополнительного ресурсосбережения, для сетевых и подпиточных насосов ТЭС значение коэффициента  $k$  может быть принято равным  $k = 1,25 - 1,35$ .

#### IV Оценка экономического эффекта при использовании ЧРП в насосных станциях ЦТП коммунальной сферы

Особенность режимов работы насосов холодного и горячего водоснабжения на ЦТП состоит в том, что расход воды определяется потребителями, а не задается принудительно. Регулируя скорость двигателя, изменяют напор, развиваемый насосом. Экономический эффект устанавливается на основе следующих простейших измерений и расчетов:

1. Регистрируют номинальные данные насоса  $Q_{ном}$ , м<sup>3</sup>/ч;  $H_{ном}$ , м в.ст.;  $\eta_{нас.ном}$  и двигателя мощность  $P_{дв.ном}$ , кВт; ток  $I_{ном}$ , А; частота вращения  $n_{ном}$ , об/мин; КПД  $\eta_{дв.ном}$ ; коэффициент мощности  $\cos\varphi_{ном}$ ;

2. В часы максимального водопотребления (8-10ч или 18-20ч в коммунальной сфере, 13-15 ч в административных зданиях и т.п.) измеряют напор  $H$ , м в ст., на входе  $H_{вх}$  и выходе  $H_{вых}$  насоса - по манометрам, установленным в системе, в течение часа - двух делается несколько измерений, результаты усредняются;

3. В тех же условиях измеряют ток двигателя  $I$ , А - с помощью измерительных клещей или по амперметру, если он установлен; делается несколько измерений, результаты усредняются.

Проверяют соотношение

$$I \leq I_{ном};$$

4. Измеряют средний расход за сутки  $Q_{ср}$ , м<sup>3</sup>/ч, по разности показания расходомера в начале  $Q_1$  и в конце  $Q_2$  контрольных суток

$$Q_{ср} = \frac{Q_2 - Q_1}{24};$$

5. Рассчитывают минимально необходимый общий напор по формуле

$$H_{необх.} = C \cdot N - D, \text{ м в. ст.},$$

где  $N$  - число этажей (включая подвал - для индивидуальных тепловых пунктов), для группы домов - число этажей самого высокого дома;

$C = 3$  - для стандартных домов;

$C = 3,5$  - для домов повышенной комфортности;

$D = 10$  - для одиночных домов и 15 - для группы отдельно стоящих домов, обслуживаемых ЦТП.

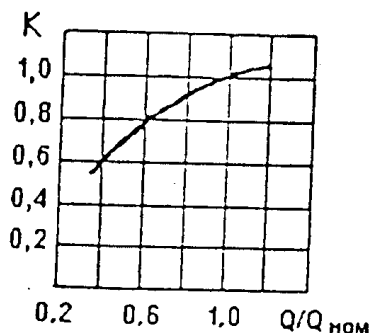


Рис. 6

6. Оценивают требуемый напор, обеспечиваемый регулируемым насосом:

$$H_{треб.} = H_{необх.} - H_{вх},$$

если  $H_{вх}$  (напор в подводящей магистрали) существенно изменяется, следует использовать  $H_{вх.мин}$ ;

7. Определяют требуемую мощность преобразователя частоты:

$$P_{пч} = (1,1 - 1,2) \frac{N_{\text{треб}} \cdot Q_{\text{ср}}}{367 \cdot \eta_{\text{нас}} \cdot \eta_{\text{дв.ном}}}$$

Величину КПД насосного агрегата  $\eta_{\text{нас}}$  определяют как

$$\eta_{\text{нас}} = K \cdot \eta_{\text{нас.ном}},$$

где  $K$  - определяется по кривой на рис. 6 для расхода  $Q_{\text{ср}}$  измеренного в п.4 и отнесенного к  $Q_{\text{ном}}$  из п.1.

8. Определяют цену годовой экономии электроэнергии, руб/год, по формуле:

$$C_{\Delta \text{Эгод}} = \Delta \text{Э}_{\text{год}} \cdot C_{\text{эл.эн.}} = \frac{(N_{\text{вых}} - N_{\text{необх}}) \cdot Q_{\text{ср}}}{367 \cdot \eta_{\text{нас}} \cdot \eta_{\text{дв.ном}}} \cdot t_{\text{год}} \cdot C_{\text{эл.эн.}},$$

где  $\Delta \text{Э}_{\text{год}}$  - электроэнергия, сэкономленная за год, кВт·ч;

$t_{\text{год}}$  - число часов работы оборудования в году;

$C_{\text{эл.эн.}}$  - цена 1 кВт·ч электроэнергии, руб или USD;

9. Определяют цену годовой экономии воды; руб/год:

$$C_{\Delta \text{Вгод}} = \Delta \text{В}_{\text{год}} \cdot C_{\text{воды}} = 0,07 \frac{N_{\text{вых}} - N_{\text{необх}}}{10} \cdot Q_{\text{ср}} \cdot t_{\text{год}} \cdot C_{\text{воды}},$$

где  $\Delta \text{В}_{\text{год}}$  - вода, сэкономленная за год, м<sup>3</sup>;

$C_{\text{воды}}$  - цена 1 м<sup>3</sup> воды, руб или USD;

$N_{\text{вых}}, N_{\text{необх}}$  - напор, обеспечиваемый хозяйственными насосами ЦТП;

10. Определяют годовую экономию тепла за счет сокращения потребления горячей воды, Гкал/ год.

$$\Delta \Theta = C \cdot \Delta t \cdot \Delta \text{В}_{\text{год.гор}} \cdot 10^6,$$

где :  $C = 1,0$  - коэффициент теплоемкости воды, кал/г · °С;

$\Delta t$  - расчетный перепад температуры перегрева горячей воды, °С;

$\Delta \text{В}_{\text{год.гор}}$  - горячая вода, сэкономленная за год, т.

Для типовых ЦТП расчетный расход горячей воды принимается 0,4 от общего расхода воды, подаваемой хозяйственными насосами.

Определяют цену годовой экономии тепла, руб/год.

$$C_{\Delta \Theta} = \Delta \Theta \cdot C_{\text{Гкал}},$$

где:  $C_{\text{Гкал}}$  - цена 1 Гкал тепла, руб или USD.

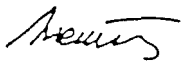
11. Оценивают ориентировочно срок окупаемости дополнительного оборудования  $T_{\text{ок}}$ , год

$$T_{\text{ок}} = \frac{C_{\text{пч}}}{C_{\Delta \text{Эгод}} + C_{\Delta \Theta \text{год}} + C_{\Delta \text{Вгод}}},$$

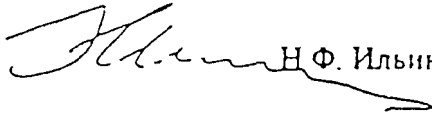
где  $C_{\text{пч}}$  - стоимость дополнительного оборудования ЦРП, включая установку.

Составители:

Зам. директора по научной работе АО ВНИИЭ,  
руководитель программы Минэнерго РФ по  
частотно-регулируемым электроприводам

 Ю.Г. Шакарян

Профессор кафедры автоматизированного электр-  
тропривода МЭИ

 Н.Ф. Ильинский



## V Приложение

### ПРИМЕР 1

Расчет экономической эффективности от применения ЧРП на питательном насосе (ПЭН) энергоблока 210 МВт ГРЭС-5 АО Мосэнерго. Номинальная мощность двигателя насоса 5000 кВт.

Значения  $N$ ,  $t$ ,  $P$ ,  $Q$ ,  $\Delta P$  и  $\Delta \mathcal{E}$  приведены в таблице:

Мощность энергоблока, $N$ , МВт <sup>1*</sup>	Число часов работы при данной мощности, $t$ , ч <sup>1*</sup>	Расход питательной воды $Q$ , т/ч <sup>2*</sup>	Мощность, потребляемая ПЭН при		Снижение расхода мощности при регулируемом электроприводе $P_1 - P_2 = \Delta P$ , кВт	Экономия электроэнергии $\Delta \mathcal{E}$ , тыс. кВт·ч
			нерегулируемом ЭП с дросселированием $P_1$ , кВт	частотнорегулируемом электроприводе $P_2$ , кВт		
210	2800	640	4960	4960	0	0
140	800	435	4080	2900	1180	944
80	2700	250	3200	1520	1680	4536

<sup>1\*</sup> Получено из оперативного журнала электростанции.

<sup>2\*</sup> Расход пара и тепла на турбину определяется в функции мощности энергоблока

Установленная мощность преобразователя частоты:

$$P_{пч} = 1,1 \cdot 5000 \text{ кВт} = 5500 \text{ кВт.}$$

Стоимость преобразовательного оборудования при  $C_p = 300 \text{ USD/кВт}$ :

$$\mathcal{C}_{пч} = 300 \cdot 5500 = 1,65 \text{ млн. USD.}$$

Годовое снижение расхода (экономия) электроэнергии на собственные нужды.

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{год}} = 944 + 4536 = 5.48 \text{ млн. кВт·ч /год.}$$

Стоимость сэкономленной электроэнергии в год

$$\Delta \mathcal{C}_{\text{эл.эн.}} = 219000 \text{ USD при тарифе} = 0,04 \text{ USD/кВт·ч,}$$

$$\Delta \mathcal{C}_{\text{эл.эн.}} = 329000 \text{ USD при тарифе} = 0,06 \text{ USD/кВт·ч.}$$

Увеличение номинальной мощности энергоблока

$$\Delta N = 0,01 \cdot 5000 / 11600 \cdot 210000 \approx 900 \text{ кВт.}$$

Принято минимальное увеличение мощности энергоблока, общая установленная мощность электроприводов насосов и тягодутьевых механизмов составляет 11600 кВт.

Стоимость нового строительства

$$\mathcal{C}_{\text{эл.ст.}} = 900 \cdot 1250 = 1,125 \text{ млн. USD.}$$

Период окупаемости

при тарифе 0,04 USD/кВт·ч значение  $T_{\text{ок}} = 2,4$  года  
при тарифе 0,06 USD/кВт·ч значение  $T_{\text{ок}} = 1,6$  года

## ПРИМЕР 2

Для двигателя 15 кВт, установленного в системе воздушного отопления школы и работающего с 7 до 17 час с диаграммой относительного расхода на рис. А. требовалось определить экономию электроэнергии и срок окупаемости при замене системы дросселирования на частотное регулирование скорости двигателя, при работе в году в течение 240 дней.  $C_p = 220$  USD/кВт (простейшая конфигурация),  $\Pi_{\text{эл.эн.}} = 0,07$  USD/кВт·ч.

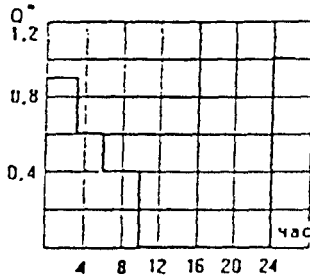


Рис. А

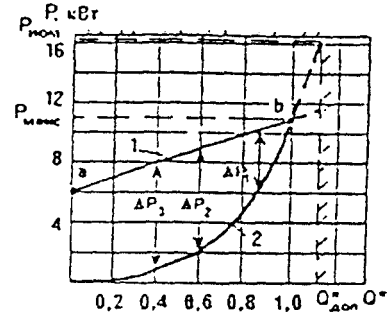


Рис. В

Удалось зарегистрировать лишь номинальные данные двигателя:  $P_{\text{дв.ном}} = 15$  кВт,  $n_{\text{ном}} = 1430$  об/мин,  $\eta_{\text{дв.ном}} = 92\%$ .

Измеренная потребляемая мощность при  $Q^* = 1$  (полностью открытая заслонка)  $P_{\text{макс}} = 11$  кВт, а при полностью закрытой заслонке 6 кВт - график 1 на рис. В.

Требуемая мощность ЧРП :  $P_{\text{пч}} = 1,1 \cdot P_{\text{макс}} = 1,1 \cdot 11 = 12,1$  кВт. Выбирают  $P_{\text{пч}} = 12$  кВт, его цена в минимальной конфигурации  $\Pi_{\text{пч}} = C_p \cdot P_{\text{пч}} = 220 \cdot 12 = 2640$  USD.

Зависимость  $P(Q^*)$  - график 2 на рис. В - построена по формуле  $P = P_{\text{макс}} (Q^*)^3 = 11 \cdot (Q^*)^3$ .

Допустимая производительность при полном использовании двигателя  $P_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{дв.ном}}}{\eta_{\text{дв.ном}}} = \frac{15}{0,92} = 16,3$  кВт составит  $Q^*_{\text{доп}} = 1,12$ , т.е.  $Q^*_{\text{доп}} > 1$ .

По диаграмме  $Q^*(t)$  на рис. А и кривым на рис. В определяют  $\Delta P_1$ ,  $\Delta P_2$ ,  $\Delta P_3$ .

Энергия, сэкономленная за цикл (сутки):

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{ц}} = \Delta P_1 t_1 + \Delta P_2 t_2 + \Delta P_3 t_3 = 3,3 \cdot 3 + 5,8 \cdot 3 + 6,2 \cdot 4 = 52,1 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Энергия, сэкономленная за год :

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{год}} = \Delta \mathcal{E}_{\text{ц}} \cdot 240 = 52,1 \cdot 240 = 12500 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{год}.$$

Срок окупаемости по электроэнергии:

$$T_{\text{ок(эл.эн.)}} = \frac{\Pi_{\text{пч}}}{\Delta \mathcal{E}_{\text{год}} \cdot \Pi_{\text{эл.эн.}}} = \frac{2640}{12500 \cdot 0,07} = 3,7 \text{ года}.$$

С учетом факторов, не учтенных в расчетах - унос дополнительного тепла при нерегулируемом приводе, расходы на ремонт и т.п. можно принять  $k = 1.2$ . Тогда

$$T_{\text{ок}} = \frac{T_{\text{ок(эл.эн.)}}}{1,2} = 3,1 \text{ года}.$$

### ПРИМЕР 3.

#### Реализованные энергосберегающие насосные станции ЦТП

№ п/п	Адрес	Характеристика объекта	Измеренные величины			Рассчитанные величины				Фактические величины	
			Н <sub>вх</sub> , м в.с.	Н <sub>вых</sub> , м в.с.	Q <sub>ср</sub> , м <sup>3</sup> /час	Н <sub>необх</sub> , м в.с.	Р <sub>пч</sub> , кВт	ΔЭ <sub>год</sub> , кВт·ч	ΔВ <sub>год</sub> , м <sup>3</sup>	ΔЭ <sub>год</sub> , кВт·ч	ΔВ <sub>год</sub> , м <sup>3</sup>
1	ул. Красноказарменная, д. 14	6-этажный административный корпус ИТП, работа насоса с 6.30 до 23.00	20	69	30	40	9,5	22000	23000	32352	30144
2	ул. Красноказарменная, д. 19	9-этажный жилой дом, 435 жильца, магазин, детсад-ясли и прачечная ИТП	18	70	13	55	7,5	16000	12000	23568	14148
3	ул. Авиаторная, д. 49/1	Группа из пяти 6-этажных домов, 1420 жильцов, кафе, магазин. Насосная во дворе.	17	64	38,3	50	14	25000	28000	29352	27408

### ПРИМЕР 4

Для насосной станции с насосом КМ 80-50-200, двигатель 4А160S2ЖУ2, 15 кВт, 2900 об/мин, установленной и работающей с 6.00 до 23.00, по адресу Москва, Красноказарменная, 14, 6-этажный административный корпус, проведены экспресс-анализ, оперативный анализ и сопоставительный анализ двух систем – базовой и новой, оборудованной ЧРП.

#### Экспресс-анализ

Дата, часы	Показания приборов		Часовой расход	
	Э, кВт·ч	В, м <sup>3</sup>	Э, кВт	В, м <sup>3</sup> /ч
Базовая система				
13.01.97, 13.00	06476,2	040511,7	(6796 – 6476,2)/2 = 9,9	(40562,0 - 40511,7)/2 = 25,15
13.01.97, 15.00	06496,0	040562,0		
Новая система				
14.01.97, 13.00	06518,2	040827,3	(6522,5-6518,2)/1,5=2,87	(40857,1-40827,2)/1,5=19,87
14.01.97, 14.30	06522,5	040857,1		

$$\Delta \text{Э}\% = \frac{9,9 - 2,87}{9,9} \cdot 100\% = 71,0\%,$$

$$\Delta \text{В}\% = \frac{25,15 - 19,87}{25,15} \cdot 100\% = 21,0\%,$$

#### Оперативный анализ

Даты	Расход электроэнергии, кВт·ч		Расход воды, м <sup>3</sup>	
	Базовая система	Новая система	Базовая система	Новая система
10.05.95-24.05.95	2158	—	5212	—
25.05.95-08.06.95	—	997	—	3830

$$\Delta \mathcal{E}\% = \frac{2158 - 997}{2158} \cdot 100\% = 53,8\%,$$

$$\Delta B\% = \frac{5212 - 3830}{5212} \cdot 100\% = 26,5\%,$$

Сопоставительный анализ сделан на основании сопоставления месячных расходов электроэнергии и воды за текущий и предшествующий годы.

