

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Технология машиностроения»

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭКОНОМИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

ПОСОБИЕ

**для студентов специальности 1-36 01 01
«Технология машиностроения»
дневной и заочной форм обучения**

Гомель 2009

УДК 621.311.017(075.8)
ББК 65.305.423я73
Э65

*Рекомендовано научно-методическим советом
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 2 от 24.11.2008 г.)*

Составители: В. Ф. Соболев, А. А. Пучков, М. П. Кульгейко

Рецензент: гл. технолог РУП «Гомсельмаш» фил. Гомел. завода самоходных комбайнов
А. А. Митрахович

- Э65 **Энергосбережение** и экономия материальных ресурсов : пособие для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» днев. и заоч. форм обучения / сост.: В. Ф. Соболев, А. А. Пучков, М. П. Кульгейко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2009. – 34 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://lib.gstu.local>. – Загл. с титул. экрана.

Рассмотрены различные аспекты экономии электроэнергии и материальных ресурсов в механических цехах. Изложены расчеты, необходимые при выполнении практических работ по дисциплине «Энергосбережение и экономия материальных ресурсов», а также при выполнении курсового и дипломного проектов.

Для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» дневной и заочной форм обучения.

УДК 621.311.017(075.8)
ББК 65.305.423я73

- © Соболев В. Ф., Пучков А. А., Кульгейко М. П.,
составление, 2009
© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2009

1. ЭКОНОМИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В МЕХАНИЧЕСКИХ ЦЕХАХ

1.1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ЦЕХОВ

В общем балансе электрической энергии механические цеха заводов металлообработки и машиностроения потребляют 10...20% всей электроэнергии. Большая часть оборудования механических и механосборочных цехов состоит из станков с индивидуальным электроприводом. Удельный вес индивидуального и многоскоростного привода с каждым годом возрастает. В настоящее время в эксплуатации находятся четвертая серия асинхронных двигателей общего назначения (4А) и унифицированная серия (АИ). Основная масса станков механических цехов имеет односкоростные асинхронные двигатели. Многоскоростные асинхронные двигатели чаще всего применяются для привода токарных универсальных, винторезных и многорезцовых станков, для привода токарно-револьверных станков, радиально-сверлильных, резьбонарезных, расточных, горизонтально и вертикально-фрезерных станков и для станков с ЧПУ.

Двигатели постоянного тока применяются для привода лоботокарных, крупных токарных станков, для крупных расточных станков, для станков с ЧПУ и некоторых других типов станков. Таким образом, для большинства металлорежущих станков, как правило, применяется переменный ток; постоянный ток сохраняется лишь для отдельных групп и типов станочных приводов, специально нуждающихся в плавном и тонком регулировании скорости. В настоящее время двигатели постоянного тока находят все меньшее применение для привода станков.

Основными причинами значительных потерь электроэнергии на производственных предприятиях являются [11]:

- несоответствие установленной мощности электропривода требуемой мощности агрегата и неполная загрузка технологического оборудования (в пределах от 20 до 50 %), использование морально и физически устаревшего неэкономичного оборудования. В случаях, когда электродвигатель загружен менее чем на 40 %, его необходимо заменить электродвигателем меньшей мощности. Замена малонагруженных асинхронных двигателей на электродвигатели меньшей мощности дает до 10 % экономии электроэнергии;

- низкий уровень автоматизации мощного электропривода компрессоров подачи сжатого воздуха (расход потребляемой электроэнергии, которых достигает около 50 % от общего расхода электроэнергии), устройств водоснабжения и санитарно-технических устройств (мощность электропривода до 250 кВт). Применение автоматических устройств регулирования давления и производительности, а также включение и выключение электродвигателя в нерабочее время, позволяет дополнительно экономить электроэнергию турбокомпрессоров;

- значительный потенциал энергосбережения в осветительных установках внутрицехового и наружного освещения. При применении энергоэффективной технологии радиоуправления экономия электроэнергии составляет 5 %;

- основные проблемы трехфазного асинхронного электродвигателя сводятся к невозможности согласования крутящего момента двигателя с моментом нагрузки, как во время пуска, так и во время работы, а также высокий пусковой ток. Во время пуска крутящий момент за доли секунды часто достигает 150 % от номинального, что может привести к выходу из строя кинематической цепи привода. В то же самое время стартовый ток может быть в 6 раз больше номинального, порождая проблемы со стабильностью питания в производственной сети.

Наиболее распространенным типом двигателя для механических цехов является асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором. Характерным для механосборочных цехов заводов непрерывно-поточного производства является широкое применение транспортных средств, как например, подвесных конвейеров, транспортеров, электробалок и т. п., для которых применяются асинхронные двигатели.

Все большее значение в системах комплексной механизации и автоматизации приобретает электропривод. Не случайно он за 70...80 лет практического существования занял доминирующее положение во всех отраслях хозяйства. Электрические двигатели выполняются в диапазоне мощностей от 10^{-5} ... 10^5 кВт. Они легко komponуются как единое конструктивное целое с технологическим оборудованием, компактны и обладают высокими регулировочными свойствами. В настоящее время электропривод является основой комплексной механизации и автоматизации производственных процессов.

1.2. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Механические цехи характеризуются большим разнообразием установленного оборудования, большим ассортиментом продукция при одновременно большом количестве технологических операций на изготовление деталей. Означенное обстоятельство затрудняет контроль над экономным расходом электроэнергии на отдельных операциях или деталях.

Коэффициент полезного действия (КПД) электропривода может быть выражен следующей формулой [15]:

$$\eta = \frac{P_n}{P_n + (P_{xx} + P_c)} = \frac{P_n}{P_n + P_x}, \quad (1)$$

где P_n – мощность, подведенная к зажимам электродвигателя, кВт;
 P_{xx} – мощность потерь при холостом ходе станка в двигателе, передаче и станке, кВт;
 P_c – мощность потерь сопротивлений, возникающих при нагрузке вследствие добавочного трения в подшипниках, зубчатых сцеплениях и т. д., кВт;
 P_x – мощность при холостом ходе станка, кВт.

Длительность технологического цикла, как известно, состоит из машинного (основного) и вспомогательного времени. Уменьшение обоих элементов ведет к уменьшению удельных расходов электроэнергии, как это вытекает из формулы удельного расхода, на одну операцию W , кВт·мин:

$$W = P_x \cdot (T_o + T_v) + P_{пол} \cdot T_o, \quad (2)$$

где T_o – машинное (основного) время, мин;
 T_v – вспомогательное время, мин.
 $P_{пол}$ – полезная мощность, кВт, необходимая для процесса резания, которая может быть определена для операций точения, растачивания, резьбонарезания и протягивания по формуле:

$$P_{пол} = \frac{F_z \cdot V}{60 \cdot 1020}, \quad (3)$$

где F_z – усилие резания, Н;
 V – скорость резания, м/мин.

Удельный расход электроэнергии на одну операцию может быть определен следующей формулой W_o , кВт·ч [15]:

$$W_o = P_x \cdot (T_o + T_b) + \frac{C_p \cdot s^x \cdot t^y \cdot V}{60 \cdot 1020} T_o \cdot K_p, \quad (4)$$

где C_p – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала и условий обработки [13];

s – подача, мм/об;

t – глубина резания, мм;

x ; y – показатели степени влияния на значение подачи и глубины резания [13];

K_p – поправочный коэффициент на измененные условия резания [13].

Выражение удельного расхода энергии на одну операцию, представленное выше, позволяет определить влияние ряда факторов на удельный расход электроэнергии.

Удельный расход электроэнергии ΔW , кВт·ч/т, снимаемого металла (без учета потерь в станке и электродвигателе) может быть выражен следующим образом [15]:

$$\Delta W = \frac{P_{\text{пол}}}{\Pi} = \frac{C_p \cdot s^x \cdot t^y \cdot V}{60 \cdot 1020} \cdot \frac{1}{60 \cdot 10^{-5} \cdot s \cdot t \cdot V \cdot \gamma} = \frac{2,72 \cdot 10^{-2} \cdot C_p}{s^{1-x} \cdot t^{1-y} \cdot \gamma}, \quad (5)$$

где Π – вес, снимаемой стружки в единицу времени (производительность процесса резания), т/ч: $\Pi = 60 \cdot 10^{-5} \cdot s \cdot t \cdot V \cdot \gamma$;

γ – удельный вес снимаемого металла, т/м³.

Как следует из формулы с увеличением t или s — удельный расход энергии снижается, что подтверждается рисунком 1.1.

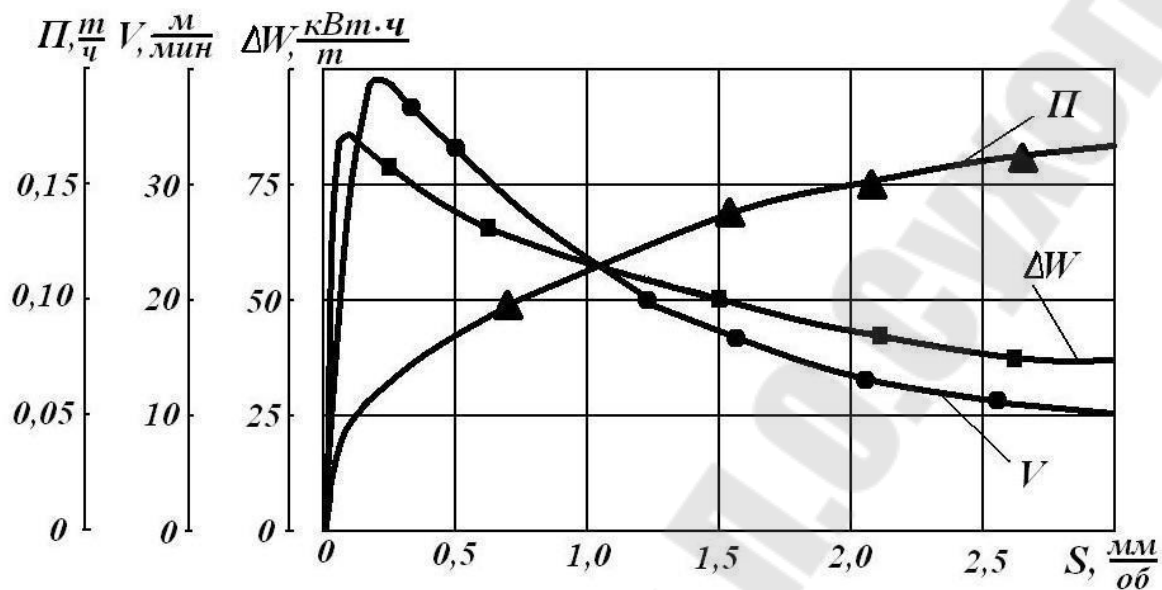


Рисунок 1.1. Зависимость расхода электрической энергии (ΔW), скорости резания (V) и производительности (Π) от величины подачи (S)

Как доказывает кривая (рисунок 1.1) [15], с увеличением подачи с 0,2 до 3 мм/об, удельный расход уменьшается почти в два раза. На том же рисунке показано изменение скорости резания и производительности в зависимости от подачи при глубине резания $t = 10$ мм.

Несмотря на уменьшение скорости резания по условиям стойкости резцов с увеличением подачи, производительность станка все же увеличивается за счет большего увеличения сечения снимаемой стружки по сравнению с уменьшением скорости.

Для того, чтобы определить расход электроэнергии непосредственно на процессы механической обработки по базовому и проектируемому вариантам технологических процессов, нужно, используя режимы обработки базового и проектируемого вариантов, определить эффективную мощность резания N_{pji} , кВт, по каждому основному переходу (i) каждой операции (j) в соответствии с рекомендациями литературы [2;3;4;6;7;12;13;14], а также нормы основного (машинного) времени (T_{oj} , мин) на переход, оперативного времени $T_{опj}$, мин:

$$T_{опj} = T_{oj} + T_{vj}, \quad (6)$$

где T_{vj} – вспомогательное, неперекрываемое время по каждой операции, мин.

Энергозатраты $\mathcal{E}_j$, кВт·ч, на операцию:

$$\mathcal{E}_j = \sum_i N_{pji} \cdot \frac{T_{oji}}{60}, \quad (7)$$

где N_{pji} – мощность резания i -тым инструментом на j -той операции, кВт·ч;

T_{oji} – время резания i -тым инструментом на j -той операции, мин.

Энергозатраты $\mathcal{E}$, кВт·ч, на весь технологический процесс обработки:

$$\mathcal{E} = \sum_j^n \mathcal{E}_j, \quad (8)$$

где n – число операций в технологическом процессе, шт.

Энергозатраты в стоимостном выражении базового C_6 , тыс. руб., и проектируемого C_{π} , тыс. руб., вариантам:

$$C_6 = C_{\text{эн}} \cdot \mathcal{E}_6 \cdot \dots \cdot C_{\pi} = C_{\text{эн}} \cdot \mathcal{E}_{\pi}, \quad (9)$$

где $C_{\text{эн}}$ – цена одного киловаттчаса электроэнергии для предприятия, тыс. руб.

Экономия энергозатрат $\mathcal{E}_{\text{эг}}$, тыс. руб.:

$$\mathcal{E}_{\text{эг}} = (C_6 - C_{\pi}) \cdot N, \quad (10)$$

где N – годовой объем выпуска продукции, шт.

1.3 МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В МЕХАНИЧЕСКИХ ЦЕХАХ

Устройства плавного запуска с функцией энергосбережения – представляют собой динамические контроллеры-оптимизаторы асинхронных электродвигателей, решая многие задачи по оптимизации работы двигателей, а именно [11]:

- плавный пуск оборудования, имеющего тяжелые пусковые режимы с обеспечением ограничения пусковых токов до $1,55 I_n$;
- экономия средств за счет снижения активной мощности;
- возможность снижения заявленной мощности за счет ограничения пусковых токов и расхода электроэнергии;
- возможность отказаться от использования дорогостоящих конденсаторных компенсирующих устройств реактивной мощности за счет очень существенного снижения реактивной мощности;
- возможность устранить «провалы» в питающей сети за счет ограничения пусковых токов;
- снижение нагрева силовых кабелей, возможность использовать проводники меньшего сечения, либо подключить к питающей сети большее количество оборудования за счет ограничения пусковых токов и очень существенного снижения реактивной мощности;
- снижение износа и увеличение срока службы электрической части оборудования за счет снижения пусковых токов и очень существенного снижения реактивной мощности, а, следовательно, экономия на ремонте и замене электродвигателей, снижение потерь, вызванных простоем оборудования;
- снижение износа и увеличение срока службы механической части оборудования за счет плавного пуска, т.е. исключения ударных пусковых нагрузок;
- улучшение экологичности производства: снижение шума, нагрева, вибрации за счет уменьшения бесполезных потерь.

1.3.1. Отключение электродвигателей при холостом ходе

Анализ работы целого ряда механизмов показывает, что величина холостой работы станков чрезвычайно высока по причинам технологического порядка. На ряде заводов отношение времени холостого хода ко времени, рабочего хода (времени работы резания) для механических цехов составляет более 30%, принимая следующие значе-

ния для отдельных станков (в процентах): токарные станки – 35; сверлильные станки – 64; фрезерные станки – 45,5; шлифовальные станки – 42; автоматы – 25,3 [15].

В виду того, что продолжительность рабочего хода одного цикла для большинства станков находится в пределах одной минуты, выключение двигателей не производится в моменты холостой работы станков. Такая длительная работа двигателя в холостом режиме вызывает повышенный расход электроэнергии, еще более увеличивающийся в связи с понижением коэффициента мощности $\cos \varphi$.

В целях обеспечения своевременного выключения двигателя вместе с остановками работы на станках и доведения до минимума холостой работы двигателя, необходимо устройство простого и удобного выключающего приспособления.

Как показали исследования, длительность межоперационного холостого хода электродвигателя колеблется от 10...20 сек. до 3...5 мин. Расход электроэнергии на межоперационный холостой ход, в некоторых случаях, составляет 200% и выше от полезно израсходованной электроэнергии. Расход электроэнергии на пуск двигателя, как было установлено, не превышает расхода электроэнергии в течение 10...20 сек. при работе его вхолостую на металлообрабатывающих станках. Таким образом, при длительности межоперационного холостого хода станка больше 10..20 сек. целесообразно, с точки зрения экономии электроэнергии, двигатели этих станков по окончании обработки каждой детали выключать, и снова включать после установки следующей детали для обработки.

По расчетам профессора Пресс С. А., при самых неблагоприятных условиях для режима отключения двигателя, при частоте включений менее 60 в час или менее одного включения в минуту следует, в целях экономии электроэнергии, отключать двигатель в межоперационные периоды. Что же касается допустимой частоты включений электродвигателей, то, при длительности межоперационного времени больше 10...20 секунд и применительно к механическим цехам, где преобладающее распространение имеют короткозамкнутые асинхронные двигатели малой и средней мощности до 30 кВт, нет никаких препятствий к отключению двигателей в межоперационные периоды. В частности, можно указать, что электродвигатели серии 4А и АИ могут включаться и выключаться без вреда для себя не менее 150...200 раз в час.

Для автоматического выключения электродвигателя, при межоперационных холостых ходах, применяются различные конструкции ограничителей холостого хода в зависимости от типа станка (реле времени, реле тока).

Для оценки эффективности применения ограничителей холостого хода необходимы следующие данные [10]:

- номинальная мощность на валу электродвигателя N_n , кВт;
- мощность холостого хода N_x , кВт;
- вспомогательное время (холостого хода) T_v , мин;

На основании этих данных определяют целесообразность отключения электродвигателя главного движения при холостом ходе:

1. Мощность холостого хода N_x , кВт:

$$N_x = \frac{N_n \cdot (1 - \eta)}{\eta}, \quad (11)$$

где η – коэффициент полезного действия электродвигателя главного движения [1], либо используя следующие общие рекомендации: при мощности электродвигателя до 1 кВт принимают $\eta = 0,74$; до 2 кВт – $\eta = 0,8$; до 3 кВт – $\eta = 0,83$; до 5 кВт – $\eta = 0,86$; до 7,5 кВт – $\eta = 0,87$; до 13 кВт – $\eta = 0,88$; до 30 кВт – $\eta = 0,9$; более 70 кВт – $\eta = 0,915$.

Некоторые данные асинхронных двигателей общего назначения приведены в приложении А [1].

2. Коэффициент a :

$$a = \frac{N_x}{N_n}, \quad (12).$$

3. Коэффициент b :

$$b = \frac{1}{4 \cdot 60 \cdot T_v}, \quad (13).$$

4. По диаграмме (рисунок 1.2) определяют показатель эффективности ω . Если значение $\omega < 0$, то отключать электродвигатель главного движения не следует, так как расход электроэнергии на за-

пуск электродвигателя превышает экономию ее от отключения при холостом ходе.

5. Экономия электроэнергии системы электропривода для операции ΔN_j , кВт:

$$\Delta N_i = \omega \cdot N_H \cdot T_B, (14).$$

6. Величина экономии электроэнергии системы электроприводов по всему технологическому процессу N_n , кВт:

$$N_n = \sum_j^n \Delta N_j, (15).$$

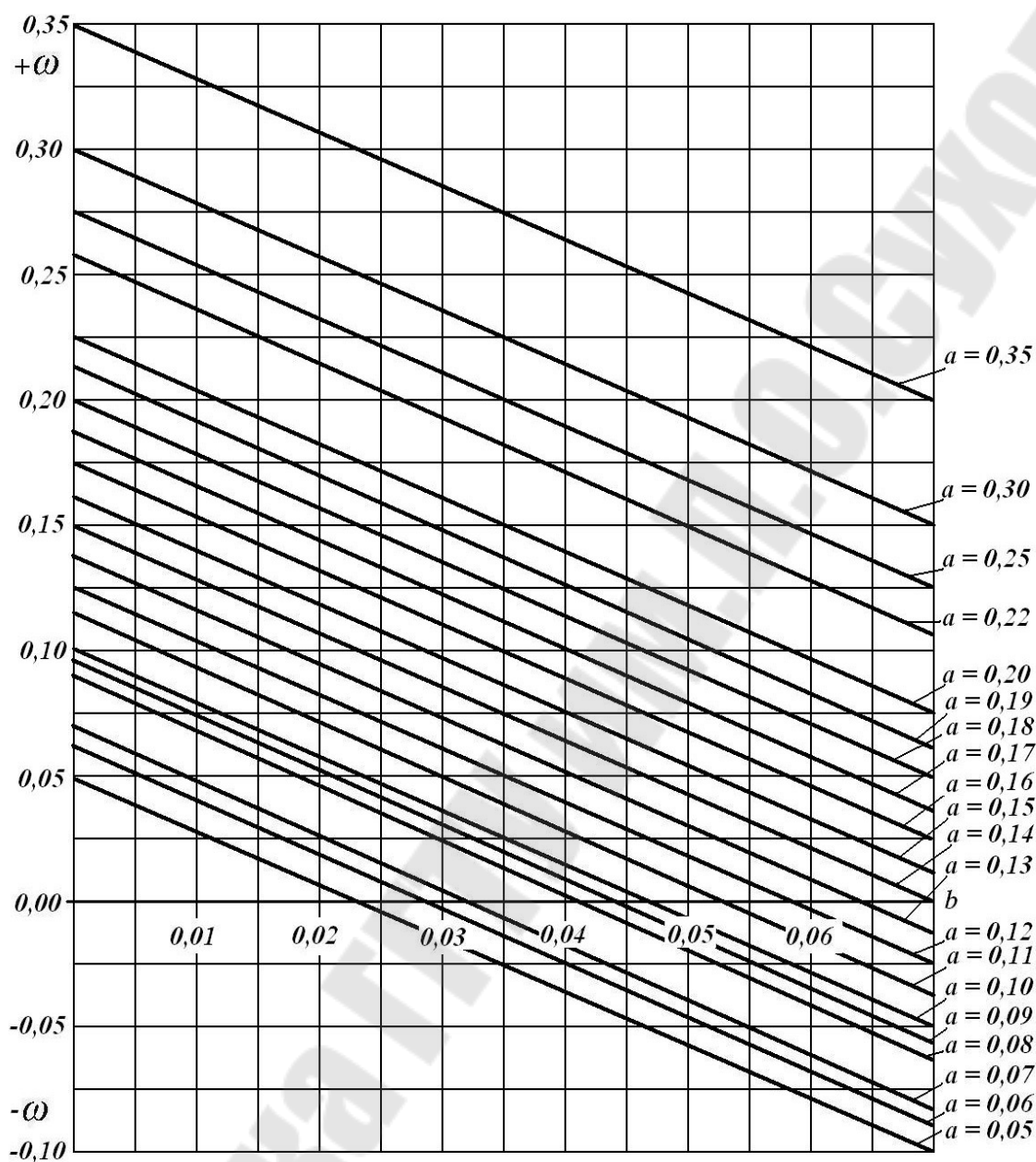


Рисунок 1.2. Диаграмма определения эффективности ограничителей холостого хода

7. Энергозатраты в стоимостном выражении C , тыс. руб, экономии электроэнергии электроприводов по всему технологическому процессу:

$$C = C_{\text{ЭН}} \cdot N_{\text{П}}, (16).$$

Пример. Деталь – «Корпус реверса КИС 0114205». Операция 010 – Токарно-винторезная. Операция выполняется на токарно-

винторезном станке модели ГС526У. Номинальная мощность электродвигателя типа АИР160S5 с коэффициентом полезного действия $\eta=0,88$ $N_n = 11$ кВт. Вспомогательное время (холостого хода) $T_b=0,23$ мин. Определить эффективность применения ограничителя холостого хода.

1. Мощность холостого хода N_x , кВт:

$$N_x = \frac{11 \cdot (1 - 0,88)}{0,88} = 1,5 \text{ кВт}.$$

2. Коэффициент a :

$$a = \frac{1,5}{11} = 0,136.$$

3. Коэффициент b :

$$b = \frac{1}{4 \cdot 60 \cdot 0,23} = 0,018.$$

4. По диаграмме (рисунок 1.2) показатель эффективности $\omega=0,11$.

5. Экономия электроэнергии системы электропривода ΔN_j , кВт
 $\Delta N_i = 0,11 \cdot 11 \cdot 0,23 = 0,28$ кВт.

Пример. Деталь – «Корпус подшипника КИС 0102201». Операция 010 – Карусельно-фрезерная. Операция выполняется на карусельно-фрезерном полуавтомате модели 6М23. Номинальная мощность электродвигателя типа АИР160М4 с коэффициентом полезного действия $\eta = 0,9$ $N_n = 15$ кВт. Вспомогательное время $T_b = 0,06$ мин. Определить эффективность применения ограничителя холостого хода.

$$1. N_x = \frac{15 \cdot (1 - 0,9)}{0,9} = 1,67 \text{ кВт}.$$

$$2. a = \frac{1,67}{15} = 0,11.$$

$$3. b = \frac{1}{4 \cdot 60 \cdot 0,036} = 0,069.$$

4. По диаграмме (рисунок 1.2) показатель эффективности $\omega = -0,031$.

$$5. \Delta N = -0,036 \cdot 15 \cdot 0,06 = -0,03 \text{ кВт}.$$

В данном случае применение ограничителя холостого хода приводит к перерасходу электроэнергии и его необходимо отключать.

1.3.2. Эффективность замены незагруженных электродвигателей электродвигателями меньшей мощности

При загрузке электродвигателей в пределах 45...75% номинальной мощности целесообразность его замены должна быть подтверждена уменьшением суммарных потерь активной мощности в электрической системе и электродвигателе [10].

Если операция проектируемого варианта технологического процесса отличается от базового только заменой модели станка с меньшей мощностью электродвигателя, а режимы обработки и нормы времени остаются без изменения, то нет необходимости выполнять предыдущие расчеты (п. 1.2). В этом случае необходимо рассмотреть вопрос эффективности замены ненагруженного электродвигателя электродвигателем меньшей мощности.

Суммарные потери активной мощности $\Delta N_{\text{сумм}}$, кВт [10]:

$$\Delta N_{\text{сумм}} = [Q_x \cdot (1 - K_n) + K \cdot Q_n] \cdot K_{\text{э}} + \Delta N_{\text{ax}} + K_n \cdot \Delta N_a, \quad (17)$$

где Q_x – реактивная мощность, потребляемая электродвигателем из сети при холостом ходе, квар:

$$Q_x = 10^{-3} \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_x, \quad (18)$$

где U_n – номинальное напряжение питания электродвигателя, В;
 I_x – ток холостого хода электродвигателя, А:

$$I_x = \frac{10^3 \cdot N_n \cdot (1 - \eta)}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \eta}, \quad (19)$$

где η – коэффициент полезного действия электродвигателя главного движения [1];

N_x – мощность при холостом ходе электродвигателя, кВт:

$$N_x = \frac{N_n \cdot (1 - \eta)}{\eta}, \quad (20);$$

K_n – коэффициент нагрузки электродвигателя:

$$K_n = N_p / N_n, (21);$$

N_p – средняя нагрузка электродвигателя (мощность резания), кВт;

N_n – номинальная мощность электродвигателя, кВт;

Q_n – реактивная мощность электродвигателя при номинальной нагрузке, квар:

$$Q_n = \frac{N_n}{\eta} \operatorname{tg} \varphi, (22)$$

где $\operatorname{tg} \varphi$ – производная от номинального коэффициента мощности электродвигателя (угол φ равен углу φ в коэффициенте мощности $\cos \varphi$, а $\cos \varphi \approx \eta$);

K_γ – коэффициент повышения потерь, принимается $K_\gamma = 0,1 \dots 0,15$;

ΔN_{ax} – потери активной мощности при холостом ходе электродвигателя, кВт:

$$\Delta N_{ax} = N_n \left(\frac{1 - \eta}{\eta} \right) \cdot \left(\frac{\gamma}{1 + \gamma} \right), (23);$$

γ – коэффициент, зависящий от конструкции электродвигателя:

$$\gamma = \frac{N_x}{(100 - 100 \cdot \eta) - N_x}, (24);$$

ΔN_a – прирост активной мощности при холостом ходе электродвигателя, кВт

$$\Delta N_a = N_n \left(\frac{1 - \eta}{\eta} \right) \cdot \left(\frac{\gamma}{1 + \gamma} \right), (25).$$

В результате замены незагруженного электродвигателя получим снижение потерь активной мощности ΔN_j , кВт, в электродвигателе и в электрических сетях

$$\Delta N_i = \Delta N_{\text{сумм}}^* - \Delta N_{\text{сумм}}^{**}, (26)$$

где $\Delta N_{\text{сумм}}^*$; $\Delta N_{\text{сумм}}^{**}$ – соответственно активная мощность проектируемого и базового вариантов.

Снижение потерь активной мощности ΔN , кВт:

$$\Delta N = N \cdot \sum_j^n \Delta N_j, (27).$$

В стоимостном выражении C_3 , тыс. руб., по всему технологическому процессу:

$$C_3 = C_{\text{эн}} \cdot \sum_j^n \Delta N_j, (28)$$

Пример. Необходимо проверить эффективность замены электродвигателя. Исходные данные (таблица 1.1).

Расчет проведем согласно приведенной выше методике и литературы [7].

Параметры электродвигателей

Таблица 1.1.

Параметры электродвигателя	Значение параметров	
1. Тип электродвигателя	АИР160АМ/2	АИР160М8/4
2. Номинальная мощность электродвигателя N_n , кВт	17,0	13,0
3. Средняя нагрузка электродвигателя N_p , кВт	4,5	4,5
4. Номинальное напряжение питания электродвигателя U_n , В	380	380
5. Коэффициент полезного действия электродвигателя η , %	86,5	84,0
6. Коэффициент мощности $\cos\varphi$	0,91	0,89
7. Коэффициент повышения потерь K_3 , кВт/квар.	0,125	0,125
8. Модель оборудования	3Т161ЕН	3Т160ЕН

Базовый вариант

Определяем:

$$N_x = \frac{17 \cdot (1 - 0,865)}{0,865} = 2,65 \text{ кВт.}$$

$$I_x = 1,52 \cdot 2,65 = 4,03 \text{ А.}$$

$$Q_x = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 4,03 \cdot 10^{-3} = 2,65 \text{ квар.}$$

$$\varphi = 27,22^\circ.$$

$$Q_H = \left(\frac{17}{0,865} \right) \cdot 0,4557 = 8,96 \text{ квар.}$$

$$K_H = \frac{4,5}{17} = 0,265.$$

$$\gamma = \frac{2,65}{(100 - 100 \cdot 0,865) - 2,65} = 0,244.$$

$$\Delta N_{ax} = 17 \cdot \left(\frac{1 - 0,865}{0,865} \right) \cdot \left(\frac{0,244}{1 + 0,244} \right) = 0,81 \text{ кВт.}$$

$$\Delta N_a = 17 \cdot \left(\frac{1 - 0,865}{0,865} \right) \cdot \left(\frac{1}{1 + 0,244} \right) = 2,13 \text{ кВт.}$$

$$\Delta N_{\text{сумм}}^* = [2,65 \cdot (1 - 0,265) + 0,265 \cdot 8,96] \cdot 0,125 + 0,81 + 0,265 \cdot 2,13 = 1,91 \text{ кВт.}$$

В случае если известны только значения номинальной мощности электродвигателя N_H его КПД η (см. подраздел 1.3.1) и мощность резания N_p , то расчет потерь активной мощности для данной операции $\Delta N_{\text{сумм}}^*$ можно выполнить в следующей последовательности:

- мощность при холостом ходе электродвигателя N_x , кВт:

$$N_x = \frac{17 \cdot (1 - 0,9)}{0,9} = 1,89 \text{ кВт};$$

- ток холостого хода электродвигателя I_x , А:

$$I_x = 1,52 \cdot 1,89 = 2,84 \text{ А};$$

- реактивная мощность, потребляемая электродвигателем из сети при холостом ходе Q_x , квар:

$$Q_x = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 2,84 \cdot 10^{-3} = 1,87 \text{ квар};$$

- производная от номинального коэффициента мощности электродвигателя $\text{tg}\varphi$:

$$\cos \varphi \approx \eta = 0,9; \varphi = 28,71^\circ; \text{tg}\varphi = 0,4843;$$

- реактивная мощность электродвигателя при номинальной нагрузке Q_n , квар:

$$Q_n = \left(\frac{17}{0,9} \right) \cdot 0,4843 = 9,15 \text{ квар};$$

- коэффициент повышения потерь, принимаем равным:
 $K_y = 0,125;$

- коэффициент нагрузки электродвигателя K_n :

$$K_n = \frac{4,5}{17} = 0,265;$$

- коэффициент, зависящий от конструкции электродвигателя γ :

$$\gamma = \frac{1,89}{(100 - 100 \cdot 0,9) - 1,89} = 0,233;$$

- потери активной мощности при холостом ходе электродвигателя ΔN_{ax} , кВт:

$$\Delta N_{ax} = 17 \cdot \left(\frac{1-0,9}{0,9} \right) \cdot \left(\frac{0,233}{1+0,233} \right) = 0,36 \text{ кВт};$$

- прирост активной мощности при холостом ходе электродвигателя ΔN_a , кВт:

$$\Delta N_a = 17 \cdot \left(\frac{1-0,9}{0,9} \right) \cdot \left(\frac{1}{1+0,233} \right) = 1,53 \text{ кВт};$$

- суммарные потери активной мощности $\Delta N_{\text{сумм}}^*$, кВт:

$$\Delta N_{\text{сумм}}^* = [1,87 \cdot (1 - 0,265) + 0,265 \cdot 9,15] \cdot 0,125 + 0,54 + 0,265 \cdot 1,53 = 1,24 \text{ кВт},$$

что свидетельствует о приближенном значении получаемого конечного результата.

Проектируемый вариант

Определяем:

$$N_x = \frac{13 \cdot (1 - 0,84)}{0,84} = 2,48 \text{ кВт}.$$

$$I_x = 1,52 \cdot 2,48 = 3,77 \text{ А}.$$

$$Q_x = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 3,77 \cdot 10^{-3} = 2,48 \text{ квар}.$$

$$\varphi = 30,14^\circ.$$

$$Q_H = \left(\frac{13}{0,84} \right) \cdot 0,5123 = 7,93 \text{ квар}.$$

$$K_H = \frac{4,5}{13} = 0,346.$$

$$\gamma = \frac{2,48}{(100 - 100 \cdot 0,84) - 2,48} = 0,183.$$

$$\Delta N_{ax} = 17 \cdot \left(\frac{1 - 0,84}{0,84} \right) \cdot \left(\frac{0,183}{1 + 0,183} \right) = 0,54 \text{ кВт.}$$

$$\Delta N_a = 17 \cdot \left(\frac{1 - 0,84}{0,84} \right) \cdot \left(\frac{1}{1 + 0,183} \right) = 2,09 \text{ кВт.}$$

$$\Delta N_{\text{сумм}}^* = [2,48 \cdot (1 - 0,346) + 0,346 \cdot 7,93] \cdot 0,125 + 0,54 + 0,346 \cdot 2,09 = 1,64 \text{ кВт.}$$

Снижение потерь активной мощности ΔN_j , кВт, в электродвигателе и в электрических сетях на операции технологического процесса:

$$\Delta N_i = 1,91 - 1,64 = 0,27 \text{ кВт.}$$

Мероприятия по замене электродвигателя оправданы при недостаточном использовании оборудования и в перспективе могут служить мероприятиями для полного использования оборудования при усовершенствовании технологии.

1.3.3. Уменьшение удельных расходов электроэнергии за счет увеличения загрузки оборудования

Увеличение средней загрузки оборудования снижает удельные расходы электроэнергии. Для определения экономии электроэнергии на технологическом оборудовании вводится понятие удельного расхода электроэнергии на данном технологическом оборудовании.

Удельный расход электроэнергии $\Delta \mathcal{E}$, кВт·ч, равен количеству электроэнергии, потребляемой электродвигателем технологического оборудования из сети, отнесенному к киловатт-часу полезной работы при выполнении операции, и определяемый по формуле [10]:

$$\Delta \mathcal{E} = \frac{1}{\eta \cdot K_{3N}} \left[K_{3N} + \frac{\alpha(1 - \eta)}{K_{\text{И}}} \right], \quad (29)$$

где η – коэффициент полезного действия электродвигателя главного движения [1];

K_{3N} – коэффициент загрузки по мощности:

$$K_{3N} = \frac{N_p}{N_n}; \quad (30)$$

N_p – полезная мощность, потребляемая оборудованием на обработку (мощность резания), кВт [2;3;4;6;7;12;13;14];

N_n – номинальная мощность на валу электродвигателя главного движения, кВт;

α – коэффициент, зависящий от конструкции и типа технологического оборудования, $\alpha = 0,7 \dots 0,9$ [10];

$K_{И}$ – коэффициент использования технологического оборудования:

$$K_{И} = \frac{T_o}{T_o + T_x}; \quad (31)$$

T_o – основное (машинное) время работы технологического оборудования, мин;

T_x – время холостой работы технологического оборудования, мин.

При максимальном использовании технологического оборудования по мощности $K_{3N} = 1$ и при отсутствии потерь времени на холостые хода $K_{И} = 1$ (машина непрерывного действия) удельный расход электроэнергии $\Delta\mathcal{E}_o$, кВт·ч

$$\Delta\mathcal{E}_o = \frac{1 + \alpha(1 - \eta)}{\eta}, \quad (32)$$

Коэффициент увеличения удельного расхода электроэнергии β в зависимости от нагрузки и продолжительности работы в режиме холостого хода:

$$\beta = \frac{\Delta\mathcal{E}}{\Delta\mathcal{E}_o} = \frac{K_{3N} \cdot K_{И} + \alpha(1 - \eta)}{K_{3N} \cdot K_{И} [1 + \alpha(1 - \eta)]}, \quad (33)$$

Пример. Токарно-винторезный станок модели ГС 526У работает с $\eta = 0,875$ и $\alpha = 0,9$ с полезной нагрузкой 20% номинальной мощности $K_{3N} = 0,2$ и с продолжительностью периода холостого хода, рав-

ному $K_{\text{И}} = 0,4$. При увеличении загрузки станка до $K_{3N} = 0,8$ и сокращении периода холостого хода до $K_{\text{И}} = 0,9$ определить удельный расход электроэнергии.

Определяем значение коэффициентов увеличения удельного расхода электроэнергии β_i :

$$\beta_1 = \frac{0,4 \cdot 0,2 + 0,9(1 - 0,875)}{0,4 \cdot 0,2[1 + 0,9(1 - 0,875)]} = 2,16;$$

$$\beta_2 = \frac{0,9 \cdot 0,8 + 0,9(1 - 0,875)}{0,9 \cdot 0,8[1 + 0,9(1 - 0,875)]} = 1,04.$$

При максимальном использовании станка удельный расход электроэнергии $\Delta\mathcal{E}_0$, кВт·ч:

$$\Delta\mathcal{E}_0 = \frac{1 + 0,9(1 - 0,875)}{0,875} = 1,27 \text{ кВт·ч.}$$

Часовая экономия электроэнергии $\Delta\mathcal{E}$, кВт·ч:

$$\Delta\mathcal{E} = (\beta_1 - \beta_2) \cdot \Delta\mathcal{E}_0 = (2,16 - 1,04) \cdot 1,27 = 1,42 \text{ кВт·ч.}$$

При выполнении расчетов определить:

- основное время выполнения операций по базовому и проектируемому вариантам;
- время холостого хода по базовому и проектируемому вариантам;
- коэффициент загрузки по мощности;
- коэффициент использования технологического оборудования в базовом и проектируемом вариантах;
- коэффициенты увеличения удельного расхода электроэнергии в базовом и проектируемом вариантах;
- максимальный удельный расход электроэнергии;
- часовую экономию электроэнергии.

1.3.4. Экономия силовой и осветительной электроэнергии в механических цехах

Большой резерв по экономии электроэнергии в цехе дает экономия силовой электроэнергии (электроэнергии идущей на станки) и электроэнергии, идущей на освещение производственных помещений.

Используя данные на годовые затраты по базовому и проектируемому вариантам на затраты на силовую электроэнергию и электроэнергию, идущую на освещение производственного помещения, полученные в «Экономическом разделе» дипломного проекта [9], определяем величину экономии силовой электроэнергии $C_{сэ}$, тыс. руб.

$$C_{сэ} = C_{сэ б} - C_{сэ п}, \quad (34)$$

где $C_{сэ б}$; $C_{сэ п}$ – соответственно затраты на силовую электроэнергию по базовому и проектируемому вариантам, тыс. руб.

Величину экономии электроэнергии, идущей на освещение цеха $C_{эо}$, тыс. руб:

$$C_{эо} = C_{эо б} - C_{эо п}, \quad (35).$$

Величина экономии электроэнергии от внедрения технологического процесса составит N_i , кВт:

$$N_i = \frac{C_{сэ} + C_{эо}}{Ц_{эп}}, \quad (36).$$

Таким образом, общая экономия электроэнергии составит:

- величина экономии электроэнергии в стоимостном выражении C , тыс. руб:

$$C = \sum C_i = Э_{эп} + C_x + C_z, \quad (37);$$

- величина экономии электроэнергии в абсолютном выражении N , кВт:

$$N = \frac{\sum C_i}{Ц_{эп}}, \quad (38).$$

1.4. ЭКОНОМИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В МЕХАНИЧЕСКИХ ЦЕХАХ

Одним из наиболее эффективных; направлений научно-технического прогресса и средством активизации структурной перестройки экономики, фактором долговременного действия является энергосбережение. Оно способствует ускорению темпов роста производства, снижению цен на промышленную продукцию, достижению высоких конечных хозяйственных результатов, решению социальных и экологических задач.

Энергосбережение – это комплексная многоцелевая и долговременная проблема. Она должна решаться такими методами, чтобы заинтересовать в снижении рационального расходования тепловых и энергетических ресурсов не только у государства, но и у каждого производителя и потребителя топлива, энергии и материалов. Экономический интерес, базирующийся на взаимовыгодности в рыночных условиях, – главное требование, лежащее в основе решения этой проблемы.

Изучение показывает, что в заводской практике энергосбережение может проявляться в самых разнообразных формах, зависящих от отраслевой принадлежности предприятий, от уровня внутризаводского разделения труда, типа производства, уровня механизации и автоматизации производственных процессов.

Формами, в которых проявляется энергосбережение, могут быть [11]:

- снижение материала и энергоемкости продукции;
- изменения в структуре энергопотребления в сторону замены более дефицитных энергоносителей менее дефицитными энергоносителями;
- снижения уровня загрязнения окружающей среды;
- увеличение коэффициента полезного использования энергии во всех сферах экономики, сопровождаемое практически одновременным ростом экономической эффективности самого энергохозяйства и др.

Изложенные обстоятельства определяют необходимость резкой активизации энергосберегающей политики на промышленных предприятиях, призванной нарастить производственный капитал их энергохозяйств, перевести их экономику в режим энергосбережения.

Возрастающая стоимость энергоресурсов привела к необходимости повышения оперативности их употребления. Быстрый рост налогов на электроэнергию, газ, тепло, воду в последние годы особенно заметен и можно, с большой вероятностью, предположить, что ориентация сохранится.

Ресурсосбережение как комплексная проблема соединяет в себе почти все научно-технические, социально-экономические и законодательные стороны функционирования народного хозяйства. Обобщающие показатели ресурсосбережения (материало-, металло- и энергоемкость производства продукции, работ и услуг) – одни из важнейших критериев экономической эффективности производства – позволяют объективно оценивать прогрессивность развития экономики и делать необходимые практические выводы.

1.4.1. Расчет материальных ресурсов

Расчет затрат на материалы с учетом возвратных отходов Z_m , тыс. руб. [9]:

$$Z_m = (Z_{om} - M_o \cdot C_o) \cdot N, \quad (39)$$

где Z_{om} – затраты на основные материалы, тыс. руб/шт;

Стоимость основных материалов в расчете на одно изделие Z_{om} , тыс. руб:

$$Z_{om} = \sum_{i=1}^n H_{mi} \cdot C_{omi} \cdot K_{mз}, \quad (40)$$

где n – количество видов основных материалов, используемых в изготавливаемом изделии;

H_{mi} – норма расхода материала i -го вида на одно изделие, кг;

C_{omi} – цена основного материала i -го вида за один килограмм, тыс. руб;

$K_{mз}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы ($K_{mз}=1,05 \dots 1,08$);

M_o – количество используемого отхода материала при изготовлении единицы продукции, кг/шт;

C_o – цена одного килограмма отходов материала, тыс. руб.

Затраты на сжатый воздух $C_{сж}$, тыс. руб.:

$$C_{сж} = H_{сж} \cdot n_c \cdot F_d \cdot 1,5 \cdot K_{зср} \cdot C_{св}, \quad (41)$$

где $H_{сж}$ – среднечасовая норма расхода сжатого воздуха на один станок, м³/ч; $H_{сж} = 1 \dots 3$ м³/час [9];

n_c – количество единиц оборудования, использующих сжатый воздух, шт;

1,5 – коэффициент, учитывающий потери сжатого воздуха;

$K_{зср}$ – средний коэффициент загрузки оборудования;

$C_{св}$ – цена одного кубического метра сжатого воздуха, тыс. руб/м³.

Затраты на воду для бытовых нужд $C_{вб}$, тыс. руб.:

$$C_{вб} = H_{вб} \cdot n_i \cdot D_p \cdot Ч_{раб} \cdot C_{вб} \cdot K_{зан}, \quad (42)$$

где $H_{вб}$ – норма расхода воды на одного работающего в смену, м³; $H_{вб} = 0,06$ м³ [9];

n_i – число смен в сутки;

D_p – число рабочих дней в году, дни;

$Ч_{раб}$ – расчетное число работающих, чел;

$C_{вб}$ – стоимость одного кубического метра воды для бытовых нужд, тыс. руб/м³;

$K_{зан}$ – средний коэффициент занятости.

Затраты на пар для производственных нужд $C_{пп}$, тыс. руб.:

$$C_{пп} = C_{п} \cdot q \cdot (H_{в.м} \cdot K_{п.м} + K_{с.д}) \cdot \frac{N}{1000}, \quad (43)$$

где $C_{п}$ – стоимость одной тонны пара, тыс. руб/т;

q – масса детали, кг;

$H_{в.м}$ – норма расхода воды в моечной машине, м³/т; $H_{в.м} = 0,35$ м³/т [9];

$K_{п.м}$ – расход пара на подогрев одного кубического метра воды, т/м³; $K_{п.м} = 0,16 \dots 0,19$ т/м³ [9];

$K_{с.д}$ – расход пара на сушку одной тонны деталей, т/т $K_{с.д} = 0,1$ т/т. [9].

Затраты на пар для отопления зданий $C_{п.зд}$, тыс. руб.:

$$C_{п.зд} = S_{зд} \cdot h \cdot H_{п.зд} \cdot Ц_{п} \cdot K_{зан}, \quad (44)$$

где $S_{зд}$ – площадь здания, занимаемая технологическим оборудованием, м²;

h – высота здания, м;

$H_{п.зд}$ – норма расхода пара в тоннах на одного кубического метра здания, т/м³; $H_{п.зд} = 0,47$ т/м³ [9];

$Ц_{п}$ – стоимость одной тонны пара, тыс. руб./т;

Исходя из выше изложенного и соответствующих подразделов «Экономического раздела» определяем:

- экономия основных материалов $\mathcal{E}_м$, тыс. руб

$$\mathcal{E}_м = \mathcal{Z}_{мб} - \mathcal{Z}_{мп}, \quad (45)$$

где $\mathcal{Z}_{мб}$; $\mathcal{Z}_{мп}$ – соответственно затраты на основные материалы по базовому и проектируемому вариантам, тыс. руб.;

- экономия затрат на сжатый воздух $\mathcal{E}_{св}$, тыс. руб

$$\mathcal{E}_{св} = C_{свб} - C_{свп}, \quad (46)$$

где $C_{свб}$; $C_{свп}$ – соответственно затраты на сжатый воздух по базовому и проектируемому вариантам, тыс. руб.;

- экономия затрат на воду для бытовых нужд $\mathcal{E}_{вб}$, тыс. руб

$$\mathcal{E}_{вб} = C_{вбб} - C_{вбп}, \quad (47)$$

где $C_{вбб}$; $C_{вбп}$ – соответственно затраты на воду для бытовых нужд по базовому и проектируемому вариантам, тыс. руб.;

- экономия затрат на пар для производственных нужд $\mathcal{E}_{пт}$, тыс. руб

$$\mathcal{E}_{пп} = C_{ппб} - C_{ппп}, \quad (48)$$

где $C_{ппб}$; $C_{ппп}$ – соответственно затраты на пар для производственных нужд по базовому и проектируемому вариантам, тыс. руб.;
- экономия затрат на пар для отопления зданий $\mathcal{E}_{пзд}$, тыс. руб

$$\mathcal{E}_{п.зд} = C_{пздб} - C_{пздп}, \quad (49)$$

где $C_{пздб}$; $C_{пздп}$ – соответственно затраты на пар для отопления зданий по базовому и проектируемому вариантам, тыс. руб..
Общая экономия затрат на материальные ресурсы $\mathcal{E}$, тыс. руб

$$\mathcal{E} = \sum \mathcal{E}_i = \mathcal{E}_м + \mathcal{E}_{св} + \mathcal{E}_{вб} + \mathcal{E}_{пп} + \mathcal{E}_{пзд}$$

ЛИТЕРАТУРА

1. *Анурьев В. И.* Справочник конструктора - машиностроителя: В 3 т. Т.3 – 8-е изд., перераб. и доп. Под ред. *И. Н. Жестковой*. – М.: Машиностроение, 2001. – 864 с.
2. *Вечер Р. И., Шейбок М.Р.* Анализ потерь энергии при механической обработке. Практическое пособие к практическим работам по дисциплине «Основы энергосбережения» для студентов машиностроительных специальностей. – Гомель, ГГТУ им. П.О. Сухого, 2005. – 19с.
3. *Горбачевич А. Ф., Шкред В. А.* Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие для машиностроитспец. – Мн.: Выш. шк., 1983. – 256 с.
4. Дипломное проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие для вузов /*В. В. Бабук, П. А. Горезко, К. А. Забродин и др.* Под общ. ред. *В. В. Бабука*. – Мн.: Выш. шк., 1979. – 238с.
5. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении: Учебное пособие для вузов /*И. П. Филонов, Г. Я. Беляев, Л. М. Кожуро и др.* Под общ. ред. *И. П. Филонова*. – Мн.: УП «Технопринт», 2003. – 910 с.
6. Режимы резания металлов: Справочник. /Под ред. *Ю. В. Барановского*. – М.: Машиностроение, 1972. – 408 с.
7. Режимы резания металлов: Справочник. /Под ред. *А. Д. Корчемкина*. – М.: НИИавтопром, 1995. – 456 с.
8. Общая электротехника /Под ред. *И. А. Федоровой*. – Мн.: Выш. шк., 1968. – 448 с.
9. *Пархоменко Н. В., Кожевников Е. А.* Практическое руководство по выполнению курсовых работ по курсу «Организация производства и менеджмент в машиностроении» для студентов специальности Т.03.01.00 – «Технология, оборудование и автоматизация в машиностроении». – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2000. – 53 с.
10. Сборник практических работ по технологии машиностроения: Учеб. пособие/ *А. И. Медведев, В. А. Шкред, В. В. Бабук и др.*; Под ред. *И. П. Филонова*. – Мн.: БНТУ, 2003. – 486
11. *Сибикин Ю. Д., Сибикин М. Ю.* Технология энергосбережения: Учебник /Под общ. ред. *Ю. Д. Сибикина*. – М.: Форум, 2006. – 351 с.
12. Справочник металлиста. В 5 - ти т. Т4 /Под ред. *А. Н. Малова* /Гл. ред. *Н. С. Ачеркан*. – М.: Машгиз, 1961 – 779 с.

13. Справочник технолога – машиностроителя. В 2-х т. Т2 /Ю. А. Абрамов, В. И. Андреев, Б. И. Горбунов и др. Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.

14. Справочник технолога – машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 /Под ред. заслуженного деятеля науки и техники РСФСР д-ра техн. наук проф. А. Н. Малова. – 3-е пераб. – М.: Машиностроение, 1972. – 568 с.

15. Тайц А. А., Румянцев А. С. Экономия электроэнергии в машиностроении. – М.: Гоэнергоиздат, 1946. – 146 с.

Некоторые основные данные асинхронных двигателей
общего назначения

Приложение А
Справочное

Типоразмер двигателя	Мощ- ность, кВт	При номинальной нагрузке			$\frac{I_n}{I_{ном}}$	$I_{x\ x}, A$
		сколь- жение, %	кпд, %	cos φ		
1	2	3	4	5	6	7
Синхронная частота вращения 3000 мин ⁻¹						
АИР71В2	1,1	6,5	79,0	0,83	6,0	0,44
АИР80А2	1,5	5,0	81,0	0,85	7,0	0,54
АИР80В2	2,2	5,0	83,0	0,87	7,0	0,69
АИР100S2	4,0	5,0	87,0	0,88	7,5	0,39
АИР100L2	5,5	5,0	88,0	0,89	7,5	1,55
АИР112М2	7,5	3,5	87,5	0,88	7,5	1,63
АИР132М2	11,0	3,0	88,0	0,90	7,5	2,29
АИР160S2	15,0	3,0	90,0	0,89	7,0	2,53
АИР160М2	18,5	3,0	90,5	0,90	7,0	2,95
АИР180 S2	22,0	2,7	90,5	0,89	7,0	3,91
АИР180М2	30,0	2,5	91,5	0,90	7,5	4,24
Синхронная частота вращения 1500 мин ⁻¹						
АИР80А4	1,1	7,0	75,0	0,81	5,5	0,24
АИР80В4	1,5	7,0	78,0	0,83	5,5	0,28
АИР90L4	2,2	7,0	81,0	0,83	6,5	0,34
АИР100L4	4,0	6,0	85,0	0,84	7,0	0,46
АИР112М4	5,5	4,5	85,5	0,86	7,0	0,61
АИР132S4	7,5	4,0	87,5	0,86	7,5	0,70
АИР132М4	11,0	3,5	87,5	0,87	7,5	1,03
АИР160S4	15,0	3,0	90,0	0,89	7,0	1,10
АИР160М4	18,5	3,0	90,5	0,89	7,0	1,28
АИР180S4	22,0	2,5	90,5	0,87	7,0	1,52
АИР180М4	30,0	2,0	92,0	0,87	7,0	1,72
Синхронная частота вращения 1000 мин ⁻¹						
АИР80В6	1,1	8,0	74,0	0,74	4,5	0,25
АИР90L6	1,5	7,5	76,0	0,72	6,0	0,31
АИР100 L6	2,2	5,5	81,0	0,74	6,0	0,34
АИР112МВ6	4,0	5,0	82,0	0,81	6,0	0,58
АИР132S6	5,5	4,0	85,0	0,80	7,0	0,64
АИР132М6	7,5	4,0	85,5	0,81	7,0	0,84
АИР160S6	11,0	3,0	88,0	0,83	6,5	0,99

АИР160М6	15,0	3,0	88,0	0,85	6,5	1,35
АИР180М6	18,5	2,0	89,5	0,85	6,5	1,43
АИР200М6	22,0	2,0	90,0	0,83	6,5	1,61
АИР200L6	30,0	2,5	90,0	0,85	6,5	2,19
Синхронная частота вращения 750 мин ⁻¹						
АИР90LB8	1,1	7,0	72,0	0,70	3,5	0,28
АИР100L8	1,5	6,0	76,0	0,73	5,5	0,31
АИР112МА8	2,2	5,5	76,5	0,71	5,5	0,44
АИР132S8	4,0	4,5	83,0	0,74	6,0	0,54
АИР132М8	5,5	5,0	85,5	0,86	6,0	0,52
АИР160S8	7,5	3,0	87,0	0,75	5,5	0,74
АИР160М8	11,0	3,0	87,5	0,75	6,0	1,03
АИР180М8	15,0	2,5	89,0	0,82	5,5	1,22
АИР200М8	18,5	2,5	89,0	0,81	6,0	1,50
АИР200L8	22,0	2,5	90,0	0,81	6,0	1,69
АИР225М8	30,0	2,5	90,5	0,81	6,0	1,97
Синхронная частота вращения 3000 мин ⁻¹						
4А71В2У3	1,1	6,3	77,5	0,87	5,5	0,21
4А80А2У3	1,5	4,2	81,0	0,85	6,5	0,23
4А80В2У3	2,2	4,3	83,0	0,73	6,5	0,30
Продолжение приложения А						
4А100S2У3	4,0	3,3	86,5	0,89	7,5	0,41
4А100L2У3	5,5	3,4	87,5	0,91	7,5	0,52
4А112М2У3	7,5	2,5	87,5	0,88	7,5	0,70
4А132М2У3	11,0	2,3	88,0	0,90	7,7	0,99
4А160S2У3	15,0	2,1	88,0	0,91	7,0	1,35
4А160М2У3	18,5	2,1	88,0	0,92	7,0	1,58
4А180S2У3	22,0	1,9	88,5	0,91	7,5	1,88
4А180М2У3	30,0	1,8	90,5	0,90	7,5	2,07
Синхронная частота вращения 1500 мин ⁻¹						
4А80А4У3	1,1	5,4	75,0	0,81	5,0	0,34
4А80В4У3	1,5	5,8	77,0	0,83	5,0	0,29
4А90L4У3	2,2	5,1	80,0	0,84	6,0	0,36
4А100L4У3	4,0	4,6	84,0	0,84	6,0	0,50
4А112М4У3	5,5	3,6	85,5	0,85	7,0	0,61
4А132S4У3	7,5	2,9	87,5	0,86	7,5	0,70
4А132М4У3	11,0	2,9	87,5	0,87	7,5	1,03
4А160S4У3	15,0	2,3	88,5	0,88	7,0	1,28
4А160М4У3	18,5	2,2	89,5	0,88	7,0	1,43
4А180S4У3	22,0	2,0	90,0	0,90	6,5	1,61
4А180М4У3	30,0	1,9	91,0	0,89	6,5	1,95

СОДЕРЖАНИЕ

1. Экономия электроэнергии в механических цехах.....	
1.1. Краткая характеристика электрооборудования механических цехов.....	
1.2. Энергетический баланс процессов механической обработки	
1.3. Мероприятия по экономии электроэнергии в механических цехах	
1.3.1. Отключение электродвигателей при холостом ходе	
1.3.2. Эффективность замены незагруженных электродвигателей электродвигателями меньшей мощности	
1.3.3. Уменьшение удельных расходов электроэнергии за счет увеличения загрузки оборудования.....	
1.3.4. Экономия силовой и осветительной электроэнергии в механических цехах	
1.4. Экономия материальных ресурсов в механических цехах	
1.4.1. Расчет материальных ресурсов	
Литература.....	
Приложение А	

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭКОНОМИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

ПОСОБИЕ

**для студентов специальности 1-36 01 01
«Технология машиностроения»
дневной и заочной форм обучения**

Составители: **Соболев** Виктор Федорович
Пучков Анатолий Андреевич
Кульгейко Михаил Петрович

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 31.03.09.

Рег. № 30Е.

E-mail: ic@gstu.gomel.by
<http://www.gstu.gomel.by>