



Министерство образования Республики Беларусь

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

Кафедра «Экономика и управление в отраслях»

**С. Н. Котова, О. А. Полозова, Г. А. Прокопчик**

**ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЛАНИРОВАНИЕ  
ПРОИЗВОДСТВА. УПРАВЛЕНИЕ  
ПРЕДПРИЯТИЕМ**

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
по одноименному курсу для студентов  
специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение»  
дневной формы обучения**

Гомель 2009

УДК 658.5(075.8)  
ББК 65.291.21я73  
К73

*Рекомендовано научно-методическим советом  
гуманитарно-экономического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 1 от 24.09.2007 г.)*

Рецензент: доц. каф. «Электроснабжение» ГГТУ им. П. О. Сухого  
канд. экон. наук *Т. В. Алферова*

**Котова, С. Н.**  
К73 Организация и планирование производства. Управление предприятием : лаборатор. практикум по одноим. курсу для студентов специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение» дневной формы обучения / С. Н. Котова, О. А. Полозова, Г. А. Прокопчик. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2009. – 62 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.

Лабораторный практикум позволяет помочь студентам приобрести практические навыки в оценке эффективности инвестиционных проектов в энергетике; сетевом планировании и управлении; в составлении графика планово-предупредительных ремонтов энергооборудования промышленных предприятий; в нормировании расхода тепловой энергии на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение с использованием современных прикладных программ для ПЭВМ.

Для студентов специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение» дневной формы обучения.

УДК 658.5(075.8)  
ББК 65.291.21я73

© Учреждение образования «Гомельский  
государственный технический университет  
имени П. О. Сухого», 2009

## Введение

Специалист в области энергетики должен хорошо знать закономерности развития энергетического хозяйства; научные методы обоснования производственной и организационной структуры энергетического предприятия, построения внутривозьственных подразделений; системы ведения энергохозяйства; формы хозяйствования; принципы, методы и формы согласования коллективных действий работников, направленных на эффективное использование энергетических ресурсов; технику и прогрессивные технологии производства; формы организации и материального стимулирования труда, а также владеть знаниями в области рыночных отношений, обладать качествами предпринимателя, хорошо ориентироваться в производственно-хозяйственных ситуациях, уметь принимать грамотные организационные решения.

Глубокие знания теории и практики производства, поиск новых решений, направленных на рациональное использование энергетических ресурсов, творческий подход к делу, инициативность и предприимчивость; умение организовать работу коллектива - таковы требования современных методов хозяйствования к специалистам в области энергетики.

В настоящем лабораторном практикуме представлены: задания и методические указания по выполнению лабораторных работ по одноименному курсу с практическими примерами расчетов, что позволяет приобрести практические навыки по организации, планированию и управлению энергетическим хозяйством в рамках энергосбережения.

## Лабораторная работа №1

### Планирование инвестиций

**Цель работы:** закрепление теоретических знаний и приобретение практических навыков по оценке эффективности инвестиционных проектов, графической интерпретации экономической информации и работе с финансовыми функциями пакета EXCEL.

**Задание:**

1. Определить эффективность инвестиционных проектов, характеризующихся финансовыми потоками платежей, используя методы статической и динамической эффективности по показателям:

- рентабельности (простой нормы прибыли);
- статического срока окупаемости;
- чистой дисконтированной стоимости (ЧДС) по источникам финансирования: а) собственные средства; б) заемные средства;
- динамического срока окупаемости;
- внутренней нормы доходности;
- индекса доходности (рентабельности инвестиций).

2. Построить графики:

- динамики потока платежей по годам реализации проекта  $ДС=f(t)$ ;
- зависимости ЧДС  $=f(t)$  (финансового профиля проекта);
- зависимости ЧДС от нормы дисконта  $ЧДС=f(r)$ .

Расчет динамических показателей и построение графиков выполнить на ПЭВМ с использованием пакета EXCEL. Исходные данные определяются по варианту, указанному преподавателем по таблице 1 Приложения.

3. Провести сравнительный анализ показателей оценки эффективности инвестиционного проекта по рассчитанным статическим и динамическим показателям, сделать соответствующие выводы об эффективности инвестирования средств в реализацию проекта.

4. Освоить финансовые функции пакета EXCEL для определения ЧДС (НПЗ), срока окупаемости (КПЕР) и внутренней нормы доходности (ВНДОХ).

### Методические указания

При планировании инвестиционной деятельности предприятия важно правильно произвести выбор проектов и источники их финансирования. Делается это на основе экономической оценки эффектив-

ности. На предварительном этапе (предпроектной стадии) оценку проводят по показателям статической эффективности: простого срока окупаемости и рентабельности (коэффициента эффективности) капитальных вложений, не учитывающих фактор времени.

Срок окупаемости ( $T_{ок}$ ) – период времени (лет), в течение которого инвестированный капитал возвращается (окупается) за счет прибыли либо экономии текущих затрат.

$$T_{ок} = \frac{\text{инвестируемый капитал}}{\text{среднегодовая прибыль}}; \quad (1.1)$$

Коэффициент эффективности (рентабельности) капитальных вложений есть величина обратная сроку окупаемости.

В реальных условиях жизни при определении источника финансирования проекта необходимо учитывать два фактора: время и цену капитала. Оценка эффективности инвестиционного проекта необходимо вести на основе альтернативного (многовариантного) подхода.

Деньги - это товар, который со временем меняет свою стоимость. Складывать затраты и результаты разных лет нельзя, их необходимо дисконтировать, т. е. приводить к одному моменту времени через коэффициент приведения или дисконта  $d_t$ .

$$d_t = (1 + r)^{\pm t}; \quad (1.2)$$

Знак перед показателем степени указывает направление приведения стоимостных показателей:

(-) – приведение будущей стоимости (БС) к настоящему моменту, т. е. на начало проекта, тогда  $d_t < 1$ ;

(+) - приведение настоящей стоимости (НС) к будущему моменту, т. е. на конец проекта, тогда  $d_t > 1$

Показатель ЧДС<sub>t</sub> (чистой дисконтированной стоимости) представляет собой разность дисконтированных показателей доходов (прибыли/экономии) и капиталовложений в год.

ЧДС – это интегральный показатель эффективности инвестиций, который характеризует величину ожидаемого экономического эффекта за весь срок реализации проекта.

$$\text{ЧДС} = \sum_{t=0}^T (P_t \cdot d_t - K_t \cdot d_t), \quad (1.3)$$

где  $T$  – срок жизни проекта;

$t$  – текущий год реализации проекта;

$P_t$  – финансовый результат реализации инвестиционного проекта в году  $t$ ;

$d_t$  – дисконтный множитель года  $t$ ;  
 $K_t$  – капитальные вложения в году  $t$ .

Расчет интегрального показателя ЧДС для условий а) и б) представить по форме таблицы 1.1.

Таблица 1.1

Чистая дисконтированная стоимость проекта при  $r_1$

Год $t$	Поток наличности		Дисконтный множитель, $d_t = (1+r_1)^{-t}$	Дисконтированный поток наличности, $ДС_t$ , млн. руб.	Чистая дисконтированная стоимость, $ЧДС_t$ , млн. руб.
	$K_t$ , млн. руб.	$P_t$ , млн. руб.			
0		-	1,0000		
1					
2					
...					
...					
$t$					

По полученным значениям построить графики зависимости  $ЧДС_t=f(t)$  (финансовый профиль проекта) для каждого из условий финансирования.

Определить величину среднегодового чистого дохода от реализации проекта, используя коэффициент годового эквивалента (аннуитета) «а» по формуле:

$$a = \frac{r \cdot (1+r)^T}{(1+r)^T - 1}; \quad (1.4)$$

Динамический срок окупаемости – часть инвестиционного периода (лет), в течение которого окупается вложенный капитал и вместе с этим инвестор получает доход в размере процентной ставки.

Динамический срок окупаемости является критерием, который в определенной степени оценивает риск инвестора и определяется по формуле:

$$T_{ок.д.} = t_i - \frac{ЧДС_i}{ЧДС_{i+1} - ЧДС_i}; \quad (1.5)$$

Для определения динамического срока окупаемости в колонке  $ЧДС_t$  таблица 1.1 следует найти пару значений, где  $ЧДС$  меняет знак на противоположный, где  $i$  – это номер строчки последнего отрицательного значения  $ЧДС$ . В момент срока окупаемости  $ЧДС=0$ .

Расчетный срок окупаемости сравнивается с периодом окупаемости, который устанавливает инвестор и делается соответствующий вывод об эффективности реализации проекта.

Внутренняя норма доходности ( $r_{вн}$ ) – это та ставка дисконтирования, при которой приведенный чистый доход по рассматриваемому инвестиционному проекту равен приведенным инвестиционным расходам, т.е. когда ЧДС<sub>t</sub> равна нулю.

При определении  $r_{вн}$  используется следующий порядок расчета:

- выбирается любая процентная ставка капитала (норма дисконта)  $r_1$  и определяется соответствующее ей значение ЧДС<sub>t1</sub>;

- выбирается вторая процентная ставка  $r_2$ , для которой выполняются условия:

если ЧДС<sub>1</sub> > 0, то  $r_2 > r_1$ ,

если ЧДС<sub>2</sub> < 0, то  $r_2 < r_1$ ;

- определяется значение ЧДС<sub>t2</sub>, соответствующее  $r_2$ .

Подбор пары ставок следует проводить до тех пор, пока значение ЧДС<sub>t</sub>, при переходе от одного значения « $r_1$ » к другому « $r_2$ », будет менять знак на противоположный.

Для определения внутренней доходности применяется выражение:

$$r_{вн} = r_1 - \frac{ЧДС_1 \cdot (r_2 - r_1)}{ЧДС_2 - ЧДС_1} \quad (1.6)$$

Исходные данные и результаты расчета сводим в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

Чистая дисконтированная стоимость проекта при  $r_i$

Годы, t	Поток наличности, млн. руб.		Ставка процента, %										
			$r_1$			$r_2$			$r_3$			$r_i$	
			$d_{t1}$	ДС <sub>t1</sub>	ЧДС <sub>t1</sub>	$d_{t2}$	ДС <sub>t2</sub>	ЧДС <sub>t2</sub>	$d_{t3}$	ДС <sub>t3</sub>	ЧДС <sub>t3</sub>	$d_{ti}$	ДС <sub>ti</sub>
$K_t$	$P_t$												
0													
1													
2													
3													
...													
t													

По результатам таблицы 2.1 строим график зависимости ЧДС<sub>t</sub>=f(r) (финансовый профиль проекта), а также R<sub>t</sub>=f(r).

Показатель рентабельности или индекс доходности представляет собой отношение приведенных будущих доходов к приведенным на ту же дату инвестиционным расходам:

$$R = \frac{\sum_{t=0}^T P_t \cdot d_t}{\sum_{t=0}^T K_t \cdot d_t} \quad (1.7)$$

В показателе рентабельности (индексе доходности) сравниваются две части чистой дисконтированной стоимости – доходная и инвестиционная (расходная).

Встроенные в пакет EXCEL финансовые функции позволяют очень быстро дать оценку эффективности проекта по ряду показателей.

Функция **НПЗ** вычисляет ЧДС<sub>t</sub> периодических платежей переменной величины как сумму ожидаемых доходов и расходов, дисконтированных нормой процента  $r_i$ . Она позволяет определить нижнюю границу прибыльности и использовать ее в качестве критерия при выборе наиболее эффективного проекта. Дисконтирование ожидаемых доходов и расходов позволяет учесть издержки привлечения капитала. Положительное значение ЧДС<sub>ti</sub> является показателем того, что проект приносит чистую прибыль своим инвесторам после покрытия всех связанных с ним расходов.

*Синтаксис НПЗ* (норма, сумма1, сумма2, ..., суммаN).

Если первый денежный взнос приходится на начало первого периода, то первое значение следует добавить (вычесть, если это затраты) к результату функции НПЗ, но не включать в список аргументов.

**КПЕР** - эта функция вычисляет общее число периодов выплат, как для единой суммы вклада (займа), так и для периодических постоянных выплат на основе постоянной процентной ставки. Если платежи производятся несколько раз в год, найденное значение необходимо разделить на число расчетных периодов в году, чтобы найти число лет выплат.

*Синтаксис КПЕР* (норма, выплата, нз, бс, тип).

Функция может применяться в следующих расчетах:

- если рассчитывается общее число периодов начисления процентов, необходимых для того, чтобы начальная сумма размером «нз» достигла будущего значения «бс», то формула примет вид:

**КПЕР** (норма, , нз, бс).

Для расчета общего числа периодов, через которое совокупная величина фиксированных периодических выплат составит указанное значение «бс», соответствующий расчет в EXCEL имеет вид:

**КПЕР** (норма, выплата, , бс, 1).

### **КПЕР**

Полученное значение **КПЕР** можно также использовать как показатель срока окупаемости при анализе инвестиционного проекта. При этом предполагается, что поступление доходов происходит периодически равными величинами в конце или в начале каждого расчетного периода. Рассчитанное значение будет представлять число расчетных периодов, через которое сумма доходов, дисконтированных на момент завершения инвестиций, будет равна величине инвестиций.

### **ВНДОХ**

Функция вычисляет внутреннюю скорость оборота инвестиции (внутреннюю норму доходности) для ряда периодических выплат и поступлений переменной величины.

*Синтаксис* **ВНДОХ** (значения, предположение).

Начиная со значения предположение, функция **ВНДОХ** выполняет циклические вычисления, пока не получит результат с точностью 0,00001 процента. Если функция **ВНДОХ** не может получить результат после 20 попыток, то возвращается значение ошибки #ЧИСЛО!

В большинстве случаев нет необходимости задавать аргумент предположение для вычислений с помощью функции **ВНДОХ**. По умолчанию аргумент предположение полагается равным 0,1 (10%). Если **ВНДОХ** выдает значение ошибки #ЧИСЛО! или если результат далек от ожидаемого, можно попытаться выполнить вычисления еще раз с другим значением аргумента предположение.

Функции **НПЗ** и **ВНДОХ** взаимосвязаны:

$\text{НПЗ}(\text{ВНДОХ}(B1:B6), B1:B6) = 0$  для одинаковых значений выплат и поступлений, находящихся в ячейках B1:B6.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие методы оценки эффективности инвестиционных проектов Вы знаете, и в чем заключается их экономическая сущность?
2. Дайте характеристику статических и динамических показателей оценки эффективности инвестиционных проектов?
3. Что такое дисконтирование?
4. Как произвести оценку эффективности инвестиционного проекта по показателю чистой текущей стоимости проекта?
5. Как произвести оценку эффективности инвестиционного проекта по показателю индекса доходности?

6. Как произвести оценку эффективности инвестиционного проекта по показателю динамического срока окупаемости?
7. Что такое внутренняя норма доходности проекта и ее экономическая сущность в оценке эффективности инвестиционных проектов?
8. Какова сущность финансовой функции **НПЗ** пакета EXCEL?
9. Какова сущность финансовой функции **КПЕР** пакета EXCEL?
10. Какова сущность финансовой функции **ВНДОХ** пакета EXCEL?

## **Лабораторная работа № 2**

### **Сетевое планирование и управление**

**Цель работы:** закрепление теоретических знаний и приобретение практических навыков по построению, расчёту и оптимизации сетевых моделей при управлении комплексом работ в энергетике.

**Задание:**

1. По заданному составу комплекса работ построить сетевой график (СГ), выполнив все правила построения сетевой модели, воспользовавшись программным продуктом «Sg».
2. Провести расчёт параметров СГ ручным или автоматизированным способом, определить количество, продолжительность и напряжённость полных путей.
3. На основе анализа построенных графиков: линейного (ЛГ) и движения рабочей силы (ГДРС) провести их оптимизацию в соответствии с ограничениями по ресурсам и времени, определенными преподавателем (задание производится вручную).
4. Провести расчёт СГ после оптимизации его параметров.

### **Методические указания**

В случае расчета СГ вручную рекомендуется использовать четырёхсекторный метод, согласно которому каждое событие делится на 4 сектора. В верхнем секторе указывают номер текущего события – (j), в левом – ранний срок совершения данного события ( $t_j^P$ ), в правом – поздний срок свершения события ( $t_j^H$ ), в нижнем – номер предшествующего события (i), от которого вёлся отсчёт при определении параметра ( $t_j^P$ ). Продолжительность работ ( $t_{i-j}$ ) указывается над стрелкой, количество исполнителей работ ( $q_{i-j}$ ) – под стрелкой.

Расчёт параметров СГ осуществляется по выражениям:

Ранний срок свершения события:  $t_j = \max[t_i^p + t_{i-j}],$   
 (2.1)

Поздний срок совершения события:  $t_i = \min[t_j^n - t_{i-j}],$  (2.2)

Ранний срок начала работ:  $t_{i-j}^{pn} = t_i^p,$  (2.3)

Ранний срок окончания работ:  $t_{i-j}^{po} = t_{i-j}^{pn} + t_{i-j},$  (2.4)

Поздний срок окончания работ:  $t_{i-j}^{no} = t_j^n,$  (2.5)

Поздний срок начала работ:  $t_{i-j}^{пн} = t_{i-j}^{по} - t_{i-j},$  (2.6)

Полный резерв времени работ:  $R_{i-j} = t_j^n - t_i^p - t_{i-j},$  (2.7)

Свободный резерв времени работ:  $r_{i-j} = t_j^p - t_i^p - t_{i-j},$  (2.8)

Степень напряжённости полного пути в сетевом графике характеризует коэффициент напряженности

$$K_{n(L)} = \frac{t_L - t_{кр(L)}}{t_{кр} - t_{кр(L)}}, \quad (2.9)$$

где  $t_L$  – продолжительность исследуемого пути;  $t_{кр(L)}$  – продолжительность критических работ, по которым частично проходит рассматриваемый путь;  $t_{кр}$  – продолжительность критического пути. Коэффициенты всех путей кроме критических  $\leq 1$ , и чем больше  $K_{n(L)}$ , тем большего внимания требуют работы, лежащие на этом пути.

Информацию по количеству и напряжённости путей представить по форме таблицы 2.1.

### Описание программного продукта “Sg”

Запуск программы осуществляется командой “Sg.exe”, после чего появляется рабочее поле с двумя строчками закладок. Работу начинаем с верхних закладок последовательно переходя от одной к другой.

1. Формирование графика. Для появления на рабочем поле необходимого количества событий делаем соответствующее количество двойных щелчков левой кнопкой мыши в произвольном месте. С помощью левой кнопки мыши (нажимая и удерживая её) растаскиваем события по полю в соответствии с правилами построения СГ. После делаем щелчок правой кнопкой мыши на каждом событии, выбираем нужную строчку динамического меню, например, добавить операцию. Установив параметры работы (код, продолжительность, количество рабочих) подтверждаем свои действия, либо отменяем в случае ошибки.

2. Закончив формирование графика и ввод исходных данных, активизируем последовательно левой кнопкой мыши закладки «Таблица», «График» и «Линейный график». На экране появится сначала таблица параметров работ СГ, затем сетевой график с изображением критического пути, а после него линейный и график движения рабочей силы.

3. После просмотра полученную информацию следует передать в MS Word, путём активизации закладки в нижней части окна программы, в следующей последовательности: 1.Сетевой график 2.Таблица 3.Линейный график не допуская наложения таблиц и графиков. После чего провести редактирование файла, сохранить его под своим именем и в дальнейшем использовать при формировании отчёта.

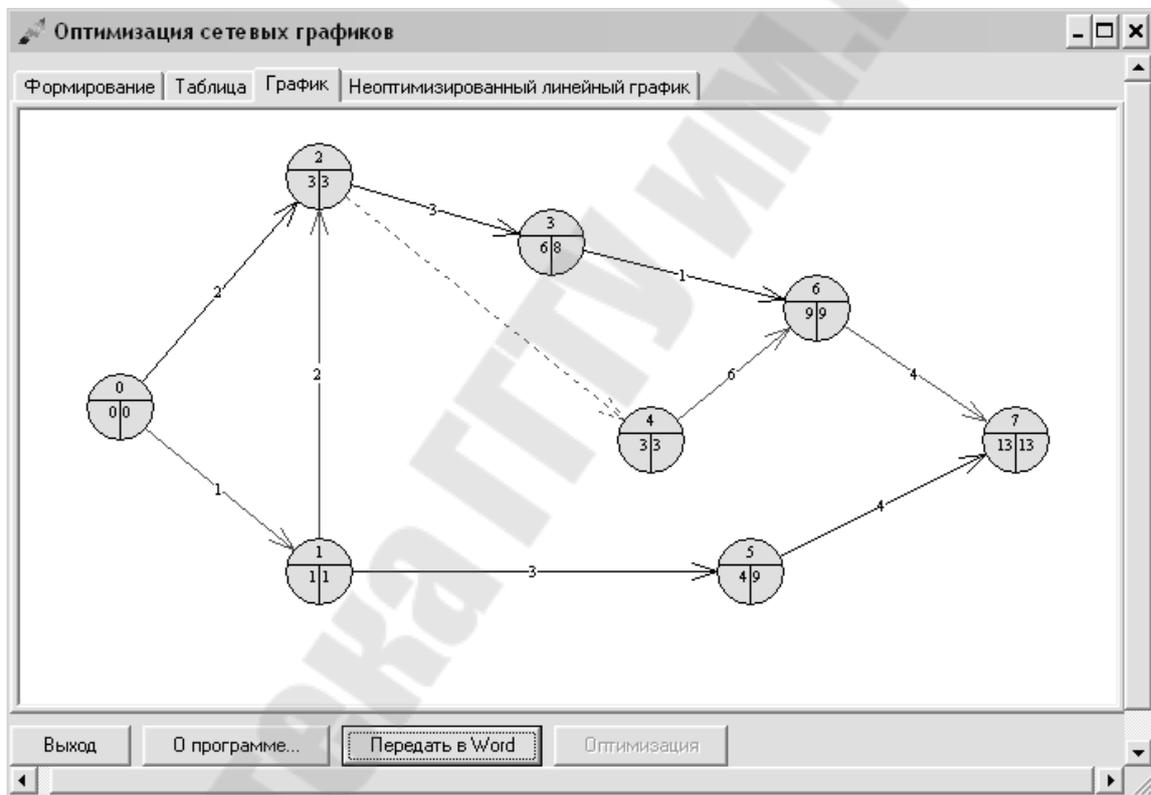


Рис. 2.1 Сетевой график

Таблица 2.1  
Характеристика полных путей сетевого графика

№ пути	Маршрут	Продолжительность	Напряженность

Таблица 2.2

Таблица параметров работ

Код работ	Продолжительность	Кол-во рабочих	Раннее начало	Раннее окончание	Позднее начало	Позднее окончание	Полный резерв	Свободный резерв

Оптимизация сетевого графика проводится по результатам анализа по времени и ресурсам. Цель оптимизации по времени – сократить продолжительность критического пути, оптимизации по ресурсам – выровнять ГДРС (загрузку исполнителей) и сократить численность занятых.

Сокращения продолжительности критического пути можно достичь путём:

1). Перераспределения трудовых ресурсов, т.е. перевода части исполнителей с ненапряжённых работ, обладающих свободными или полными резервами, на отдельные работы критического пути, выполняемые параллельно с ними. При этом продолжительность ненапряжённых работ увеличится, а работ критического пути – уменьшится. Продолжительность работ в случае перераспределения ресурсов определяется из условия неизменности, т.е. постоянства, объёма работ  $Q_{ij} = t_{ij} \cdot C_{ij} = const$ . При сокращении числа исполнителей работ её продолжительность растёт. В противном случае наоборот.

2). Изменения топологии сети, т.е. замены последовательного выполнения работ параллельным, если это допустимо по условиям технологии.

Сокращение численности одновременно занятых работников в критических зонах можно достичь путём смещения (полного или частичного) либо увеличения продолжительности ненапряжённых работ вправо в пределах времени их свободного резерва.

Оптимизация проводится до тех пор, пока продолжительность критического пути и ресурсы не станут соответствовать ограничениям. При оптимизации графика не следует полностью использовать все резервы работ, т.к. это лишит руководителя возможности манёвра при управлении ходом работ. После этого строится оптимизированный сетевой график, и рассчитываются его параметры. При этом критический путь может переместиться на другую последовательность работ.

## Содержание отчёта

1. Цель работы.
2. Исходный сетевой график.
3. Таблица путей сетевого графика.
4. Таблица параметров работ.
5. Линейный график.
6. График движения рабочей силы до оптимизации.
7. Алгоритм оптимизации.
8. Сетевой график после оптимизации.
9. График движения рабочей силы после оптимизации.
10. Оптимизированный сетевой график
11. Таблица параметров работ оптимизированного СГ.
12. Выводы по работе.

## Контрольные вопросы

1. В чем заключается сущность СПУ?
2. При выполнении каких работ применяется СПУ?
3. Каковы особенности СПУ?
4. Каковы преимущества применения СПУ?
5. Какие используются методы при оценке продолжительности выполнения этапов проекта?
6. Какие основные правила необходимо соблюдать при построении сетевого графика?
7. Дайте характеристику понятия «событие» и «работа». Как обозначаются на графике события и работы?
8. Назовите основные параметры событий, приведите методику их расчета?
9. Что такое критический путь, подкритический путь и полный путь?
10. Какие значения имеет критический путь для всей сети?
11. Назовите основные параметры работ, приведите методику их расчета.
12. В каких случаях возникает необходимость оптимизации сетевого графика?
13. Какие методы применяются при оптимизации сетевого графика?

## Лабораторная работа № 3

### Составление графика ППР энергооборудования и сетей промышленного предприятия

**Цель работы:** усвоение студентами теоретического лекционного материала по организации и планированию ремонта и технического обслуживания энергооборудования и сетей промышленного предприятия. Приобретение практических навыков по ведению самостоятельных расчетов трудоемкости ремонтных работ, численности ремонтно-обслуживающего персонала энергооборудования и сетей промышленного предприятия по системе ППР.

#### **Задание:**

Для составления графика ППР (по форме, представленной в таблице 3.1 Приложения 3) необходимо:

1. Выписать все энергоприемники, все энергооборудование и сети в соответствии с исходными данными по варианту, представленными в таблице 3.2 и 3.3 Приложения 3;
2. Рассчитать по каждому виду энергооборудования и сетей плановую продолжительность ремонтного цикла ( $T_{пл}$ ) и межремонтного периода ( $t_{пл}$ ), результаты расчетов свести в таблицу формы 3.1 Приложения 3 по видам ремонтов;
3. Определить плановую годовую трудоемкость ремонтных работ и технического обслуживания;
4. Определить плановую потребность в ремонтном и эксплуатационном персонале, при плановом годовом эффективном фонде времени на момент расчета (по производственному календарю) и коэффициенте выполнения норм времени (1,1-1,2);
5. Определить расход материала по видам ремонта и складской резерв на примере одного из видов оборудования.

#### **Методические указания**

Ремонт энергооборудования и сетей на промышленных предприятиях проводится в соответствии с принятой системой планово-предупредительного ремонта (ППР). Периодичность и объем ремонтов устанавливаются системой ППР в зависимости от режимов работы, технического состояния и условий эксплуатации электро- и теплосилового оборудования. Таким образом, система ППР — это система организационных и технических мероприятий, выполнение которых обеспечивает продолжительную и безаварийную работу электро-

и теплосилового оборудования промышленного предприятия, а соответственно и бесперебойность технологического процесса.

Существуют три основные системы организации ППР энергооборудования и сетей промышленных предприятий: централизованная, децентрализованная и смешанная.

При централизованной системе ремонт выполняют несколько ремонтных служб, специализированных по видам энергооборудования и сетей или работ. Эти службы подчинены главному энергетiku предприятия. Например, персонал, обслуживающий электрооборудование цеха или подстанции, выполняет только работы по надзору и мелкому текущему ремонту.

Децентрализованная система характеризуется отсутствием специализированных ремонтных служб. Все электроремонтные работы выполняет персонал электроремонтных мастерских или бригад, находящихся в административном подчинении соответствующего начальника, например начальника цеха.

Смешанная система характеризуется тем, что в структуре предприятия имеются как электроремонтные мастерские и бригады, выполняющие небольшие по объему и сложности ремонтные работы, так и специализированные ремонтные службы, осуществляющие сложные и большие по объему работы.

Положением о ППР энергооборудования промышленных предприятий предусмотрено выполнение нескольких видов ремонта (текущего и капитального, среднего и капитального или текущего, среднего и капитального). На практике широко используется система, предусматривающая осуществление для большей части электрооборудования двух видов ремонта: текущего и капитального.

При *текущем ремонте* после осмотра всего электрооборудования устраняют мелкие дефекты, регулируют механизмы и выполняют ряд других небольших по объему работ (например, перезарядку предохранителей с заменой плавких вставок, зачистку подгоревших контактов аппаратов, замену изношенных щеток), позволяющих обеспечить нормальную работу электрооборудования до следующего планового ремонта. Текущие ремонты производят обычно без разборки электрооборудования в период кратковременных остановок производственного оборудования.

*Средним* считают ремонт, при котором предупреждают чрезмерный износ наиболее ответственных деталей и узлов электрооборудования. В этом случае заменяют отдельные детали, устраняют

дефекты изоляции лобовых частей обмоток электродвигателей, ремонтируют щеткодержатели (меняют пружины и гибкие связи), шлифуют контактные кольца электродвигателей с фазным ротором и т. п.

При *капитальном ремонте* восстанавливают или заменяют отдельные основные детали и узлы электрооборудования. Например, к этому виду ремонта относят перемотку статорных или роторных обмоток электрических машин, перезаливку подшипников скольжения электродвигателей, изготовление и установку новых обмоток силовых трансформаторов.

Капитальный ремонт обычно производится при частичной или полной разборке электрооборудования. Иногда при капитальном ремонте электрических машин, трансформаторов и коммутационных аппаратов осуществляют их модернизацию, т. е. совершенствуют конструкцию, улучшают эксплуатационные показатели, повышают надежность и другие характеристики. Если при капитальном ремонте осуществляется модернизация с изменением конструкции и основных технических параметров оборудования, то такой ремонт называют *капитально-реконструктивным*.

Ремонты электрооборудования планируют исходя из межремонтных периодов, ремонтных циклов и их структуры.

*Межремонтный период* - период работы электрооборудования между двумя очередными плановыми ремонтами, например, соседними текущими, текущим и капитальным или текущим и средним.

*Ремонтный цикл* - промежуток времени работы электрооборудования между двумя очередными капитальными ремонтами или с момента ввода его в эксплуатацию до первого капитального ремонта.

*Структура ремонтного цикла* представляет собой совокупность текущих и средних ремонтов на протяжении одного ремонтного цикла.

Основой для определения продолжительности межремонтного периода и ремонтного цикла служит расчетное (или действительное) время, в течение которого электрооборудование может нормально работать в заданных режимах. При этом ориентируются на продолжительность нормальной работы наиболее быстро изнашивающихся деталей и узлов электрооборудования.

Ремонты электрооборудования предприятий планируют на один год с разбивкой по кварталам и месяцам. Такое планирование ремонтов называется *текущим* (планирование ремонтов электро-

оборудования на более длительный период называется *перспективным*).

Существует также *оперативное планирование ремонта* электрооборудования с помощью сетевых графиков, которые могут быть общими или локальными. *Общий сетевой график* предусматривает ремонт определенного комплекса электрооборудования (отдельной электроустановки, подстанции, цеха), а *локальный* - ремонт отдельной крупной единицы электрооборудования (мощного электродвигателя, силового трансформатора).

Продолжительность ремонтного цикла и межремонтного периода электротехнического и теплосилового оборудования устанавливается по календарному времени их эксплуатации с учетом сменности работы оборудования и условий, в которых оно работает. Продолжительность ремонтного цикла, межремонтного периода зависит от типа энергетического оборудования и устанавливается для каждой группы оборудования.

«Единая система планово-предупредительного ремонта и рациональной эксплуатации технологического оборудования машиностроительных предприятий» рекомендует устанавливать продолжительность ремонтных циклов и межремонтных периодов для энергетического оборудования в соответствии с данными таблиц 3.1 и 3.2.

Таблица 3.1

Продолжительность межремонтных периодов и ремонтных циклов электротехнического оборудования при двухсменной работе

Наименование оборудования	Продолжительность в месяцах		
	между малым и очередным ремонтами	между средними ремонтами	ремонтного цикла
1	2	3	4
Электродвигатели переменного и постоянного тока, работающие в чистых и сухих помещениях	6	12	120
То же, но работающие в цехах холодной обработки металлов: открытого и защищенного исполнения	4	8	120
	6	12	120
То же, но работающие в горячих цехах на влажных и загрязненных участках: открытого и защищенного исполнения	2	4	60
	4	6	96

Продолжение табл. 3.1

Наименование оборудования	Продолжительность в месяцах		
	между малым и очередным ремонтами	между средними ремонтами	ремонтного цикла
1	2	3	4
То же, но работающие в деревообрабатывающих цехах и в цехах с большим содержанием пыли:			
открытого и защищенного исполнения	1	4	60
закрытого исполнения	2	6	96
То же, но работающие на станках по переработке чугуна и на шлифовальных станках:			
открытого и защищенного исполнения	1	4	60
закрытого исполнения	2	6	96
Электромагнитные муфты	1,5	6	72
Электромагнитные плиты	1,5		144
Электрокары	1	12	24
Электрическая часть кранов и подъемников:			
металлургические цехи	1	6	48
механические цехи	3	8	68
Щиты и панели управления, электрошкафы; силовые и осветительные сборки с электроаппаратурой	2	8	120
Сборка Гольдерга	3	8	72
Внутрицеховая электросеть, проложенная изолированными проводами	3	6	144
Кабельные электросети	3	12	168
Воздушные электросети	3	9	180
Сети заземления	3	12	
Осветительная арматура	6	12	
Электросварочное оборудование для дуговой сварки		6	24
Электросварочное оборудование для контактной сварки	3	6	36
Гальванические установки	3	6	24
Электropечи сопротивления	2	6	48
Электropечи сопротивления для плавки алюминиевых сплавов	1	6	36
Дуговые электropечи		6	36
Электropечи-ванны	2	6	60

Окончание табл. 3.1

Наименование оборудования	Продолжительность в месяцах		
	между малым и очередным ремонтами	между средними ремонтами	ремонтного цикла
1	2	3	4
Печные трансформаторы	2	6	48
Высокочастотные установки с машинным генератором	3	6	60
Высокочастотные установки с ламповым генератором	2	6	60
Силовые трансформаторы негерметизированные	6		84
Силовые трансформаторы, герметизированные с разъемным кожухом	12		180
Масляные выключатели	12		36
Разъединители	12		36
Трансформаторы тока и напряжения	12		36
Аккумуляторные батареи	1	12	36
Статические конденсаторы	3	6	48
Ртутные выпрямители	6	24	60
Селеновые выпрямители	4	12	36
Электроизмерительные приборы	2	12	

Примечания. 1. Определение периодичности при другой сменности производится путем умножения периодичности, указанной в таблице, на соответствующий коэффициент: для трех смен – 0,6, для одной смены – 1,4. 2. Рассчитанные для трех- и односменной работы длительности межремонтных периодов следует округлить до 0,5 мес., а продолжительности циклов – до 0,5 года.

Таблица 3.2

### Продолжительность межремонтных периодов и ремонтных циклов теплового оборудования при двухсменной работе

Наименование оборудования	Продолжительность в месяцах		
	между малым и очередным ремонтами	между средними ремонтами	ремонтного цикла
1	2	3	4
Котлы паровые давлением до 13 ат, работающие в год не более 4000 час.	3	12	24
То же, работающие более 4000 час. в год	3		12
Котлы водогрейные	3	12	12
Котлы вертикально-цилиндрические	3	12	36
Котлы чугунные и стальные, работающие на давлении до 0,7 ат	2	6	24
Воздухоподогреватели	3	12	24
Водяные экономайзеры чугунные	3	12	72

Окончание табл. 3.2

Наименование оборудования	Продолжительность в месяцах		
	между малым и очередным ремонтами	между средними ремонтами	ремонтного цикла
1	2	3	4
Водяные экономайзеры железные	3	12	24
Шахтные мельницы и дробилки	1,5	6	24
Питатели сырого угля	1,5	12	24
Оборудование топливоподачи и золоудаления	3	6	36
Золоулавительные устройства	3	6	24
Вентиляторы, работающие на вытяжке от кислотных хромовых, медноцианистых ванн и окрасочных камер, и воздухопроводы к ним	3	6	24
Вентиляторы, работающие на вытяжке очистных барабанов, наждачных станков, закалочных ванн, пескоструйных аппаратов, полированных, шлифовальных, деревообделочных станков и сушильно-окрасочных камер, и воздухопроводы к ним от кислотных хромовых, медноцианистых ванн и окрасочных камер, и воздухопроводы к ним	4	8	36
Вентиляторы, работающие на приточных системах и вытяжках в бытовых и лабораторных помещениях, а также на общей вытяжке в цехах, и воздухопроводы к ним	6	12	48
Дымососы	2	6	24
Насосы центробежные	3	6	48
Насосы поршневые	2	12	36
Воздушные компрессоры	3	12	72
Подогреватели и теплообменники	3	12	36
Термические печи с рабочей температурой до 1000	1	6	36
Термические и кузнечные печи с рабочей температурой более 1000	1	6	24
Плавильные печи	0,5	3	36
Сушильные печи	3	12	60
Нагревательные приборы и отопительные агрегаты	6	12	96
Трубопроводы внутренние для пара, воды, газа, нефтепродуктов и горячей воды	6	24	192
Трубопроводы наружные, проложенные в непроходных каналах или в земле	6	12	144
Приборы теплового контроля	3	12	
Оборудование химводоочистки	3	12	24
Вагранки	после каждой плавки	после 18 плавок	12

Примечания. 1. При другой сменности работы оборудования периодичность ремонтов следует определять путем умножения значений, приведенных в таблице, на следующие коэффициенты: при работе в одну смену – на 1,4 и при работе в три смены – на 0,6. 2. Полученную таким образом периодичность необходимо округлить для межремонтных периодов до 0,5 мес., а для ремонтных циклов – до 0,5 года.

Таблица 3.3

**Нормы простоя на продолжительность простоя  
оборудования в ремонте, в сутках  
(при различной сменности работы ремонтной бригады)**

Наименование ремонтных и профилактических работ	Нормы простоя на одну ремонтную единицу					
	теплосиловое оборудование			электротехническое оборудование		
	при работе ремонтной бригады					
	в одну смену	в две смены	в три смены	в одну смену	в две смены	в три смены
Малый ремонт	0,125	0,14	0,1	0,125	0,07	0,05
Средний ремонт	0,6	0,33	0,25	0,625	0,34	0,26
Капитальный ремонт	1	0,54	0,41	1	0,54	0,41

Примечания. 1. Продолжительность простоя агрегата в ремонте округляется при капитальном ремонте до целых суток, при среднем и малом ремонте — до целых смен. Округление должно производиться только в большую сторону. 2. В непрерывно работающих цехах простои для осмотров оборудования перед капитальным и средним ремонтами планируются в размере ОД суток на одну ремонтную единицу. 3. При проведении модернизации оборудования во время капитального и среднего ремонтов нормы простоя могут быть увеличены в размерах, зависящих от объема работ по модернизации, и устанавливаются главным энергетиком завода с утверждением главным инженером завода. 4. Указанные нормы продолжительности простоя оборудования не предусматривают затрат времени на снятие оборудования с фундамента, транспортирование его в ремонтный цех для централизованного ремонта и его монтаж на фундамент.

Электротехническому оборудованию планируется время простоя при окончании капитального ремонта механической части технологического оборудования, имеющего свыше трех электродвигателей, для сборки схемы и ее проверки.

Время на дополнительный простой оборудования планируется в размере 25% от нормы времени на проведение среднего ремонта электротехнической части оборудования. Это время определяется по формуле:

$$t_{np} = 0,25 \cdot 4,4 \sum R \quad (3.1)$$

где  $t_{np}$  - дополнительный простой в часах;  $\sum R$  - сумма ремонтных единиц электротехнической части оборудования; 4,4 - продолжительность простоя при ремонте электротехнической части агрегата I категории сложности ремонта в часах, полученная путем умножения нормы простоя при среднем ремонте на продолжительность рабочей смены, равной 7 часам.

Простои теплосилового оборудования из-за ремонта планируются, если теплосиловое оборудование не имеет резерва для выполнения

производственной программы (см. таблицу 3.3). Во всех других случаях простои для данной группы оборудования не планируются.

**Пример.** 1. Определить продолжительность простоя при капитальном ремонте котла марки ДКВ-4/13 с техническими данными: производительность 4 *т/час*, давление пара 13 *атм.*, поверхность нагрева 202  $\text{м}^2$ . Категория сложности ремонта котла — 42 (Приложение 3, табл.3.10). Капитальный ремонт производит бригада, работающая в одну смену. По нормативам (таблица 3.10, Приложение 3) простой на одну ремонтную единицу при капитальном ремонте составляет 1 сутки. Продолжительность простоя котла ДКВ-4/13 составляет  $42 \times 1 = 42$  суток.

2. Определить для того же котла продолжительность простоя при работе бригады в две смены. Продолжительность простоя котла составляет  $0,54 \times 42 = 22$  суток.

### **Расчет трудоемкости ремонтов и межремонтного обслуживания**

В организации ремонта оборудования большое место занимает наличие рабочей силы соответствующей квалификации. Для определения потребности рабочей силы необходимо знать трудоемкость всех ремонтных операций по месяцам, кварталам и за год по цехам и заводу в целом. Одновременно необходимо знать трудоемкость межремонтного обслуживания.

Расчет трудоемкости ремонтов и межремонтного обслуживания энергетического оборудования производится на основании нормативов времени на выполнение ремонтных работ и межремонтного обслуживания.

Утвержденные нормативы времени [4] для электротехнического оборудования (таблица 3.5) установлены для нормальных условий доступности и средней обеспеченности техническими средствами для производства ремонта. Предполагается наличие электроизмерительных приборов, инструмента, грузоподъемных средств, транспортных средств, наличие запасных деталей до 10% от общего потребного количества. Восстановление использованного обмоточного провода не учитывается.

Однако условия ремонта могут резко отличаться от указанных. Поэтому возможно понижение или повышение норматива, при этом общие годовые затраты на производство ремонта не должны превышать сумм, утвержденных на данный вид ремонта.

По мере механизации ремонтных работ, улучшения их организации нормативы должны уменьшаться.

Ремонт электротехнического оборудования имеет свои специфические особенности. Это выражается в том, что электрооборудование (электродвигатели, аппаратура, электропроводка на станке или агрегате) в одно и то же время может проходить различный вид ремонта.

Существуют две тенденции в планировании, а следовательно и в расчете трудоемкости ремонтов электротехнического оборудования станков и агрегатов предприятия. В первом случае при определении общей категории ремонтной сложности  $\sum R_{общ}$  ремонта электротехнического оборудования агрегата учитывается только то электрооборудование, которое фактически поступает в ремонт данного вида. Для другой части электротехнического оборудования агрегата трудоемкость определяется отдельно, так как она проходит ремонт другого вида.

Суммарная трудоемкость ремонтов электрооборудования агрегата определяется как арифметическая сумма трудоемкости отдельных видов электрооборудования.

Таблица 3.4

Нормы времени на одну ремонтную единицу в час (предельные)

Вид оборудования	Наименование работ	Наименование ремонтных и профилактических работ			
		малый ремонт	средний ремонт	капитальный ремонт	
Электротехническое	Электрослесарные	1	5	11	
	Станочные	0,2	1	2	
	Прочие	-	1	2	
	Итого	1,2	7	15	
	Футерование электропечей	Футеровочные	0,9	4	7
		Прочие	-	2	4
		Всего	0,9	6	11

**Расчет трудоемкости ремонтов.** Затраты рабочего времени в часах на выполнение малого, среднего и капитального ремонтов электротехнического оборудования агрегата определяются по формулам:

$$K_k = \sum R_k H_k \quad (3.2)$$

$$K_c = \sum R_c H_c \quad (3.3)$$

$$K_m = \sum R_m H_m \quad (3.3)$$

где  $K_k, K_c, K_m$  - затраты времени в часах на выполнение соответственно капитального, среднего или малого ремонтов;

$\sum R_k, \sum R_c, \sum R_m$  - сумма ремонтных единиц электрооборудования агрегата, проходящих соответственно капитальный, средний или малый ремонты;

$H_k, H_c, H_m$  - нормативы трудоемкости капитального, среднего и малого ремонтов для одной единицы ремонтной сложности в нормо-часах, принимается по таблице 3.4.

Определение затрат общего рабочего времени в часах не позволяет правильно планировать работу станочного оборудования механического участка электроцеха или механического цеха.

Целесообразно определять затраты рабочего времени в часах на производство работ по наименованиям в пределах одного вида ремонта (электрослесарные, станочные, прочие).

Расчет трудоемкости ремонтов производится для каждого цеха с разбивкой по кварталам на основании годового плана ремонтов.

На базе квартальных трудоемкостей определяется годовая трудоемкость по видам ремонтов по цехам и заводу в целом за год.

Если все электротехническое оборудование агрегата объединяется в условную физическую единицу, то общая категория ремонтной сложности этого оборудования служит основанием для расчета затрат рабочего времени в часах на выполнение малого, среднего и капитального, ремонтов электрооборудования агрегата. Одновременно она характеризует количество, размер и сложность всего установленного на агрегате электрооборудования.

*Расчет трудоемкости межремонтного обслуживания.*

Расчет эксплуатационных затрат будет неполным, если не учесть межремонтного обслуживания, которое составляет значительный процент от общих эксплуатационных затрат по ремонту и содержанию оборудования. Кроме того, расчеты потребного количества рабочих ремонтной службы также будут неполными.

*Трудоемкость межремонтного обслуживания энергетического оборудования определяется на основании норматива количества ремонтных единиц оборудования на одного рабочего в смену (таблица 3.5).*

Таблица 3.5

Нормы межремонтного обслуживания на одного рабочего в 1-у смену

Вид оборудования			Профессия рабочих			
			электромонтеры и слесари по обслуживанию			
			технологического и подъемно-транспортного оборудования	трубопроводов всех назначений	вентиляционных систем	прочих видов теплового оборудования
			Нормы в ремонтных единицах			
Электротехническое	технологического и подъемно-транспортного, кроме кранов	в цехах холодной обработки металлов	900	-	-	-
		в цехах горячей обработки металлов	650	-	-	-
		в деревообрабатывающих цехах	550	-	-	-
	мостовых электрических кранов	работающих в тяжелом и весьма тяжелом режиме	500	-	-	-
		работающих на легком и среднем режимах	650	-	-	-
Теплосиловые			-	750	650	650

Примечания. 1. В массовом и крупносерийном производствах нормы межремонтного обслуживания для металлорежущего, деревообрабатывающего, кузнечно-прессового, литейного, подъемно-транспортного и теплосилового оборудования могут быть понижены на 15%, а для электротехнического - на 10%.

2. Для шлифовальных, заточных станков и другого оборудования, работающего с абразивом, нормы могут быть понижены на 5%. 3. Для оборудования, проработавшего свыше 20 лет, нормы могут быть понижены на 10%. 4. Нормы не распространяются на котлы, компрессоры, кислородные, ацетиленовые и газогенераторные установки, а также насосные станции. Для этого оборудования нормативы разрабатываются предприятием в зависимости от местных условий, технического состояния оборудования, температурного режима и других условий работы.

Основанием для расчета трудоемкости межремонтного обслуживания служит ремонтная сложность различных видов оборудования. В расчетах учитывается нагрузка оборудования по времени и коэффициент сложности. Данные о нагрузке и сложности по видам оборудования и цехам предоставляются плановым отделом отделу энергетики предприятия.

Определение трудоемкости межремонтного обслуживания определяется по формуле:

$$K_{м.о} = \sum R_c \frac{T_{м.р}}{N_{м.о}} \alpha \cdot \gamma, \quad (3.4)$$

где  $K_{м.о}$  - трудоемкость межремонтного обслуживания в нормо-часах;  $\sum R_c$  - суммарная ремонтная сложность вида оборудования;

$T_{м.р}$  - месячный, квартальный, или годовой фонд рабочего времени одного рабочего, час;

$N_{м.о}$  - норма межремонтного обслуживания на одного рабочего за одну смену;

$\alpha$  - коэффициент загрузки оборудования по времени;

$\gamma$  - коэффициент сменности.

Трудоемкость по данному выражению можно определить в зависимости от того, какой фонд рабочего времени подставляется в данное уравнение для месяца, квартала или года. Как правило, трудоемкость определяется поквартально для каждого цеха. Сумма квартальных трудоемкостей определяет годовую трудоемкость межремонтного обслуживания. На основании трудоемкостей по цехам определяется суммарная ее величина для завода.

Трудоемкость ремонтов и межремонтного обслуживания теплосилового оборудования предприятия рассчитывается аналогично расчету трудоемкости электротехнического оборудования.

В расчетах используются нормативы времени в часах на одну единицу ремонтной сложности теплосилового оборудования (таблица 3.6).

Таблица 3.6

Нормы времени на одну ремонтную единицу в час (предельные)

Вид оборудования	Наименование работ	Наименование ремонтных и профилактических работ		
		малый ремонт	средний ремонт	капитальный ремонт
1	2	3	4	5
Теплосиловое	Основные (обмуровочные, вальцовочные, клепальные и др.)	4,8	16,5	24,5
	Станочные	0,6	5,3	8
	Прочие	0,7	1,7	2,5
Всего		6,1	23,5	35

Теплосиловое оборудование по, межремонтному обслуживанию делится на две группы.

В первую группу входят котлы, компрессоры, кислородные, ацетиленовые, газогенераторные, насосные и другие подсобные установки, для межремонтного обслуживания которых нормативы разрабатываются предприятием в зависимости от местных условий, технического состояния, количества оборудования, температурного режима и других показателей работы оборудования.

Трудоемкость текущего ремонта определяется по формуле:

$$T_{TP} = T_{TP}^{ном} \cdot \alpha_k \cdot \alpha_{усл} \cdot \alpha_m, \quad (3.5)$$

где  $T_{TP}^{ном}$  - нормативная трудоемкость текущего ремонта [18], н.- час;

$\alpha_k$  - коэффициент, учитывающий конструктивные особенности оборудования;

$\alpha_{усл}$  - коэффициент учитывающий условия работы оборудования;

$\alpha_m$  - коэффициент, учитывающий место установки.

Численность ремонтного персонала определяется по формуле:

$$Ч_{рем} = \frac{T_{KP} + T_{TP}}{\Phi_n \cdot K_{в.н.}}, \quad (3.6)$$

Где  $T_{KP}$  - годовая трудоемкость капитального ремонта, норма-час;

$T_{TP}$  - годовая трудоемкость текущего ремонта, норма-час;

$\Phi_n$  - полезный годовой фонд времени работы одного рабочего, час;

$K_{в.н.}$  - коэффициент выполнения норм времени.

Численность обслуживающего (эксплуатационного) персонала определяется по формуле:

$$Ч_{обсл} = \frac{T_{ТО}^{год}}{\Phi_n \cdot K_{в.н.}}, \quad (3.7)$$

$T_{ТО}^{год}$  - годовая трудоемкость технического обслуживания, норма-час.

### Содержание отчета

Отчет должен содержать необходимые расчеты в соответствии с исходными данными по варианту и последовательным выполнением пунктов задания. Выполненные расчеты должны быть приведены для каждой группы оборудования с соответствующими формулами и комментариями, результаты расчетов должны быть представлены в таблице по форме 3.1. Приложения 3.

### Контрольные вопросы

1. Основные принципы системы ППР и их сущность?
2. Что такое ремонт оборудования, и какие виды ремонтов Вы знаете?
3. Что называется техническим обслуживанием оборудования?
4. Что называется капитальным ремонтом оборудования?
5. Что называется малым (текущим) и средним ремонтами оборудования?
6. Дайте характеристику методам организации и управления ремонтных работ на промышленном предприятии?
7. Что такое категория ремонтной сложности?

8. Что такое ремонтная единица?
9. Как определяется годовая трудоемкость ремонтных работ по видам ремонтов?
10. Под длительностью ремонтного цикла понимается...?
11. Под структурой ремонтного цикла понимается...?
12. Как определяется длительность межремонтного и межосмотрового периодов?
13. Как определить численность ремонтного персонала?
14. Как определить численность обслуживающего (эксплуатационного) персонала?
15. Как определить расход материала по видам ремонта и складской резерв на примере одного из видов оборудования?

### **Лабораторная работа №4**

#### **Нормирование расхода ТЭР на предприятиях**

##### **Цель работы:**

1. Усвоение студентами теоретического лекционного материала по вопросам энергетического нормирования на промышленных предприятиях.
2. Приобретение навыков по ведению самостоятельных расчётов при определении норм энергопотребления, а именно: освоение методики расчётов удельной нормы расхода электроэнергии на  $1000\text{м}^3$  сжатого воздуха заданных параметров и нормы расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию помещений, и горячее водоснабжение.

##### **Общие сведения**

В настоящее время экономия топлива и энергии на промышленных предприятиях приобретает особую актуальность. Важное значение рационального использования энергоресурсов промышленности обусловлено также тем, что энергетическая составляющая затрат соответственно влияет на себестоимость продукции.

Резервы экономии топлива и энергии промышленности ещё велики. Если КПД современных генерирующих электроустановок составляет 30 – 80 %, то КПД большинства процессов потребления энергии не превышает 15 – 20 % и снижаясь в ряде случаев до 2 – 3%.

Это объясняется, прежде всего, отсутствием на многих предприятиях продуманной системы энергетического нормирования, целью которого является максимальная экономия топлива и энергии на про-

мышленных предприятиях, а задачей – разработка норм расхода различных видов энергии и топлива на отдельные технологические операции и производственные процессы.

Нормы потребления энергии устанавливаются в виде удельных расходов энергии на единицу продукции.

Под нормой расхода ТЭР понимают расход энергии (топлива) необходимый и достаточный для выработки единицы продукции или для выполнения единицы работы определённого качества в планируемых прогрессивных условиях производства и эксплуатации оборудования.

Нормы расхода ТЭР должны быть технически обоснованными и прогрессивными, т.е. отражать современный уровень использования энергии, соответствующий уровень прогрессивной технологии и передовые методы организации производства.

#### **Лабораторная работа №4.1**

##### **Определение нормы расхода электрической энергии в компрессорных цехах**

В задачу настоящей лабораторной работы входит следующее: на основе общих сведений и исходных данных произвести расчёты и определить искомые показатели. Исходные данные в Приложении 4 в таблице 4.1 и таблице 4.2, Рис.4.1.

##### **Задание:**

В соответствии с вариантом исходных данных требуется определить:

1. Работу изотермического сжатия  $1\text{ м}^3$  воздуха.
2. Мощность на привод компрессора.
3. Часовой расход электроэнергии на привод компрессора при сжатии  $1\text{ м}^3$  воздуха.
4. Норму расхода электроэнергии на технологические нужды.
5. Расход электроэнергии на освещение цеха.
6. Расход электроэнергии на вентиляцию цеха.
7. Суточный расход электроэнергии компрессорными установками цеха. При этом расход электроэнергии одним компрессором необходимо умножить на число компрессоров установленных в цехе.
8. Потери в цеховых сетях (0,25 – 1% от Э).
9. Суточный объём сжатого воздуха.
10. Норму расхода электроэнергии на вспомогательные нужды.

11. Норму расхода электроэнергии на  $1000\text{м}^3$  сжатого воздуха.

12. По полученным результатам расчетов построить энергетические характеристики цеха:  $\mathcal{E} = f(G)$  и  $d = \varphi(G)$ , сделать соответствующие выводы.

### Методические указания

Одним из наиболее крупных потребителей электроэнергии на предприятии является компрессорное хозяйство. Машиностроительные заводы, например, затрачивают на производство сжатого воздуха от 10 до 30 % общего расхода электроэнергии. В связи с этим возникает необходимость её рационального использования, сокращения потерь энергии при работе этих агрегатов.

Эффективному использованию мощностей компрессорных станций способствуют технически обоснованные агрегатные (цеховые) нормы удельного расхода электроэнергии на  $1000\text{м}^3$  сжатого воздуха.

В связи с тем, что компрессорные агрегаты являются крупными потребителями электроэнергии на фидерах, питающих эти агрегаты, необходимо устанавливать индивидуальный учёт расхода электроэнергии. Однако при наличии такого учёта не следует по показателям счётчиков вести расчёт нормы расхода электроэнергии по формуле:

$$d = \frac{\mathcal{E}}{Q}, \quad (4.1.1)$$

где  $d$  – удельная норма расхода электроэнергии на  $1000 \text{ м}^3$  сжатого воздуха,  $(\frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{1000\text{м}^3})$ ;

$\mathcal{E}$  – количество энергии, потребляемой агрегатом за определённый период времени  $(\text{кВт} \cdot \text{ч})$ ;

$Q$  – количество сжатого воздуха, произведённого за тот же период времени ( $1000\text{м}^3$ ).

Такая норма будет среднестатистической, учитывающей нерациональные потери холостого хода и т.д. Следовательно, она не может мобилизовать обслуживающий персонал на борьбу за изыскание внутренних резервов по уменьшению потерь. Технически обоснованная удельная норма расхода электроэнергии должна устанавливаться расчётным путём.

Норма расхода электрической энергии на  $1000\text{м}^3$  сжатого воздуха состоит из удельного расхода электроэнергии на технологические нужды ( $d_1$ ) и вспомогательные нужды ( $d_2$ ):

$$d = d_1 + d_2, \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{1000\text{м}^3} \quad (4.1.2)$$

или

$$d = \frac{\mathcal{E}_1}{Q} + \frac{\mathcal{E}_2}{Q}, \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{1000 \text{ м}^3} \quad (4.1.3)$$

где  $\mathcal{E}_1$  – расход электроэнергии на технические нужды;  
 $\mathcal{E}_2$  – расход электроэнергии на вспомогательные нужды;  
 $Q$  – выработка сжатого воздуха,  $1000 \text{ м}^3$ .  
 Для определения  $d_1$  производятся следующие расчёты.

1. Определяется мощность на привод компрессора по следующей формуле:

$$P_{\text{комп}} = \frac{L_{\text{из}} \cdot Q_{\text{час}}}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_{\text{из}}}, \text{ кВт} \quad (4.1.4)$$

где  $L_{\text{из}}$  – работа изотермического сжатия, кг·м;  
 $Q_{\text{час}}$  – объёмная подача воздуха (количество воздуха, перемещаемое машиной в единицу времени),  $\text{м}^3/\text{час}$ ;  
 $\eta_{\text{из}}$  – изотермический ПД компрессора.

2. Работа изотермического сжатия  $1 \text{ м}^3$  воздуха вычисляется по следующей формуле:

$$L_{\text{из}} = 2,3 \cdot 10000 \cdot P_1 \cdot \lg \frac{P_2}{P_1}, \frac{\text{кгм}}{\text{м}^3} \quad (4.1.5)$$

где  $P_1$  – давление всасывания, ата;  
 $P_2$  – конечное давление сжатия, ата.

3. Часовой расход электрической энергии на привод компрессора при сжатии  $1 \text{ м}^3$  воздуха будет определяться следующим образом:

$$\mathcal{E}_{\text{комп}} = \frac{L_{\text{из}}}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_{\text{из}} \cdot \eta_{\text{пкр}} \cdot \eta_{\text{д}}}, \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{м}^3} \quad (4.1.6)$$

Т.к. норма расхода электроэнергии определяется на  $1000 \text{ м}^3$ , то получим:

$$d_{\text{комп}} = \frac{1000 \cdot L_{\text{из}}}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_{\text{из}} \cdot \eta_{\text{пкр}} \cdot \eta_{\text{д}}}, \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{1000 \cdot \text{м}^3} \quad (4.1.7)$$

где  $\eta_{\text{пкр}}$  – КПД передачи на валу приводного электродвигателя, зависит от типа передачи;

$\eta_{\text{д}}$  – КПД электродвигателя по паспорту.

Если в компрессорной установлены различные типы компрессоров с разной производительностью, то норма расхода электроэнергии по компрессорной в целом определяется как средневзвешенная величина:

$$d_{\kappa}^{cp} = \frac{\sum d_{ki} \cdot Q_i}{\sum Q_i}, \quad (4.1.8)$$

где  $d_{ki}$  – расход электроэнергии на привод  $i$ -го компрессора,  $(\frac{кВт \cdot ч}{1000 \cdot м^3})$ ;

$Q_i$  – производство сжатого воздуха каждым компрессором, (тыс.  $м^3$ );

Если компрессорная питается водой от собственной насосной, то необходимо произвести расчёты по определению удельной нормы расхода электроэнергии на привод насосов водяного охлаждения для выработки  $1000 м^3$  сжатого воздуха.

$$d_{охл} = \frac{1000 \cdot Q_{\text{в}} \cdot H}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{нкр}} \cdot \eta_{\text{д}}}, \frac{кВт \cdot ч}{1000 \cdot м^3} \quad (4.1.9)$$

где  $Q_{\text{в}}$  – расход охлаждающей воды на  $1 м^3$  воздуха, л;

$H$  – полный напор насоса, м.вод.ст.;

$\eta_{\text{н}}$  – КПД насоса при данной нагрузке.

4. Тогда норма расхода на технологические нужды будет определяться следующим образом:

$$d_1 = d_{\text{ком}} + d_{\text{охл}}, \quad (4.1.10)$$

Для определения нормы расхода электроэнергии на вспомогательные нужды ( $d_{\text{в}}$ ), необходимо определить расход электроэнергии на вспомогательные нужды (расход электроэнергии на освещение –  $\mathcal{E}_{\text{осв}}$ , вентиляцию –  $\mathcal{E}_{\text{вент}}$ , потери в цеховых сетях –  $\mathcal{E}_{\text{пот}}$ ).

Расход электроэнергии на освещение определяется следующим образом:

$$\mathcal{E}_{\text{осв}} = P_0 \cdot K_{\text{с.о.}} \cdot T_{\text{г.о.}}, кВт \cdot ч \quad (4.1.11)$$

где  $P_0$  – суммарная установленная мощность осветительных приборов, кВт;

$K_{\text{с.о.}}$  – коэффициент спроса осветительных нагрузок;

$T_{\text{г.о.}}$  – время использования осветительных установок на планируемый период.

Расход электроэнергии на вентиляцию определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{вент}} = P_{\text{вент}} \cdot T_{\text{в}} \cdot \beta, кВт \cdot ч \quad (4.1.12)$$

где  $P_{\text{вент}}$  – установленная мощность вентиляторов, кВт;

$T_{\text{в}}$  – время работы электродвигателя, час;

$\beta$  – коэффициент загрузки электродвигателя.

Потери в цеховых сетях составляют 0,25 – 1% от расхода энергии на основное оборудование.

Зная мощность на привод компрессора и время его работы, можно определить его суточный расход электроэнергии:

$$\mathcal{E} = P_{ном} \cdot T_m, \text{кВт} \cdot \text{ч} \quad (4.1.13)$$

где  $T_m$  – время работы компрессора;

Удельный расход электрической энергии на вспомогательные нужды составляют:

$$d_2 = \frac{\mathcal{E}_2}{Q} = \frac{\mathcal{E}_{осв.}}{Q} + \frac{\mathcal{E}_{вент.}}{Q} + \frac{\mathcal{E}_{пот.}}{Q}, \frac{\text{кВтч}}{1000 \text{ м}^3} \quad (4.1.14)$$

где  $Q$  – объём производства сжатого воздуха компрессорной, тыс.м<sup>3</sup>.

Считаем, что питание установки осуществляется городской (общезаводской) насосной, удельная норма электроэнергии на 1000м<sup>3</sup> сжатого воздуха будет определяться следующим образом:

$$d = d_{ком.} + d_2, \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{1000 \text{ м}^3} \quad (4.1.15)$$

### Содержание отчета

Отчет лабораторной работы должен содержать последовательное изложение проведенных расчетов по варианту в соответствии с заданием, с пояснениями и выводами. По полученным результатам расчетов построенные энергетические характеристики цеха:  $\mathcal{E} = f(G)$  и  $d = \varphi(G)$ , должны быть выполнены с использованием пакета EXCEL или MatCAD.

### Контрольные вопросы

1. Как определяется работа изотермического сжатия?
2. Как определить часовой расход электроэнергии на привод компрессора при сжатии 1м<sup>3</sup> воздуха?
3. Как определяется норма расхода электроэнергии на технологические нужды?
5. Как определяется расход электроэнергии на освещение цеха?
6. Как определить расход электроэнергии на вентиляцию цеха?
7. Как определить суточный расход электроэнергии компрессорными установками цеха?
8. Поясните экономическую сущность нормирования и понятия нормы?
9. Как определяется суточный объём сжатого воздуха?
10. Как определить норму расхода электроэнергии на вспомогательные нужды?
11. Как определить норму расхода электроэнергии на 1000м<sup>3</sup> сжатого воздуха?

## Лабораторная работа №4.2

### Расчёт нормы расхода тепловой энергии на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение

Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий и сооружений (на обогрев) определяем, исходя из индивидуальных отраслевых норм расхода тепловой энергии на отопление и на вентиляцию зданий, работы обогрева каждого отдельного здания, а также средней температуры наружного воздуха за отопительный период и продолжительности работы отопления за год.

Расход тепловой энергии на отопление зданий определяется по формуле:

$$Q_{об} = q_0 \cdot W \cdot 10^{-6}, \quad (4.2.1)$$

где  $q_0$  – удельная тепловая характеристика зданий,  $(\frac{\text{ккал}}{\text{м}^3 \cdot \text{сут} \cdot ^\circ\text{C}})$ ,

[табл.4.5 ];  $W$  – работа на обогрев здания,  $(\text{м}^3 \cdot \text{сут} \cdot ^\circ\text{C})$ .

Работа обогрева здания определяется по формуле:

$$W = V \cdot (t_{вн} - t_{ср}) \cdot n, \quad (4.2.2)$$

где  $V$  – наружный строительный объём здания,  $\text{м}^3$ ;  $t_{вн}$  – нормируемая температура воздуха внутри помещения,  $^\circ\text{C}$ ;  $t_{ср}$  – средняя температура наружного воздуха за отопительный период,  $^\circ\text{C}$ ;  $n$  – продолжительность работы отопления, сутки.

Средняя температура наружного воздуха за отопительный период равной и продолжительность отопительного периода приведены в таблице 4.6. За расчетную температуру воздуха внутри помещения принимаем нормируемую температуру воздуха в производственных помещениях в отопительный период согласно табл.4.4.

Индивидуальная норма расхода тепловой энергии на обогрев одного здания равна:

$$H_{об} = \frac{Q_{об} \cdot 10^3}{W_i}, \frac{\text{Мкал}}{\text{тыс.} \cdot \text{м}^3 \cdot \text{сут} \cdot ^\circ\text{C}} \quad (4.2.2)$$

Средневзвешенная норма расхода на обогрев всех зданий рассчитывается по формуле:

$$H_{ср.об} = \frac{\sum Q_{обi} \cdot 10^3}{\sum W_i}, \frac{\text{Мкал}}{\text{тыс.} \cdot \text{м}^3 \cdot \text{сут} \cdot ^\circ\text{C}} \quad (4.2.3)$$

В табл.4.3 и табл.4.4 приведены исходные данные для расчёта расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий.

#### Пример расчёта:

Объём цехового здания составляет  $10200\text{м}^3$ .

Удельная тепловая характеристика здания составляет:

- на отопление –  $0,3 \left( \frac{\text{ккал}}{\text{м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}} \right)$ ;
- на вентиляцию –  $0,6 \left( \frac{\text{ккал}}{\text{м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}} \right)$ .

Температура внутри здания –  $15^\circ\text{C}$ .

Работа на обогрев здания:

$$W = V \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{сп}}) \cdot n = 10200 \cdot (15 - (-1,0)) \cdot 188 = 30681600 (\text{м}^3 \cdot \text{сут} \cdot \text{°C})$$

Расход тепловой энергии составит:

$$Q_{\text{об}} = q_o \cdot W \cdot 10^{-6} = 24 \cdot (0,3 + 0,6) \cdot 30681600 \cdot 10^{-6} = 662,7 (\text{Гкал})$$

Норма расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию:

$$H_{\text{об}} = \frac{Q_{\text{об}} \cdot 10^3}{W_i} = \frac{662700}{30681,6} = 21,6 \left( \frac{\text{Мкал}}{\text{тыс} \cdot \text{м}^3 \cdot \text{сут} \cdot \text{°C}} \right).$$

### Определение нормы расхода тепловой энергии на горячее водоснабжение.

Расход тепловой энергии на нужды горячего водоснабжения определяется по формуле:

$$Q_{\text{звс}} = Q_{\text{хоз}} + Q_{\text{душ}}, \text{Гкал} \quad (4.2.4)$$

где  $Q_{\text{хоз}}$  – расход тепла на хозяйственно-бытовые нужды, Гкал;

$Q_{\text{душ}}$  – расход тепла на душевые, Гкал.

Суточный расход тепла на хозяйственно-бытовые нужды рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{хоз}} = q \cdot n \cdot c \cdot (t_g - t_x), \quad (4.2.5)$$

где  $q$  – норма расхода горячей воды на одного работающего,  $\left( \frac{\text{л}}{\text{сут} \cdot \text{чел.}} \right)$ ;

$n$  – количество работающих в смену, чел;  $c$  – теплоёмкость воды,

$\left( \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{°C}} \right)$ ;  $t_g$  – температура горячей воды,  $^\circ\text{C}$ ;  $t_x$  – температура холодной воды,  $^\circ\text{C}$ .

Норма расхода горячей воды согласно СНиП – 2.04.01-85 составляет  $20 \left( \frac{\text{л}}{\text{сутки}} \right)$  на одного рабочего в помещениях с тепловыделением

$20 \left( \frac{\text{ккал}}{\text{м}^3} \right)$  и более (термический цех),  $11 \left( \frac{\text{л}}{\text{сутки}} \right)$  на одного рабочего в

помещениях с тепловыделением менее  $20 \left( \frac{\text{ккал}}{\text{м}^3} \right)$  и

5 ( $\frac{\text{л}}{\text{сутки}}$ ) на одного административного работника и ИТР. Теплоём-

кость воды составляет  $c = 1 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ . Расчётную температуру горячей

воды в водозаборных кранах (душевых сетках) принять равной  $t_r = 55^\circ\text{C}$ . Температура холодной воды  $t_x = 5^\circ\text{C}$  зимой и  $15^\circ\text{C}$  лето.

Суточный расход на душевые:

$$Q_{\text{душ}} = q_{\text{душ}} \cdot n_{\text{душ}} \cdot c \cdot (t_r - t_x), \quad (4.2.6)$$

где:  $q_{\text{душ}}$  – норма расхода воды на одну душевую сетку, ( $\frac{\text{л}}{\text{сутки}}$ );

$n_{\text{душ}}$  – количество душевых сеток.

Норма расхода воды на одну душевую сетку составляет:

$$q_{\text{душ}} = 270 \left( \frac{\text{л}}{\text{сутки}} \right).$$

Норма расхода тепловой энергии на ГВС рассчитывается по формуле:

$$N_{\text{ГВС}} = \frac{Q_{\text{ГВС}}}{N}, \quad (4.2.7)$$

где  $N$  – численность работников предприятия, чел.

### Пример расчёта:

Численность кузнечного цеха:

- рабочих – 120 чел;
- ИТР – 8 чел.

Количество душевых сеток – 11 шт.

Время работы душевой сетки в смену – 1 час.

Цех работает: 252 дня по 16 часов в сутки (зима – 119 дней, лето – 133 дня). Расход тепловой энергии на хозяйственно-бытовые нужды:

$$\text{Зима: } Q_{\text{хз}} = (120 \cdot 11 + 8 \cdot 5) \cdot (55 - 5) \cdot 119 \cdot 10^{-6} = 8,2 \text{ Гкал};$$

$$\text{Лето: } Q_{\text{хл}} = (120 \cdot 11 + 8 \cdot 5) \cdot (55 - 15) \cdot 133 \cdot 10^{-6} = 7,3 \text{ Гкал}.$$

Расход тепловой энергии по душевым сеткам:

$$\text{Зима: } Q_{\text{дз}} = 11 \cdot 270 \cdot (55 - 5) \cdot 119 \cdot 10^{-6} = 17,7 \text{ Гкал}$$

$$\text{Лето: } Q_{\text{дл}} = 11 \cdot 270 \cdot (55 - 15) \cdot 133 \cdot 10^{-6} = 15,8 \text{ Гкал}$$

Расход тепловой энергии на горячее водоснабжение:

$$Q_{\text{ГВС}} = 8,2 + 7,3 + 17,7 + 15,8 = 49 \text{ Гкал}$$

Норма расхода тепловой энергии на горячее водоснабжение равна:

$$N_{\text{ГВС}} = \frac{49000}{120 + 8} = 382,8, \frac{\text{Мкал}}{\text{чел}}.$$

## Литература

1. Постановление Совета Министров Республики Беларусь № 1582, от 16.10.1998г. «О порядке разработки, утверждения и пересмотра норм расхода топлива и энергии» // Собр. Декретов, указов Президента Респ. Беларусь и Постановлений Правительства респ. Беларусь.-1998.-№ 29.-с. 53-54
2. Алексеенко, Н.А., Гурова И.Н. Экономика предприятия [Текст]: [учебное пособие для студентов эконом. спец. высш. учеб. заведений] / Н.А. Алексеенко, И.Н. Гурова.- под общ. ред. Н.А. Алексеенко.- Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2003.-156с.
3. Алексеенко, Н.А., Прокопчик Г.А. Экономика предприятия [Текст]: [учеб. пособие для студ. Экономических и инженерно - экономических специальностей вузов]. – Гомель: ГПИ им. П.О. Сухого, 1996.-226 с.
4. Единая система планово-предупредительного ремонта и рациональной эксплуатации технологического оборудования машиностроительных предприятий [Текст] / ЕСППР и РЭТОМП.- под общ. ред. М.О. Якобсона.- М.: Издательство «Машиностроение», 1967.-632с.
5. Ермолович, Л.Л., Сивчик, Л.Г., Толкач, Г.В., Щитникова, И.В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия [Текст]: [учеб. пособие] / Л.Л. Ермолович [и др.]- под общ. ред. Л.Л. Ермолович.- Мн.: Интерпрессервис; Экоперспектива, 2001.-576 с.
6. Афилов, Э.А. Планирование на предприятии [Текст]: [учеб. пособие] / Э. А. Афилов. - Мн.: Высш. шк., 2001.- 285 с.
7. Гительман, Л.Д., Ратников Б.Е. Энергетический бизнес [Текст]: [учеб. пособие] / Л.Д. Гительман, Б.Е. Ратников.-2-е изд., испр.- М.: Дело, 2006.-600 с.
8. Ильин, А.И. Планирование на предприятии [Текст]: [учебник] /А.И. Ильин.- Мн.: Новое знание, 2001.- 635 с.
9. Куценко, Г.Ф. Монтаж, эксплуатация и ремонт электроустановок [Текст]: [практическое пособие] / Г.Ф. Куценко.- Мн.: Дизайн ПРО, 2006.-472с.
10. Павлович, С.Н. Ремонт и обслуживание электрооборудования [Текст]: [учеб. пособие] / С.Н. Павлович, Б.И. Фигаро.- 2-е изд., испр. И доп.-Мн.: Выш. Шк., 2005.-245с.
11. Ползик, П.В. Никонов, Р.А. Планово-предупредительный ремонт энергетического оборудования промышленных предприятий

[Текст] /П.В. Ползик, Р.А. Никонов.- Мн.: Издательство «Беларусь», 1964.-468с.

12. Новицкий, Н.И. Организация и планирование производства [Текст]: [Практикум] / Н.И. Новицкий. - Мн.: Новое знание, 2004.-256 с.

13. Основы энергосбережения [Текст]: [ Учебное пособие] / Б.И. Врублевский [и др.]- под ред. Б.И. Врублевского.- Гомель: ЧУП «ЦНТУ «Развитие», 2002.-190 с.

14. Пospelова, Т.Г. основы энергосбережения [Текст] / Т.Г. Пospelова.- Мн.: УП «Технопринт», 2000.-353 с.

15. Самсонов, В.С. Экономика предприятий энергетического комплекса [Текст]: [учеб. для вузов] / В.С. Самсонов, М.А. Вяткин.-2-е изд. – М.: Высш. шк., 2003.-416 с.

16. Сергеев, А.В. Справочное пособие для персонала котельных [Текст]: [Топливное хозяйство котельных] / А.В. Сергеев. - СПб.; ДЕАН, 2003.-320с.

17. Синица, Л.М. Организация производства [Текст]: [учеб. пособие для студентов вузов.-2-е изд., перераб. и доп.]- Мн.: УП «ИВЦ Минфина», 2004.-521 с.

18. Синягин, Н.Н., Афанасьев, Н.А., Новиков, С.А. Система планово-предупредительного ремонта оборудования и сетей промышленной энергетики [Текст]: [учеб. пособие.-3-е изд., перераб. доп.] Н.Н. Синягин [и др.]- М.: Энергоатомиздат, 1984.-448 с.

19. Свидерская, О.В. Основы энергосбережения: курс лекций [Текст] / О.В. Свидерская.- 4-е изд., стер.- Мн.: Акад. Упр. При Президенте Респ. Беларусь, 2006.- 296 с.

20. Экономика, организация и планирование теплосилового хозяйства промышленного предприятия [Текст]: [учебник для техникумов] / А.Н. Златопольский [и др.]- 2-е изд., перераб.- М.: Энергоатомиздат, 1995.-320 с.

21. Экономика и управление в энергетике [Текст]: [учеб. пособие для студ. сред. проф. учеб. заведений]/ Т. Ф. Басова [и др.]- под общ. ред. Н.Н. Кожевникова.- М.: Издательский центр «Академия», 2003.-384 с.

22. Экономика и управление энергетическими предприятиями [Текст]: [учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений] / Т. Ф. Басова [и др.]- под общ. ред. Н.Н. Кожевникова.- М.: Издательский центр «Академия», 2004.- 432 с.

# Приложение 1

Таблица 1.1

Исходные данные по вариантам к лабораторной работе № 1

№ Вариан- та	Поток наличности по годам реализации проекта, млн. руб.											Цена капитала (норма дисконта) г, %		
	K <sub>t</sub>		P <sub>t</sub>										собст- венный	заемный
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	-25	-45	10	30	26	24	30	20	-	-	-	8	25	
2	-35	-55	15	20	30	30	30	25	25	25	-	6	18	
3	-70	-80	30	40	45	50	50	50	40	40	-	10	20	
4	-30	-80	30	20	25	30	40	40	40	40	40	12	24	
5	-40	-60	30	35	45	50	50	-	-	-	-	10	26	
6	-80	-	50	45	50	40	50	50	50	40	30	8	20	
7	-90	-60	40	60	30	40	45	50	50	40	-	10	17	
8	-30	-50	25	25	30	35	35	40	40	-	-	12	20	
9	-20	-80	30	35	40	45	50	50	40	-	-	8	26	
10	-50	-70	20	30	40	50	50	50	50	50	-	10	20	
11	-100	-	30	40	30	35	45	50	-	-	-	10	20	
12	-80	-	-	30	25	25	30	35	30	30	30	12	24	
13	-40	-60	20	20	30	40	50	50	50	50	50	10	25	
14	-60	-40	30	40	30	50	40	40	40	40	-	12	22	
15	-30	-50	20	25	20	20	35	30	30	30	30	10	24	
16	-50	-70	30	25	25	30	40	50	50	40	-	12	20	
17	-60	-20	25	25	30	40	40	50	-	-	-	12	24	
18	-150	-	30	40	50	45	35	40	40	40	40	10	35	
19	-25	-45	10	30	26	24	30	30	30	-	-	14	25	
20	-30	-100	30	25	40	50	60	50	40	-	-	8	16	
21	-40	-70	15	15	25	30	30	35	35	35	30	10	24	
22	-100	20	20	25	25	30	35	30	30	-	-	8	18	

продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
23	-50	-30	15	20	25	30	40	30	30	20	20	12	24
24	-80	-50	20	30	40	40	50	50	50	-	-	10	20
25	-20	-50	50	20	30	40	40	40	30	20	20	8	18
26	-120	-	30	35	25	50	50	40	40	40	40	13	26
27	-30	-50	20	25	25	25	30	30	30	30	-	8	20
28	-40	-60	30	40	50	50	40	40	40	-	-	10	22
29	-100	20	30	35	35	30	45	45	30	30	-	6	21
30	-50	-30	30	30	40	40	40	30	30	20	20	12	24

## Приложение 2

Таблица 2.1

### Исходные данные к лабораторной работе №2

Наименование работ	Устройство фундамента под оборудование	Прокладка труб	Установка металлоконструкций под оборудование	Установка станций управления	Зависимость /фиктивная работа/	Монтаж шкафов, щитов, пускателей, шинопроводов и троллей	Установка сварочного оборудования и печей с наладкой	Прокладка кабелей и затягивание проводов в трубы
№ варианта	Код работ							
	0-1	0-2	0-3	1-2	1-3	1-4	1-6	2-6
1	3/3	5/5	2/2	9/2	0	12/3	6/3	4/5
2	2/5	3/6	1/3	5/2	0	9/4	3/5	2/6
3	3/5	4/5	2/2	6/2	0	10/3	5/4	3/4
4	2/5	6/4	1/3	8/2	0	12/3	7/3	5/4
5	2/5	5/5	1/3	6/2	0	11/3	4/5	4/3
6	3/5	6/4	2/2	8/2	0	9/4	4/4	2/6
7	4/4	5/5	3/2	7/2	0	11/3	6/3	3/5
8	3/4	4/6	3/2	7/2	0	8/4	5/4	3/5

продолжение таблицы 2.1

Наименование работ	Устройство фундамента под оборудование	Прокладка труб	Установка металлоконструкций под оборудование	Установка станций управления	Зависимость /фиктивная работа/	Монтаж шкафов, щитов, пускателей, шиннопроводов и троллей	Установка сварочного оборудования и печей с наладкой	Прокладка кабелей и затягивание проводов в трубы
№ варианта	<i>Код работ</i>							
	<b>0-1</b>	<b>0-2</b>	<b>0-3</b>	<b>1-2</b>	<b>1-3</b>	<b>1-4</b>	<b>1-6</b>	<b>2-6</b>
9	4/4	4/6	3/2	5/3	0	10/4	5/4	4/4
10	4/5	6/4	3/2	3/4	0	7/5	4/5	3/5
11	3/5	8/3	2/3	4/3	0	9/3	6/3	5/3
12	4/4	8/3	3/2	5/3	0	8/4	5/4	4/4
13	4/4	9/3	3/2	4/3	0	7/4	5/4	4/4
14	3/5	10/2	2/3	6/2	0	9/4	4/4	6/3
15	3/5	9/3	2/3	7/2	0	7/4	4/5	8/3
16	3/5	8/3	2/3	6/2	0	5/5	6/4	8/3
17	2/6	6/4	4/2	5/2	0	5/5	3/5	3/5
18	3/5	7/3	5/2	5/2	0	5/6	4/4	3/5
19	3/5	7/4	6/2	5/3	0	6/5	5/3	4/4
20	4/4	6/4	5/2	4/3	0	5/5	4/4	4/4
21	3/5	6/4	2/3	7/2	0	10/3	5/3	5/3
22	4/4	4/6	2/2	8/2	0	5/5	3/5	3/5
23	2/6	5/5	1/3	5/3	0	9/4	4/4	3/5
24	3/5	6/4	2/2	5/2	0	10/3	3/4	6/3
25	3/5	3/6	2/2	8/2	0	4/6	3/4	3/6
26	2/4	5/5	1/3	6/2	0	10/4	4/5	3/3
27	3/5	9/3	1/3	4/3	0	5/6	4/4	3/3
28	4/4	3/6	6/2	4/3	0	9/4	3/4	6/3
29	2/6	4/6	2/2	8/2	0	5/5	4/4	3/5
30	2/4	3/6	5/2	4/7	0	9/3	5/3	6/3
31	3/5	4/6	2/3	4/7	0	9/4	5/3	6/3
32	3/5	3/6	2/2	6/2	0	5/6	5/3	3/5

продолжение таблицы 2.1

Наименование работ	Монтаж кранов и тельферов с наладкой	Установка электродвигателей	Прокладка и разделка контрольных кабелей	Зависимость / фиктивная работа/	Монтаж приборов КИП и автоматики	Концевые заделки проводов и кабелей, подключение и наладка оборудования	Монтаж люминесцентных светильников	Монтаж спец. оборудования	Опробование всего оборудования под нагрузкой
№ варианта	<i>Код работ</i>								
	<b>2-8</b>	<b>3-5</b>	<b>4-5</b>	<b>4-6</b>	<b>5-7</b>	<b>6-7</b>	<b>6-8</b>	<b>7-8</b>	<b>8-9</b>
1	8/3	6/4	2/3	0	4/3	8/4	4/6	5/2	6/3
2	6/3	6/4	2/3	0	4/3	5/6	3/7	4/3	6/3
3	7/3	5/5	3/2	0	5/2	6/4	4/6	3/3	5/4
4	9/2	4/6	2/3	0	6/2	10/4	3/7	4/3	7/3
5	5/3	4/6	3/2	0	6/2	8/4	4/6	2/4	6/3
6	10/3	5/5	2/3	0	3/3	4/6	4/6	3/3	6/3
7	8/3	6/4	3/2	0	5/2	6/5	4/6	3/4	5/4
8	9/3	5/5	2/3	0	4/2	8/4	3/7	3/3	4/6
9	8/3	6/4	3/2	0	5/2	6/4	4/6	3/3	5/4
10	8/3	5/4	2/3	0	5/2	6/5	3/7	4/3	6/4
11	7/3	5/5	3/2	0	5/2	5/3	4/6	4/3	7/3
12	9/2	6/4	3/2	0	4/3	5/4	3/7	3/4	5/3
13	8/3	6/4	2/4	0	5/2	6/4	4/6	4/3	6/3
14	10/2	5/5	2/3	0	4/3	3/3	6/4	2/3	5/3
15	7/3	6/4	3/2	0	4/3	4/5	7/3	2/3	7/2
16	8/3	4/6	2/3	0	6/1	7/3	4/6	4/3	6/2
17	6/3	7/4	3/2	0	6/1	6/5	4/6	5/2	8/2
18	7/3	8/3	4/2	0	7/1	7/5	5/5	6/2	5/5
19	10/2	9/3	3/2	0	4/1	3/4	6/4	6/2	4/6
20	9/2	9/3	2/3	0	4/2	4/4	5/5	6/2	6/3
21	6/4	4/6	3/2	0	6/2	9/3	5/5	2/4	4/5
22	10/2	6/4	2/3	0	4/3	3/5	5/3	3/2	7/4

Окончание таблицы 2.1

Наименование работ	Монтаж кранов и тельферов с наладкой	Установка электродвигателей	Прокладка и разделка контрольных кабелей	Зависимость / фиктивная работа/	Монтаж приборов КИП и автоматики	Концевые заделки проводов и кабелей, подключение и наладка оборудования	Монтаж люминесцентных светильников	Монтаж спец. оборудования	Опробование всего оборудования под нагрузкой
№ варианта	<i>Код работ</i>								
	<b>2-8</b>	<b>3-5</b>	<b>4-5</b>	<b>4-6</b>	<b>5-7</b>	<b>6-7</b>	<b>6-8</b>	<b>7-8</b>	<b>8-9</b>
23	6/3	5/5	2/3	0	4/2	5/3	6/3	2/4	6/4
24	7/3	8/3	2/3	0	6/1	6/3	5/4	3/2	3/4
25	10/2	7/4	2/3	0	3/2	3/6	5/6	2/4	6/3
26	5/3	4/6	3/2	0	8/2	8/4	4/6	2/3	4/4
27	10/2	4/6	3/2	0	3/6	9/2	6/4	5/2	3/4
28	9/2	8/4	2/3	0	4/2	8/4	4/6	5/2	3/4
29	6/4	4/6	2/3	0	6/1	6/4	4/5	6/2	6/4
30	4/4	5/4	2/4	0	3/4	5/5	5/5	2/4	4/4
31	7/2	4/5	2/3	0	4/3	4/5	7/3	2/3	7/2
32	8/2	6/4	3/2	0	6/2	6/4	5/4	6/2	4/5

### Приложение 3

Таблица 3.1

Расчет годовой трудоемкости эксплуатационного и ремонтного обслуживания общезаводского электрооборудования и сетей.

№ п/п	Наименование оборудования (тип), характеристика	Единица измерения	Количество единиц	Капитальный ремонт				Текущий ремонт				Техническое обслуживание		Общая трудоемкость, чел-час		
				Ремонтный цикл, мес.	Число ремонтов в году	Норма трудоемкости 1 кап.рем., чел-час.	Годовая трудоемкость на группу оборудования, чел-час	Межремонтный период, мес.	Число ремонтов в году	Норма трудоемкости 1 текущ.рем., чел-час.	Годовая трудоемкость на группу оборудования, чел-час	Суммарная трудоемкость ремонтных работ	Коэффициент сложности		Число смен	Годовая трудоемкость на группу оборудования, чел-час
1																
2																
3																
...																
n																
Итого:																
Всего:																

Таблица 3.2

## Объём электротехнического оборудования на предприятии

Виды энергооборудования	Единичная установленная мощность, кВт	Ед. изм.	№ варианта																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
			21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Количество единиц оборудования по вариантам																						
1. Эл. двигатели асинхронные с к/з ротором, работающие в цехах холодной обработки металлов открытого и защищённого исполнения	0,6 - 3,0	шт.	18	-	19	20	21	22	30	40	50	17	50	50	14	30	-	-	20	10	-	-
	3,1 - 5,0		-	10	30	50	70	-	-	10	-	40	-	70	13	20	30	20	-	-	10	60
	5,1 - 10,0		28	11	-	-	13	19	17	-	4	18	11	50	-	-	11	90	11	12	10	13
	20,1 - 30,0		-	-	-	-	7	20	-	-	-	-	-	-	-	90	-	19	-	-	-	40
	100,1 - 125,0		-	-	6	-	-	-	-	9	7	-	9	11	20	-	-	-	19	20	-	10
	180,1 - 215,0		9	8	-	-	4	-	6	11	-	-	7	12	-	-	14	4	7	8	15	-
	280,1 - 320,0		-	-	2	3	-	3	3	-	4	5	-	-	7	4	5	-	-	-	6	-
2. Высоковольтные асинхронные эл. двиг. с к/з ротором, работают в чистых помещениях	до 100	шт.	-	2	-	3	-	1	-	5	-	6	-	7	-	8	-	9	-	10	-	8
	300		7	-	6	-	4	-	3	-	2	-	9	-	8	-	7	-	6	-	5	-
	525		5	4	3	-	2	5	6	7	8	7	6	-	-	-	5	4	3	-	2	-
	1000		-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	4	-	-	8	6	-	2	-	3	4
	1200		5	-	7	-	9	-	7	-	5	-	9	-	7	-	5	-	9	-	4	-
3. Силовые трансформаторы герметизированные с разъемным кожухом	400 кВ*А	шт.	-	4	-	5	-	7	-	4	-	5	-	3	-	4	-	5	-	3	-	4
	630		4	5	-	-	4	5	-	-	4	5	-	-	4	5	-	-	4	5	-	5
	1000		-	-	3	3	-	-	2	3	-	-	3	4	3	3	2	3	2	2	2	1
4. Батареи статических конденсаторов	100 кВар	шт.	81	-	82	-	83	-	84	-	85	-	86	-	87	-	88	-	89	-	90	-
	500		-	25	-	26	-	27	-	28	-	29	-	30	-	31	-	32	-	33	-	34
5. Высокочастотные установки с ламповыми генераторами	55 кВ*А	шт.	-	-	20	-	-	21	-	-	22	-	-	23	-	-	24	-	-	25	-	-
	110		-	10	-	-	11	-	-	12	-	-	13	-	-	14	-	-	15	-	-	16
	360		5	-	-	6	-	-	7	-	-	9	-	-	9	-	-	10	-	-	11	-
6. Кабельные сети, проложенные в непроходимых каналах и по стенам на высоте свыше 2,5 м. на 1000 пог. м.	70 мм <sup>2</sup>	тыс. пог. м.	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11

Таблица 3.3

## Объем теплосилового оборудования на предприятии

Виды оборудования	Техническая характеристика	Ед. изм.	№ Варианта																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
			21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Количество единиц оборудования по вариантам																						
1. Котлы вертикально-водопроводные на давление до 13 атм. с поверхностью нагрева, м	110	шт	8	-	4	6	-	-	3	2	-	6	5	-	-	-	3	9	-	4	-	4
	177	шт	-	5	-	-	-	5	5	-	4	-	-	-	6	4	-	-	8	-	3	2
	230	шт	4	-	7	-	3	3	3	7	-	2	3	5	-	7	5	-	-	5	5	-
	300	шт	-	2	-	2	3	-	-	-	4	-	-	2	3	-	2	4	3	2	-	2
2. Воздухонагреватели трубчатые двухходовые с поверхностью нагрева, м	185	шт	-	2	-	-	-	-	2	-	4	-	-	-	4	-	-	-	4	-	2	2
	375	шт	4	-	7	2	3	3	3	7	-	2	3	5	-	7	5	-	-	5	5	-
	569	шт	-	2	-	-	3	-	-	-	4	-	-	2	3	-	2	4	3	2	-	2
3. Экономайзеры водяные ребристые с обдувочным устройством и поверхн. нагрева, м	200	шт	-	2	-	-	-	2	2	-	4	-	-	-	4	-	-	-	4	-	-	2
	500	шт	4	-	7	2	3	3	3	7	-	2	3	5	-	7	5	-	-	5	5	-
	750	шт	-	2	-	-	-	-	-	-	4	-	-	2	3	-	2	4	3	2	-	2
4. Дымососы, м/час	8000	шт	-	2	-	-	-	2	2	-	4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	2	2
	35000	шт	4	-	2	2	3	3	3	7	-	2	3	5	3	7	5	-	-	5	5	-
	75000	шт	-	2	-	-	3	-	-	-	4	-	-	2	-	-	2	4	3	2	-	2
5. Насосы центробежные одноступенчатые на давление 120м вод.ст., м/час	500	шт	-	-	17	-	-	18	-	-	19	-	-	20	-	-	21	-	-	22	-	-
	2000	шт	8	-	-	9	-	-	10	-	-	7	-	-	8	-	-	9	-	-	10	-
	4500	шт	-	4	-	-	5	-	-	8	-	-	6	-	-	7	-	-	8	-	-	9
6. Кузнечн. и термич. печи на жидком и газообразном топливе с площадью пода, м	3	шт	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	19	17	16	15	14	13	12	11	10
	5	шт	-	10	-	11	-	12	-	13	-	14	-	15	-	16	-	17	-	18	-	19
	10	шт	10	-	11	-	12	-	13	-	14	-	15	-	16	-	17	-	18	-	19	-
7. Газопроводы и отопительные сети с диаметром труб, мм	50	шт	6	7	8	7	6	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8
	100	шт	3	4	5	3	5	5	4	5	3	4	5	4	5	3	4	5	3	4	5	3
	300	шт	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4

Таблица 3.4

## Двигатель до 500 В

Мощность электродвигателей, в кВт	Для электродвигателей		
	асинхронных с короткозамкнутым ротором	асинхронных с фазным ротором, взрывобезопасных и крановых	коллекторных машин постоянного и переменного тока
до 0,6	1	1,3	1,6
св. 0,6 - 3,0	1,3	1,7	2,5
3,1 - 5,0	1,6	2,4	3,4
5,1 - 10,0	2,1	3,1	4,3
10,1 - 15,0	2,6	3,8	5,2
15,1 - 20,0	3,1	4,5	6,1
20,1 - 30,0	3,7	5,2	7,0
30,1 - 40,0	4,4	6,0	8,0
40,1 - 55,0	5,1	7,0	9,0
55,1 - 75,0	6,0	8,0	10,0
75,1 - 100,0	7,0	9,0	11,0
100,1 - 125,0	8,0	10,0	12,0
125,1 - 155,0	9,0	11,0	13,0
155,1 - 180,0	10,0	12,0	14,0
180,1 - 215,0	11,0	13,0	15,0
215,1 - 240,0	12,0	14,0	16,0
240,1 - 280,0	14,0	16,0	18,0
280,1 - 320,0	16,0	18,0	20,0

Примечание: Многоамперные генераторы цехов металлопокрытия применяются как машины постоянного тока, и категория сложности ремонта их увеличивается в 2 раза по отношению к приведенным в таблице значениям.

Таблица 3.5

## Высоковольтные электродвигатели

Наименование	Мощность, кВт	Категории сложности ремонта	
		с короткозамкнутым ротором	с фазным ротором
Асинхронные электродвигатели	до 100	8	10
	150	10	13
	230	14	18
	300	18	23
	350	20	26
	450	25	33
	525	30	39
	625	35	46
	700	40	52
	850	45	58
	1000	50	65
	1200	60	78

Окончаниетабл. 3.5

Синхронные электродвигатели	200	28	
	300	33	
	350	35	
	470	40	
	520	45	
	600	50	
	700	55	
	870	60	

Таблица 3.6

## Высокочастотные генераторы и электрокары

Наименование	Техническая характеристика	Категория сложности ремонта
Преобразователи высокой частоты мощностью, кВт	10	6
	30	10
	60	13
	100	18
	250	27
Высокочастотные установки с ламповым генератором мощностью трансформатора, кВт*А	10	10
	30	12
	100	15
Электрокары грузоподъёмностью, т	1	2
	2 и более	3

Таблица 3.7

## Высокочастотные установки, печные трансформаторы, электропечи индукционные

Наименование	Техническая характеристика	Категория сложности ремонта
Высокочастотные установки с ламповым генератором, кВт*А	15	8
	55	10
	110	13
	180	17
	360	25

Таблица 3.8

## Трансформаторы и высоковольтная аппаратура

Наименование	Техническая характеристика	Категория сложности ремонта
Силовые трансформаторы	до 50 кВт*А	6
	75	8
	100	10

Окончание табл. 3.8

	180	12
	до 320 кВ*А	13
	550	16
	750	19
	1000	22
	1800	24
	3200	28
	5600	32
Масляные выключатели разрывной мощности	до 100000 кВ*А	3
	500000	4
	750000	5
	1500000	6
	2500000	7
Разъединители до 10 кВ трёхполюсные	до 1000 А	1
	2000	2
Разрядники трубчатые до 10 кВ	-	0,3
Предохранители на 3 - 10 кВ	-	0,3
Трансформаторы тока катушечные	-	1
Трансформаторы тока проходные	-	1,5
Трансформаторы напряжения	-	1,8
Шинные сборки (высоковольтные)	100 пог.м.	4
Батареи статических конденсаторов, ёмкостью	100 кВар	3
	250	5
	500	7
	750	9
	1000	11

Таблица 3.9

## Электрические сети

Наименование	Техническая характеристика	Категория сложности ремонта
Низковольтные панельные щиты с электроаппаратурой	на 10 питающих линий	2
Силовые групповые щитки, с числом групп	6	2
	8	3
	10	4
Осветительные групповые щитки, с числом групп	2 - 3	1
	4 - 6	1,5
	7 - 8	2
	9 - 10	2,5
Сборки Гольдберга	на 10 пог. м.	2

Внутрицеховая электросиловая сеть, проложенная изолированным проводом, напряжением до 500 В на 100 пог. м. однопроводной линии с проводами сечением, мм <sup>2</sup>	2,5	1,5
	6	2
	16	3
	35	3,5
	70	4,5
	120	5
	150	6
Электросети освещения по 100 пог. м. шнура, сечением, мм <sup>2</sup>	до 2,5	1,5
	6	2
Осветительная арматура	10 шт.	0,5
Сети заземления	100 пог.м.	1
Воздушные электросети до 10 кВ на деревянных опорах	100 пог.м.	2
Воздушные электросети до 10 кВ на металлических опорах	101 пог.м.	1
Кабельные сети на 1000 пог. м.:	-	-
а) проложенные в земле, сечением, мм <sup>2</sup>	70	5
	95 и более	8
б) проложенные в непроходимых каналах и по стенам на высоте не выше 2,5, сечением, мм <sup>2</sup>	70	10
	95 и более	14
в) проложенные в проходных каналах, сечением, мм <sup>2</sup>	70	8
	95 и более	10
г) проложенные по стенам на высоте более 2,5 м., сечением, мм <sup>2</sup>	70	12
	95 и более	16

Таблица 3.10

Котлы

Типы котлов	Техническая характеристика, м <sup>2</sup>	Производительность	Категория сложности ремонта
Котлы промышленные вертикальные и горизонтальные водотрубные экранизированные без пароперегревателей, на давлении до 13 ат	до 70	до 1 т/час	18
	100	1,5	24
	125	2 - 2,65	30
	150	3	36
	200	4	42
	300	6,5	48
	400	10	54
	500	-	60

Окончание табл. 3.10

Котлы вертикально- водотрубные двухбарабанные, на давлении до 13 ат	55	1,5	18
	110	2,5	27
	177	4	39
	230	6,5	44
	300	10	48
Котлы вертикально-цилиндрические с кипятильными трубами, на давлении до 8 ат	7	0,14	2
	11	0,2	3
	16	0,4 - 0,5	4
	22	0,7	5
	29	1	6
	40	1,2	7
Котлы вертикально-цилиндрические с кипятильными и дымогарными трубами	16	0,4 - 0,5	4,5
	34	0,8	6,5
	40	1 - 1,2	7,5
Котлы паротурбинные (ланкаширские и корнвалийские), на давление до 8 ат	60	1	6
	80	1,5	10
	100	2,2	13
	150	3	16
Отопительные котлы чугунные, типов НР, Универсал, Стрела, МГ-2, и стальные пакетные типа НР-18	20	-	4
	30	-	5
	40	-	6
	50	-	7
	60	-	8

Примечание: 1. Категория сложности ремонта в таблице принята для котлов, оборудованных ручными колосниковыми решётками и без пароперегревателей. 2. Для котлов, имеющих пароперегреватели, категорию сложности ремонта следует увеличивать на 3 -5%. 3. Для котлов, имеющих механические топки БЦР, ПМРа, ПМЗ, ПШР и других типов, категорию сложности ремонта следует увеличивать на 12 - 15%. 4. Для котлов, оборудованных топками для сжигания мазута, газа и углепыли, категорию сложности ремонта следует увеличивать на 4 - 6%. 5. Категорию сложности ремонта для котлов старых конструкций и иностранных марок принимать по поверхности нагрева, а для современных конструкций - по паропроизводительности.

Таблица 3.11

## Воздухоподогреватели и экономайзеры

Типы	Техническая характеристика, м <sup>2</sup>	Категория сложности ремонта
Воздухоподогреватели трубчатые двухходовые	185	4
	375	6
	560	8

Окончание табл. 3.11

Воздухоподогреватели трубчатые трёхходовые	280	6
	560	10
	800	12
	1000	14
Воздухоподогреватели чугунные ребристые (плиточные) с обдувочным устройством	250	8
	500	10
	750	12
	1000	14
Экономайзеры водяные (гладкотрубные стальные)	100	4
	200	8
	500	12
	750	16
	1000	18
Экономайзеры водяные ребристые с обдувочным устройством	100	5
	200	9
	500	13
	750	17
	1000	20

Таблица 3.12

## Дутьевые вентиляторы и дымососы

Типы	Марка	Производительность, м <sup>3</sup> /час	Категория сложности ремонта
Вентиляторы дутьевые одностороннего всасывания	ВД-8	10000	1,2
	ВД-10	15000	1,6
	ВД-12	25000	2
	ВД-13,5	40000	2,4
	ВД-15,5	60000	2,8
	ВД-18	80000	3,2
	ВД-20	100000	3,8
Дымососы одностороннего всасывания	Д-8	8000	1,3
	Д-10	13000	1,7
	Д-12	22000	2,1
	Д-13,5	35000	2,5
	Д-15,5	50000	2,9
	Д-18	75000	3,3
	Д-20	120000	3,9

Таблица 3.13

## Вентиляционное оборудование

Типы	Номер	Производительность, м <sup>3</sup> /час	Категория сложности ремонта
Электро-вентиляторы ЭВР	2 и 3	900 - 3500	0,3
	4	6000 - 9000	0,5
	5	9000 - 11000	0,7
	6	14000 - 16000	1

Окончание табл. 3.13

Вентиляторы среднего, высокого давления и пылевые, типов ВР, ВРС и др.	3	1000 - 5000	0,4
	4	2000 - 10000	0,6
	5	4000 - 15000	0,8
	6	6000 - 20000	1,1
	8	8000 - 50000	1,6
	10	10000 - 90000	2,1
	12	20000 - 120000	2,6
Вентиляторы осевые	4 и 5	3800 - 8000	0,2
	6	9000 - 14000	0,3
	7	12000 - 21000	0,4
	8	21000 - 30000	0,5
	10	41000	0,6
	12	65000	0,7
Циклоны		1500 - 4500	1
		6000 - 10000	2
		12500 - 17500	3

Примечание: При наличии пылевых буклетов категории сложности ремонта увеличиваются для циклонов производительностью до 10000 м<sup>3</sup>/час на 1, а свыше - на 2.

Таблица 3.14

## Насосы центробежные

Типы	Техническая характеристика	Категория сложности ремонта
Насосы центробежные консольные одноступенчатые на давление до 100 м.вод.ст.	10 м <sup>3</sup> /час	1
	20	1,5
	30	2
	70	2,5
	120	3
	200	3,5
	300	4
Насосы центробежные одноступенчатые на давление до 120 м.вод.ст.	180	2
	360	3
	500	4
	720	5
	1200	7
	2000	9
	2800	10
	3600	12
4500	15	

Таблица 3.15

## Промышленные печи

Типы	Техническая характеристика	Категория сложности ремонта
Кузнечные горны	1 шт.	1
Кузнечные и термические печи на жидком и газообразном топливе, с площадью пода	1 м <sup>2</sup>	1
	2	3
	3	4

Окончание табл. 3.15

	5	5
	10	6
То же, на твёрдом топливе, с площадью нагрева	1 м <sup>2</sup>	2
	2	4
	3	5
Сушильные печи камерные, с объёмом	50 м <sup>2</sup>	2
	100	3
	200	4
	300	5
	400	6
Плавильные печи пламенные, производительностью	1 т/час	3
Плавильные печи тигельные, производительностью	1 шт.	1
Плавильные печи барабанные, типа "Мечта"	1 шт.	2
Форсунки мазутные и газовые	1 шт.	0,4

Примечание: 1. Для печей, оборудованных рекуператорами категорию сложности ремонта надо увеличивать на 20%. 2. Для вагранок категории сложности ремонта установлены без учёта рекуператора и копильника.

Таблица 3.16

Трубопроводы различных назначений (на 100 пог. м.)

Диаметр труб, в мм	Воздухопровод и водопровод холодной воды	Водопровод горячей воды, бензопровод, газопровод и отопительные сети	Паропровод, маслопровод, нефтепровод и эмульсопровод	Канализация фекальная и производственная
	Категория сложности ремонта			
25	0,7	1	1,1	-
50	0,9	1,2	1,3	1
75	1,3	1,7	1,9	-
100	1,6	2	2,2	1,2
150	1,9	2,5	2,7	1,5
200	2,3	3	3,3	1,9
250	3	3,9	4,2	2,3
300	3,5	4,5	5	2,7
350	4	5,2	5,7	3,1
400	5,2	6,7	7,3	3,5
450	5,6	7,2	8	4
500	6	7,8	8,5	5

Примечание: Категории сложности ремонта указаны без учёта ремонта трубопроводной арматуры

Приложение 4  
Таблица 4.1.

Исходные данные по вариантам лабораторной работы № 4.1

Вариант	Q, час м <sup>3</sup> /час	Кол-во ком- прессо- ров	P <sub>1</sub> , атм	P <sub>2</sub> , атм	T <sub>к</sub> час	η <sub>н</sub>	P <sub>о</sub> кВт	T <sub>г.о</sub> час	K <sub>с.о.</sub>	P <sub>в.</sub> , кВт	T <sub>в</sub> час	β	Тип передачи		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
1	2000	2	1	8	15	0,85	14	8	0,95	18	11	0,6	Ремен- ная		
	2500	3	1	8	10	0,92									
2	3000	2	1	5	12	0,84	16	8,5	0,9	20	11	0,7		Клино- ремен- ная	
	3500	2	1	5	15	0,86									
3	4500	3	1	9	8	0,85	18	3	0,9	20	5	0,7			Зубча- тая
	4800	3	1	9	6	0,88									
4	5000	3	1	6	8	0,88	20	4	0,95	24	6	0,65	Соед. при по- мощи муфты		
	5200	2	1	6	7	0,9									
5	3800	2	1	8	22	0,92	28	13	0,9	27	16	0,7		Клиноременная	
	4200	3	1	8	20	0,9									
6	5000	3	1	8	24	0,88	30	13	0,95	28	16	0,6			Клиноременная
	5400	2	1	8	23	0,9									
7	4700	3	1	9	24	0,9	24	14	0,9	30	18	0,7	Соед. при по- мощи муфты		
	5300	1	1	9	20	0,85									
8	6000	2	1	9	22	0,92	25	14	0,9	30	20	0,6		Клиноременная	
	6200	2	1	9	24	0,88									
9	5000	1	1	8	18	0,9	20	12	0,9	27	16	0,7			Клиноременная
	4700	3	1	8	10	0,85									

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
10	3800	3	1	9	12	0,87	22	4	0,95	22	6	0,6	Клиноремен- ная
	5200	1	1	9	4	0,89							
11	4800	3	1	9	8	0,91	18	4	0,9	24	5	0,7	Ремен- ная
	5400	2	1	9	6	0,92							
12	3500	4	1	8	15	0,87	18	8	0,9	22	10	0,7	
	3000	1	1	8	15	0,89							
13	3500	2	1	8	20	0,88	27	14	0,9	16	20	0,7	Соед. при по- мощи муфты
	4000	3	1	8	24	0,9							
14	6200	1	1	9	16	0,87	32	8	0,95	32	14	0,6	
	5500	4	1	9	18	0,86							
15	5400	1	1	9	4	0,85	26	7	0,95	26	10	0,6	Зубчатая
	4800	2	1	9	12	0,92							
16	4500	3	1	9	10	0,9	23	6,5	0,9	26	11	0,6	
	5000	2	1	9	14	0,86							
17	4200	3	1	8	10	0,88	22	5	0,9	20	8	0,7	Ремен- ная
	6000	1	1	9	6	0,87							
18	4700	3	1	8	18	0,87	25	13	0,9	26	14	0,6	
	5000	1	1	8	12	0,85							
19	6000	1	1	7	8	0,85	24	12	0,9	18	13	0,7	Клиноремен- ная
	5400	2	1	7	14	0,92							
20	2500	1	1	4	20	0,91	18	14	0,95	16	22	0,6	
	3000	2	1	4	24	0,89							
21	3500	1	1	4	16	0,9	16	8	0,9	18	14	0,7	Соединение муфтой
	3000	1	1	4	12	0,85							
22	2000	3	1	5	7	0,9	16	6	0,95	14	11	0,7	
	2800	2	1	5	12	0,89							

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
23	5500	1	1	6	18	0,86	26	11	0,9	34	14	0,7	Зубчатая
	4200	4	1	6	16	0,88							
24	5000	2	1	7	14	0,87	28	10	0,9	35	13	0,6	
	6000	2	1	7	15	0,89							
25	4800	3	1	6	7	0,9	24	4	0,95	28	6	0,7	
	5200	3	1	6	5	0,92							

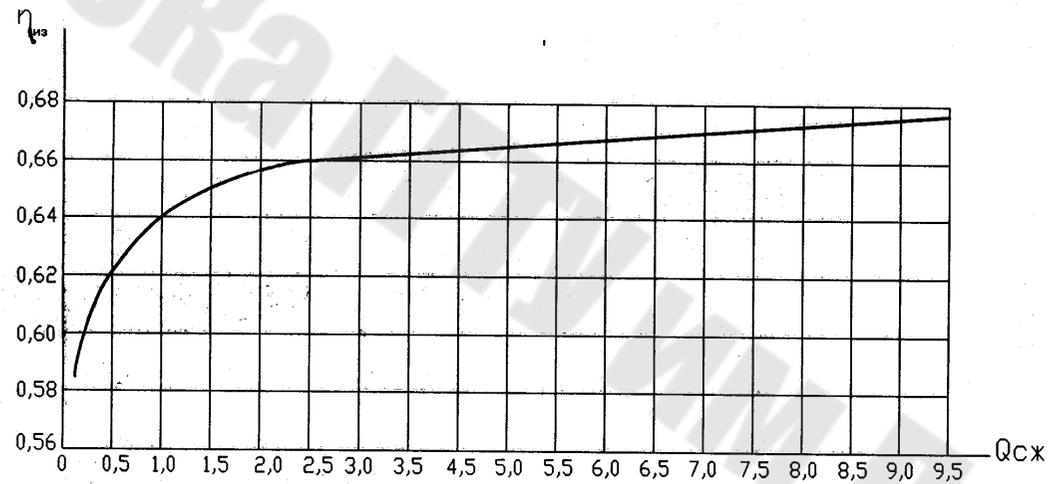


Рис. 4.1 Средние значения изотермического КПД в зависимости от производительности при давлении сжатия 8 – 9 атм и полной нагрузке.

Таблица 4.2

## Коэффициент полезного действия передачи

№ п/п	Тип передачи	Величина КПД
1	Ременная	0,85 – 0,9
2	Клиноременная	0,97 – 0,98
3	Зубчатая	0,98
4	Соединение при помощи муфты	1

Таблица 4.3

## Исходные данные к лабораторной работе № 4.2

№п/п	Численность чел Всего/в т.ч. рабочих	Режим работы	Коэффициент к объёму помеще- ний, $k_v$	Регион
1	2	3	4	5
1	2000/1500	3	1,1	1
2	2000/1600	2	1,2	2
3	2200/1700	3	1,3	3
4	2200/1800	2	1,4	4
5	2400/1860	3	1,5	5
6	2400/1880	3	1,6	6
7	2600/1900	3	1,7	1
8	2600/1920	2	1,8	2
9	2800/2100	3	1,9	3
10	2800/2160	2	2	4
11	3000/2250	3	2,1	5
12	3000/2200	3	2,2	6
13	3200/2400	3	2,3	1
14	3200/2300	2	2,4	2
15	3400/2550	3	2,5	3
16	3400/2580	2	2,6	4
17	3600/2650	3	2,7	5
18	3600/2700	3	2,8	6
19	3800/2860	3	2,9	1
20	3800/2880	2	3	2
21	4000/3000	3	3,1	3
22	4000/3100	2	3,2	4
23	4200/3150	3	3,3	5
24	4200/3200	3	3,4	6
25	4400/3300	3	3,5	1
26	4400/3400	2	3,6	2
27	4600/3450	3	3,7	3
28	4600/3500	2	3,8	4
29	4800/3600	3	3,9	5
30	5000/3760	3	4	6

Из общего числа рабочих 25% работают литейном и термическом цехах. Количество душевых сеток на предприятии принять из расчёта  $n_{душ} = 0,09 \cdot Ч$ , где Ч – численность рабочих, чел.

Таблица 4.4

## Отопительные и вентиляционные характеристики промышленных зданий

Наименование здания	Строительный объём здания, тыс.м <sup>3</sup>	Удельная тепловая характеристика, Ккал/м <sup>3</sup> ч°С	
		Отопление $q_0$	Вентиляция $q_v$
1	2	3	4
Механосборочные и механические цеха, слесарные мастерские	5 – 10	0,55 – 0,45	0,40 – 0,25
	10 – 50	0,45 – 0,40	0,25 – 0,15
	50 – 100	0,40 – 0,38	0,15 – 0,12
	100 – 200	0,40 – 0,38	0,15 – 0,08
Чугунолитейные цеха	10 – 50	0,30 – 0,25	1,1 – 1,0
	50 – 100	0,25 – 0,22	1,0 – 0,9
	100 – 150	0,22 – 0,18	0,9 – 0,8
Сталелитейные цеха	10 – 50	0,30 – 0,25	0,95 – 0,85
	50 – 100	0,25 – 0,22	0,87 – 0,75
	100 – 150	0,22 – 0,18	0,75 – 0,70
Термические цеха	До 10	0,40 – 0,30	0,70 – 0,60
	10 – 30	0,30 – 0,25	0,60 – 0,50
	30 – 75	0,25 – 0,20	0,50 – 0,30
Кузнечные цеха	До 10	0,40 – 0,30	0,70 – 0,60
	10 – 50	0,30 – 0,25	0,60 – 0,50
	50 – 100	0,25 – 0,15	0,50 – 0,30
Деревообработ. цеха	До 5	0,66 – 0,55	0,60 – 0,50
	5 – 10	0,55 – 0,45	0,50 – 0,45
	10 – 50	0,45 – 0,40	0,45 – 0,40
Цеха металлоконструкций	50 – 100	0,38 – 0,35	0,53 – 0,45
	100 – 150	0,35 – 0,30	0,45 – 0,35
Цеха металлопокрытий	До 2	0,65 – 0,60	5,0 – 4,0
	2 – 5	0,60 – 0,55	4,0 – 3,0
	5 – 10	0,55 – 0,45	3,0 – 2,0
Компрессорные	До 0,5	2,0	---
	0,5	0,70 – 2,0	---
	1 – 5	0,7 – 0,45	---
	5 – 10	0,45 – 0,40	---
Котельные	5 – 10	0,45 – 0,40	---
	До 10	0,10	0,30
Ремонтные цеха	5 – 10	0,60 – 0,50	0,20 – 0,15
	10 – 20	0,50 – 0,45	0,15 – 0,10

Окончание табл. 4.4

Бытовые и административные помещения	0,5 – 1,0	0,60 – 0,45	---
	1,0 – 2,0	0,45 – 0,40	---
	2,0 – 5,0	0,40 – 0,33	0,14 – 0,12
	5,0 – 10	0,33 – 0,30	0,12 – 0,11
	10 – 20	0,30 – 0,25	0,11 – 0,10
Насосные	До 0,5	1,05	---
	0,5 – 1	1,05 – 1,0	---
	1 – 5	1,0 – 0,45	---
	5 – 10	0,45 – 0,40	---

Таблица 4.5 Исходные данные к лабораторной работе № 4.2

	Наименование цехов	Объём помещений, тыс.м <sup>3</sup>	Температура внутри помещений, °С
1	Кузнечно-прессовый	50	14
2	Литейный	30	14
3	Механический	60	16
4	Термический	25	14
5	Сборочный	40	16
6	Инструментальный	20	16
7	Ремонтно-механический	20	16
8	Компрессорная	4	16
9	Заводоуправление	10	18
10	Столовая	5	18

Таблица 4.6. Климатические данные по областям РБ за отопительный период

Наименование параметров	Области					
	Брестская	Витебская	Гомельская	Гродненская	Минская	Могилёвская
1. Продолжительность отопительного периода $n_0$ , сут	181	202	188	194	198	200
2. Средняя температура отопительного периода, $t_{\text{ср}}$	+0,6	-1,5	-1,0	+0,1	-0,9	-1,5
3. Температура расчётная для проектирования:						
• отопления, $t_{\text{но}}$	-21	-25	-24	-22	-24	-24
• вентиляции, $t_{\text{вп}}$	-8	-12	-11	-9	-10	-12

## Содержание

Введение	3
Лабораторная работа № 1 Планирование инвестиций	4
Лабораторная работа № 2 Сетевое планирование и управление в энергетике	10
Лабораторная работа № 3 Составление графика ППР энергооборудования и сетей предприятия	15
Лабораторная работа № 4 Нормирование расхода ТЭР на предприятиях	29
Лабораторная работа №4.1 Определение нормы расхода электрической энергии в компрессорных цехах	30
Лабораторная работа № 4.2 Расчет нормы расхода тепловой энергии на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение	35
Список литературы	38
Приложения	40

**Котова Светлана Николаевна  
Полозова Ольга Александровна  
Прокопчик Галина Алексеевна**

**ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЛАНИРОВАНИЕ  
ПРОИЗВОДСТВА. УПРАВЛЕНИЕ  
ПРЕДПРИЯТИЕМ**

**Лабораторный практикум  
по одноименному курсу для студентов  
специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение»  
дневной формы обучения**

Подписано в печать 07.05.09.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 3,72. Уч.-изд. л. 3,52.

Изд. № 154.

E-mail: [ic@gstu.gomel.by](mailto:ic@gstu.gomel.by)

<http://www.gstu.gomel.by>

Отпечатано на цифровом дуплекаторе  
с макета оригинала авторского для внутреннего использования.

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

246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.