

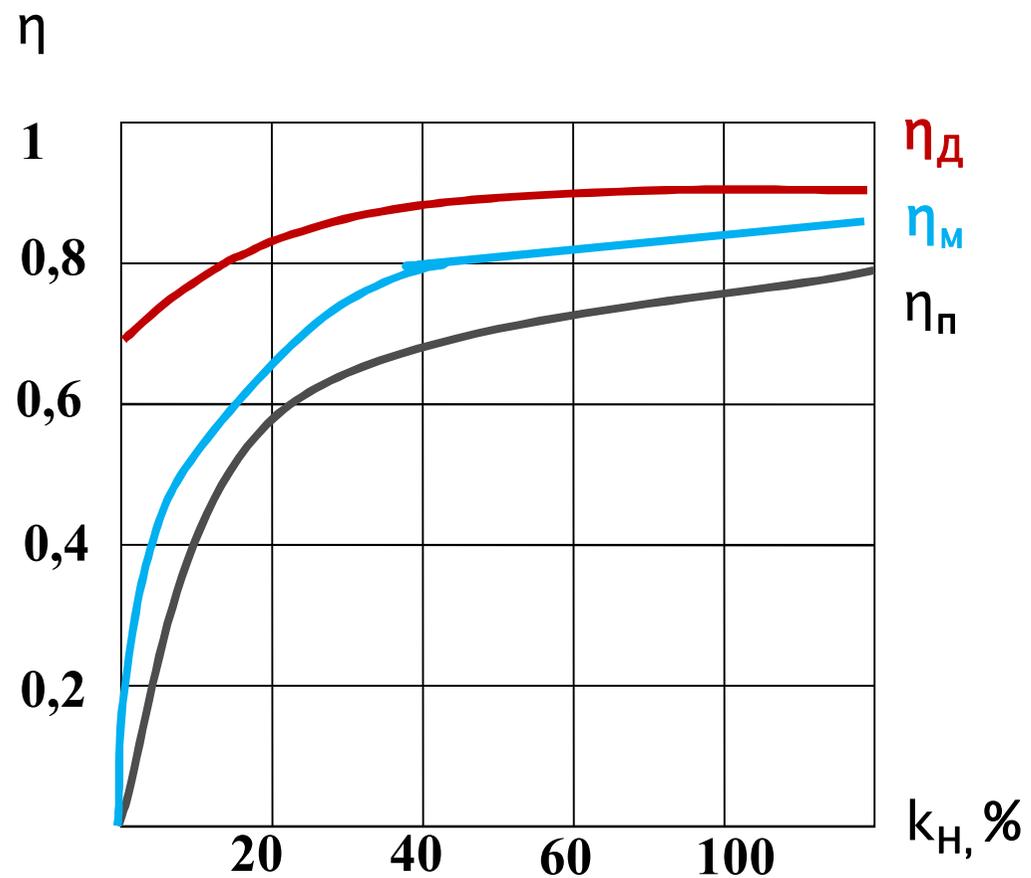
# **ПОКАЗАТЕЛИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ**

- 1. Улучшение загрузки рабочих машин.**
  - 2. Сокращение удельных расходов электроэнергии.**
- 

## ЗАГРУЗКА ОБОРУДОВАНИЯ

- Увеличение средней нагрузки рабочих машин (станков и т.д.) снижает удельные расходы электроэнергии.
- Из рис. 1 видно, что при уменьшении нагрузки снижается к.п.д. ЭД и особенно – рабочей машины.

РИС. 1.  
ЗАВИСИМОСТЬ К.П.Д. РАБОЧЕЙ МАШИНЫ  $\eta_M$ ,  
ДВИГАТЕЛЯ  $\eta_D$   
И ВСЕГО ПРИВОДА  $\eta_P$  ОТ КОЭФФИЦИЕНТА НАГРУЗКИ  $k_H$



# ОЦЕНКА ЭКОНОМИИ ЭЭ ПРИ УВЕЛИЧЕНИИ ЗАГРУЗКИ ОБОРУДОВАНИЯ

## ○ 1. Потребляемая энергия

$$W_{\text{п}} = P_{\text{max}} \cdot T_{\text{max}}$$

$P_{\text{max}}$  – мощность, потребляемая рабочей машиной, кВт;

$T_{\text{max}}$  – время полезной работы машины, ч.

○ 2. Удельный расход энергии

$$\Delta W = \frac{1}{\eta_M \cdot k_H} \cdot \left( k_H + \frac{\alpha \cdot (1 - \eta_{MH})}{k_T} \right)$$

$\eta_{MH}$  – к.п.д. рабочей машины при полной нагрузке;

$k_H = P_{\max} / P_H$  – коэффициент нагрузки;

$k_T = T_{\max} / (T_{\max} + T_{ХХ})$  – коэффициент использования рабочей машины;

$T_{ХХ}$  – время работы машины на холостом ходу;

$\alpha$  – коэффициент, зависящий от типа и конструкции рабочей машины, равный 0,7–0,9.

3. УДЕЛЬНЫЙ РАСХОД ЭНЕРГИИ  
ПРИ ОТСУТСТВИИ ХХ

$$k_T = 1$$

$$\Delta W' = \frac{k_H + \alpha \cdot (1 - \eta_{MH})}{\eta_{MH} \cdot k_H}$$

**4. УДЕЛЬНЫЙ РАСХОД ЭНЕРГИИ ПРИ  
МАКСИМАЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МАШИНЫ (XX  
ОТСУТСТВУЕТ, НАГРУЗКА МАКСИМАЛЬНАЯ)**

- Удельный расход минимальный

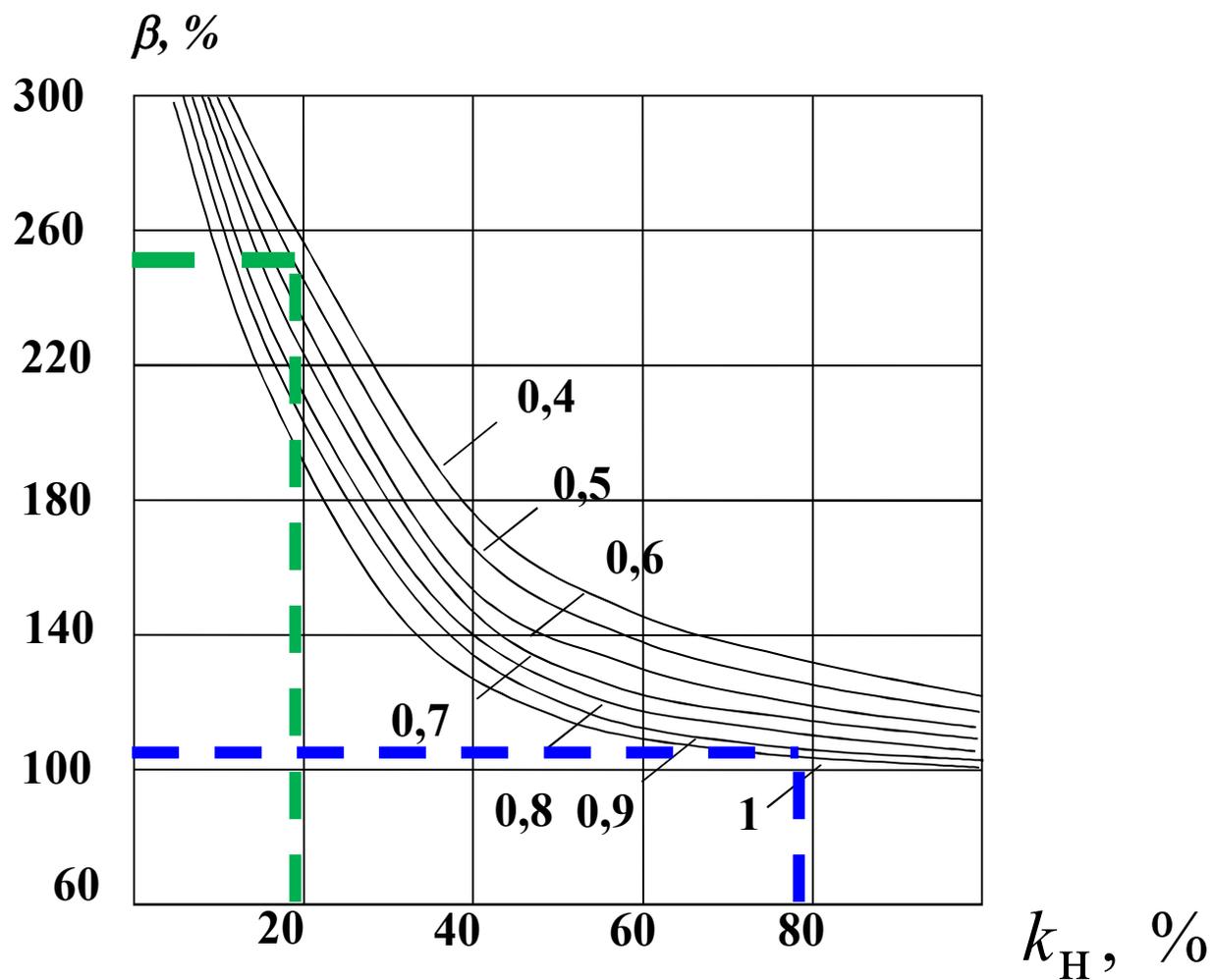
$$\Delta W_0 = \frac{1 + \alpha \cdot (1 - \eta_{\text{МН}})}{\eta_{\text{МН}}}$$

- 5. Коэффициент увеличения удельного расхода энергии

$$\beta = \Delta W / \Delta W_0$$

$$\beta = \frac{k_H k_T + \alpha(1 - \eta_{MH})}{[1 + \alpha(1 - \eta_{MH})k_H k_T]}$$

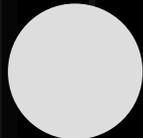
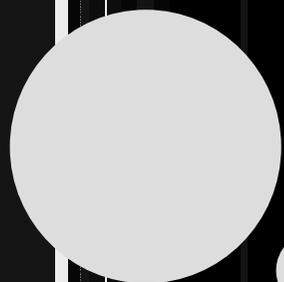
Рис. 2. ЗАВИСИМОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТА В ОТ  
КОЭФФИЦИЕНТА НАГРУЗКИ



## 6. ОЦЕНКА ЭКОНОМИИ ЭЭ ПРИ ПОВЫШЕНИИ $K_H$ И $K_T$

$$\Delta W = (\beta_1 - \beta_2) \cdot \Delta W_0$$

- $\beta_1, \beta_2$  – определяются по рис. 2 в зависимости от  $k_H$  и  $k_T$ ;
- $\Delta W_0$  – часовой удельный расход энергии при максимальной загрузке машины.



ПРИМЕР

# ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

- Оценить часовую ( $\Delta W_{\text{ч}}$ ) и стоимость годовой экономии ЭЭ ( $\Delta C_{\text{год}}$ ).
- Станок работал с нагрузкой, равной 20% номинальной мощности ( $k_{\text{н1}} = 20\%$ ), и продолжительностью периода ХХ, равной 50% ( $k_{\text{т1}} = 0,5$ ).
- Нагрузку станка увеличили до  $k_{\text{н2}} = 80\%$  сократив период ХХ до  $k_{\text{т2}} = 0,9$ .
- Тариф на ЭЭ  $T = 2,14$  руб./кВтч.
- Число часов работы станка в год  $T_{\text{мах}} = 5000$ ч.
- $\Delta W_0 = 1,48$  кВтч

# РЕШЕНИЕ

- 1. Часовая экономия ЭЭ
- $\Delta W_{\text{ч}} = (\beta_1 - \beta_2) * \Delta W_0 = (2,50 - 1,05) * 1,48 = 2,15 \text{ кВтч.}$
- 2. Стоимость годовой экономии ЭЭ
- $\Delta C_{\text{год}} = \Delta W_{\text{ч}} * T_{\text{max}} * T = 2,15 * 5000 * 2,14 = 23005 \text{ руб.}$

## 2. ЗАМЕНА НЕЗАГРУЖЕННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

- При нагрузке ЭД в пределах 45–70% номинальной мощности целесообразность их замены должна быть подтверждена уменьшением суммарных потерь активной мощности в электрической системе и в электродвигателе.

## СУММАРНЫЕ ПОТЕРИ ОПРЕДЕЛЯЮТСЯ

$$\Delta P_{\Sigma} = \left[ Q_{\text{XX}} \cdot (1 - k_{\text{H}}^2) + k_{\text{H}}^2 \cdot Q_{\text{H}} \right] \cdot k_{\text{Э}} + \Delta P_{\text{XX}} + k_{\text{H}}^2 \cdot \Delta P_{\text{аН}}$$

где  $Q_{XX} = \sqrt{3} \cdot U_H \cdot I_{XX}$  –реактивная мощность,  
потребляемая ЭД из сети  
при XX, кВАр;

$I_{XX}$  –ток холостого хода ЭД, А;

$U_H$  –номинальное напряжение ЭД, В;

$k_H = P / P_H$  –коэффициент нагрузки ЭД;

$P$  – нагрузка ЭД, кВт;

$P_H$  –номинальная мощность ЭД, кВт;

$$Q_H = \frac{P_H}{\eta_D} \cdot \operatorname{tg} \varphi_H$$

–реактивная мощность ЭД  
при номинальной нагрузке, кВАр;

$\eta_D$  –к.п.д. электродвигателя при полной нагрузке;

$\operatorname{tg} \varphi_H$  –коэффициент реактивной мощности ЭД;

$k_{\Sigma}$  –коэффициент повышения потерь, кВт/кВАр;

$$\Delta P_{\text{XX}} = P_{\text{H}} \cdot \left( \frac{1 - \eta_{\text{Д}}}{\eta_{\text{Д}}} \right) \cdot \left( \frac{\gamma}{1 + \gamma} \right) \quad \text{– потери активной мощности при XX ЭД, кВт;}$$

$$\Delta P_{\text{аН}} = P_{\text{H}} \cdot \left( \frac{1 - \eta_{\text{Д}}}{\eta_{\text{Д}}} \right) \cdot \left( \frac{1}{1 + \gamma} \right) \quad \text{– прирост потерь активной мощности в ЭД при нагрузке 100%, кВт;}$$

$$\gamma = \Delta P_{\text{XX}} / \Delta P_{\text{аН}} \quad \text{– расчетный коэффициент, зависящий от конструкции ЭД}$$

$$\gamma = \frac{\Delta P_{\text{ХХ}},\%}{(1 - \eta_{\text{Н}},\%) - \Delta P_{\text{ХХ}},\%}$$

$\Delta P_{\text{ХХ}},\%$

–потери ХХ в процентах активной мощности, потребляемой двигателем при загрузке 100%.

## ПРИМЕР 2

- ЭД1 мощностью  $P_{н1} = 125$  кВт работает с нагрузкой  $P = 70$  кВт.
- Необходимо проверить рентабельность его замены ЭД2  $P_{н2} = 75$  кВт .
- Коэффициент повышения потерь  $k_{э} = 0,1$  кВт/кВар.

- Параметры ЭД1:

- $U_{H1} = 380 \text{ В}$

- $\eta_{H1} = 0,92$

- $\cos \varphi_{H1} = 0,92$

- $I_{xx1} = 71 \text{ А}$

- $\Delta P_{xx1} = 4,4 \text{ кВт.}$

- Параметры ЭД2:

- $U_{H2} = 380 \text{ В}$

- $\eta_{H2} = 0,91$

- $\cos \varphi_{H2} = 0,92$

- $I_{xx2} = 42,6 \text{ А}$

- $\Delta P_{xx2} = 3,2 \text{ кВт}$

- $Ц2 = 65 \text{ тыс. руб.}$

- Тариф на ЭЭ  $T = 2,14 \text{ руб./кВтч.}$

- Число часов работы двигателя в году  
 $T_{\max} = 6500 \text{ ч.}$

# РЕШЕНИЕ

- 1. Оценка суммарных часовых потерь мощности для ЭД1

- 1.1. На XX ЭД1 потребляет, кВар

$$Q_{\text{XX1}} = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 71 \cdot 10^{-3} = 46,7$$

- 1.2. Работая с номинальной нагрузкой, кВар

$$Q_{\text{Н1}} = \frac{125}{0,92} \cdot 0,426 = 57,9$$

- 1.3. Коэффициент нагрузки

$$k_{H1} = \frac{P}{P_{H1}} = \frac{70}{125} = 0,56;$$

- 1.4. Расчетный к-т (зависит от конструкции ЭД)

$$\gamma = \frac{4,4}{(100 - 92) - 4,4} = 1,22$$

- 1.5. Прирост потерь активной мощности при 100% нагрузке, кВт

$$\Delta P_{\text{ан1}} = 125 \cdot \frac{1 - 0,92}{0,92} \cdot \frac{1}{1 + 1,22} = 4,9$$

- 1.6. Суммарные приведенные потери мощности, кВт

$$\Delta P_{\Sigma 1} = 46,7 \cdot \left[ (1 - 0,56^2) + 0,56^2 \cdot 57,9 \right] \cdot 0,1 + 4,4 + 0,56^2 \cdot 4,9 = 10,96$$

## 2. СУММАРНЫЕ ЧАСОВЫЕ ПОТЕРИ МОЩНОСТИ ДЛЯ ЭД2:

- 2.1.  $Q_{xx2} = 28$  кВар
- 2.2.  $Q_{H2} = 35,1$  кВар
- 2.3.  $k_{H2} = 0,93$
- 2.4.  $\gamma_2 = 0,55$
- 2.5.  $\Delta P_{aH2} = 4,78$  кВт
- 2.6.  $\Delta P_{\Sigma 2} = 8,79$  кВт.

- 3. Стоимость сэкономленной ЭЭ
- $\Delta C_{\text{год}} = (\Delta P_{\Sigma 1} - \Delta P_{\Sigma 2}) * T_{\text{max}} * T =$   
 $= (10,96 - 8,79) * 6500 * 2,14 = 30,1$  тыс. руб.
  
- 4. Простой срок окупаемости замены ЭД1
- $T_{\text{п}} = Ц2 / \Delta C_{\text{год}} = 65 / 30,1 = 2,2$  год.