



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Белорусский национальный
технический университет

Кафедра «Экономика и организация энергетики»

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Практикум

для студентов специальностей

*1-43 01 04 «Тепловые электрические станции»
и 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика»*

Минск
БНТУ
2014

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Экономика и организация энергетики»

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Практикум для студентов специальностей
1-43 01 04 «Тепловые электрические станции»
и 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика»

Минск
БНТУ
2014

УДК 621.311:658.5 (075.8)

ББК 31.27я73

О-64

Составители:

И. А. Бокун, В. Н. Нагорнов

Рецензенты:

Н. Б. Карницкий, В. Ф. Балащенко

О-64 **Организация** производства и управление предприятием : практикум для студентов специальностей 1-43 01 04 «Тепловые электрические станции» и 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика» / сост.: И. А. Бокун, В. Н. Нагорнов. – Минск : БНТУ, 2014. – 62 с.
ISBN 978-985-550-076-7.

В практикуме излагаются методы оценки эффективности использования топливно-энергетических ресурсов для производства как тепловой и электрической энергии, так и для промышленной продукции.

Рассмотрены вопросы организации, оплаты и производительности труда. Рассматривается оптимизация энергетических и производственных процессов, основанных на использовании методов математического программирования.

Приведено достаточное количество задач, которые предназначены как для аудиторной, так и самостоятельной работы.

УДК 621.311:658.5 (075.8)

ББК 31.27я73

ISBN 978-985-550-076-7

© Белорусский национальный
технический университет, 2014

Содержание

1. Энергетические балансы и энергетические характеристики агрегатов и их структура.....	4
2. Нормирование энергоресурсов.....	13
3. Производительность труда.....	17
3.1. Объемы продукции по энергетическим производствам.....	18
3.2. Пути повышения производительности труда.....	20
4. Нормирование труда.....	23
5. Организация ремонта энергетического оборудования.....	25
6. Линейное программирование.....	30
6.1. Постановка задачи линейного программирования.....	30
6.2. Правила составления двойственных задач.....	31
6.3. Анализ линейных моделей на чувствительность.....	31
7. Сетевые методы планирования и управления.....	39
7.1. Основы построения сетевых моделей.....	40
7.2. Порядок построения сетевых графиков.....	41
7.3. Проверка правильности составления сетевого графика.....	42
7.4. Методы расчета сетевых графиков.....	43
8. Распределение нагрузок между агрегатами.....	47
Литература.....	61

1. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ БАЛАНСЫ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АГРЕГАТОВ И ИХ СТРУКТУРА

Во всех энергетических системах, а также отдельных их частях осуществляются процессы преобразования, передачи, распределения и потребления энергии, что требует соблюдения энергетического баланса, для любого агрегата составляющегося из приходной и расходной частей, между которыми должно соблюдаться равенство. В приходную часть энергобаланса включается подведенная энергия. В расходной части учитываются как полезная энергия, так и ее потери:

$$W = W_{\text{пол}} + W_{\text{пот}} ;$$

$$N = N_{\text{пол}} + N_{\text{пот}} ,$$

где W – подведенная энергия;

$W_{\text{пол}}$ – полезно используемая энергия;

$W_{\text{пот}}$ – потери энергии;

N – подведенная мощность;

$N_{\text{пол}}$ – полезно использованная мощность;

$N_{\text{пот}}$ – потерянная мощность.

В этих уравнениях все величины выражены в одинаковых единицах энергии или мощности.

К подведенной энергии относятся:

энергия, которая вводится в агрегат одним или несколькими энергоносителями;

физическая энергия реальных компонентов процесса;

дополнительная энергия внутренних источников процесса, получаемая в результате разного рода химических и физических превращений веществ.

Энергетические характеристики строятся на основе балансов мощностей агрегатов, составленных для ряда значений производительности, которая принимается за независимую величину.

Подведенная, потерянная и полезная мощность считаются функциональными величинами.

При построении энергетических характеристик ряда энергетических агрегатов за независимую переменную величину принимаются нагрузка или полезная мощность агрегата.

Задача 1.1

На КЭС установлены три энергоблока мощностью 500 МВт с котлоагрегатами П-57 (твердое шлакоудаление). Удельный расход топлива (брутто) на КЭС $b_{уд} = 0,33$ кг у.т./кВт·ч, теплота сгорания бурого угля 15000 кДж/кг. Определить часовой расход топлива на КЭС.

Решение

$$B = b_{уд} N = 0,33 \cdot 3 \cdot 500000 \cdot \left(\frac{29300}{15000} \right) \cdot \frac{1}{3600} = 268 \text{ кг/с или } 966,9 \text{ т/ч.}$$

Задача 1.2

На ТЭЦ установлены два энергоблока с теплофикационной турбиной ПТ-80/100-130 (ЛМЗ) и котлоагрегатом Е-500-140. Паропроизводительность котлоагрегата 500 т/ч; давление пара на выходе из пароперегревателя 2–14,0 МПа; температура: перегретого пара – 560 °С; питательной воды – 230 °С; уходящих газов – 128 °С; КПД (брутто) гарантийный 90 %. Топливо – бурый уголь с теплотой сгорания $Q_H^p = 16000$ кДж/кг. Определить часовой расход топлива при номинальных параметрах.

Решение

По h - s -диаграмме находим энтальпию перегретого пара и питательной воды и определяем $h_{пп} = 3500$ кДж/кг; $h_{пв} = 1100$ кДж/кг. B – часовой расход топлива.

$$B = \frac{D(h_{пп} - h_{пв})}{Q_H^p \eta_{брк}} = \frac{500000 (3500 - 1100)}{16000 \cdot 0,9} = 8333 \text{ кг/ч.}$$

Задача 1.3

Теплопроизводительность водогрейного котла 400 ГДж/ч, суммарная величина потерь составляет $\Delta Q = 60$ ГДж/ч. Определить часовой и удельный расход условного топлива и КПД котла.

Решение

Часовой расход условного топлива

$$B = 0,034(Q_1 + \Delta Q) = 0,034(400 + 60) = 1564 \text{ т/ч.}$$

Удельный расход условного топлива

$$b = 0,034 \left(1 + \frac{\Delta Q}{Q_1} \right) = 0,034 \left(1 + \frac{60}{400} \right) = 0,039 \text{ т у.т./ГДж};$$

КПД котла

$$\eta = \frac{0,034}{b} = \frac{0,034}{0,039} = 0,87.$$

Задача 1.4

В котельной установлены три котла ПТВМ-100. Топливо – газ, $Q_{\text{н}}^{\text{p}} = 32500$ кДж/кг. На основании произведенных балансовых испытаний определены суммарные потери теплоты. В таблице представлены часовые тепловые нагрузки котла Q , ГДж/ч, и величина потерь теплоты ΔQ , ГДж/ч.

№ 1		№ 2		№ 3	
ΔQ	Q_1	ΔQ	Q_2	ΔQ	Q_3
45	310	46	305	47	320
49	370	48	365	51	370
54	380	52	385	56	390
60	410	61	400	62	410

Определить полные и удельные расходы топлива при соответствующих тепловых нагрузках, величины относительных приростов расхода топлива, КПД котлов, построить графические зависимости $B = f(Q_1)$, $b = f(Q_1)$, $r = f(Q_1)$, $\eta = f(Q_1)$ и суммарную характеристику относительных приростов расходов топлива, оптимальное распределение нагрузки между котлами, если $Q_\Sigma = 1000$ ГДж/ч.

Решение

Часовой расход топлива котла

$$B = 0,034(Q_1 + \Delta Q), \text{ т/ч.}$$

Удельный расход условного топлива

$$b = 0,034 \left(1 + \frac{\Delta Q}{Q_1} \right), \text{ т у.т./ГДж.}$$

Величина относительного прироста расхода топлива

$$r = 0,034 \left(1 + \frac{d\Delta Q}{dQ_1} \right), \text{ т у.т./ГДж,}$$

КПД котла

$$\eta = \frac{0,034}{b}.$$

Задача 1.5

На заводской ТЭЦ установлены две паровые турбины с противодавлением мощностью 6000 кВт каждая. Весь пар из турбин направляется на производство, откуда он возвращается обратно в виде конденсата при температуре кипения. Турбины работают с полной нагрузкой при следующих параметрах пара: $p_0 = 3,43$ МПа,

$t_0 = 435 \text{ }^\circ\text{C}$, $p_2 = 0,12 \text{ МПа}$. Определить часовой расход топлива на ТЭЦ, если КПД котельной равно 0,86, а теплота сгорания топлива 25000 кДж/кг. Турбины работают по циклу.

Решение

По h - s -диаграмме [3] находим $h_1 = 3306 \text{ кДж/кг}$; $h_2 = 2552 \text{ кДж/кг}$; $h'_2 = 437 \text{ кДж/кг}$.

Удельный расход пара на турбину определяется по формуле

$$d_0 = \frac{3600}{h_1 - h_2} = \frac{3600}{3306 - 2552} = 4,77 \text{ кг/кВт}\cdot\text{ч.}$$

Часовой расход пара, потребляемого турбинами:

$$D_0 = d_0 N = 4,7 \cdot 12000 = 57290 \text{ кг/ч.}$$

Так как весь пар направляется на производство, то количество потребляемого им тепла будет

$$Q_{\text{пр}} = D_0 (h_2 - h'_2) = 56400(2552 - 437) = 119286000 \text{ кДж/ч.}$$

Количество тепла, сообщенного пару в котельной заводской ТЭЦ:

$$Q_{\text{к}} = D_0 (h_1 - h'_2) = 56400(3306 - 437) = 161811600 \text{ кДж/ч.}$$

Расход топлива в котельной определяется по формуле

$$B = \frac{Q_{\text{к}}}{Q_{\text{н}}^{\text{р}} \eta_{\text{ку}}} = \frac{161811600}{25000 \cdot 0,86} = 7526 \text{ кг/ч.}$$

Задача 1.6

Для условий предыдущей задачи определить расход топлива, если вместо комбинированного производства тепловой и электрической энергии на ТЭЦ будет осуществлено раздельное производство электроэнергии на конденсационной установке, а тепловой – в котельной низкого давления. Конечное давление в конденсационной установке принять $p_2 = 0,004$ МПа, КПД котельной низкого и среднего давления 0,86.

Решение

По h - s -диаграмме находим $h_1 = 3306$ кДж/кг; $h_2 = 2095$ кДж/кг; $h'_2 = 120$ кДж/кг. Удельный расход пара на турбину определяем по формуле

$$d_0 = \frac{3600}{h_1 - h_2} = \frac{3600}{3306 - 2095} = 2,97 \text{ кг/кВт}\cdot\text{ч.}$$

Полный расход пара, потребляемого турбинами:

$$D_0 = d_0 N = 2,97 \cdot 12000 = 35673 \text{ кг/ч.}$$

Количество тепла, сообщенного пару в котельной:

$$Q_k = D_0 (h_1 - h'_2) = 35673(3306 - 120) = 113654178 \text{ кДж/ч.}$$

Расход топлива в котельной B_1

$$B_1 = \frac{Q_k}{Q_H^p \eta_{ку}} = \frac{113654178}{25000 \cdot 0,86} = 5286 \text{ кг/ч.}$$

Количество тепла, потребляемого производством:

$$Q_{пр} = D_0 (h_2 - h'_2) = 35673(2095 - 120) = 7286000 \text{ кДж/ч.}$$

Расход топлива, потребляемого производством:

$$B_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{к}}}{Q_{\text{н}}^{\text{р}} \eta_{\text{кв}}} = \frac{119286000}{25000 \cdot 0,86} = 5548 \text{ кг/ч.}$$

Суммарный расход топлива в обеих котельных

$$B_{\Sigma} = 5286 + 5548 = 10834 \text{ кг/ч.}$$

Коэффициент использования тепла топлива определяется как отношение всего полезного использования тепла ко всему затраченному. Тогда в случае комбинированного производства получим

$$K_{\text{к}} = \frac{3600N + Q_{\text{пр}}}{B_{\Sigma} Q_{\text{н}}^{\text{р}}} = \frac{3600 \cdot 12000 + 119286000}{7526 \cdot 25000} = 0,86.$$

В случае раздельного производства

$$K_{\text{р}} = \frac{3600N + Q_{\text{пр}}}{B_{\Sigma} Q_{\text{н}}^{\text{р}}} = \frac{3600 \cdot 12000 + 119286000}{10834 \cdot 25000} = 0,6.$$

Задача 1.7

Энергетическая характеристика турбины К300-240 имеет следующий вид:

$$Q = Q_{\text{хх}} + rN_{\text{и}} + r_{\text{пер}}(N_{\text{э}} - N_{\text{пи}}),$$

где $Q_{\text{хх}}$ – расход тепла на холостой ход, равный 150 ГДж;

$r = 7,1$ ГДж/МВт; $r_{\text{пер}} = 7,5$ ГДж/МВт – относительные приросты расхода тепла до точки излома $N_{\text{и}}$ и после точки излома $N_{\text{пи}}$;

$N_{\text{э}}$ – экономическая мощность, равная 250 МВт.

Определить полный Q_2 и удельный q расходы тепла на турбину при следующих значениях нагрузки: $N_1 = 0,8N$; $N_2 = N_{\text{пи}}$; $N_3 = N$.

Решение

$$N_1 = 0,8N = 0,8 \cdot 300 = 240 \text{ МВт};$$

$$N_2 = N_{\text{пн}} = 250 \text{ МВт};$$

$$N_3 = N = 300 \text{ МВт}.$$

$$Q_{T_1} = Q_{\text{xx}} + rN_1 = 150 + 7,1 \cdot 0,8 \cdot 300 = 1854 \text{ ГДж/ч};$$

$$Q_{T_2} = Q_{\text{xx}} + r_{\text{пер}}N_2 = 150 + 7,1 \cdot 250 = 1925 \text{ ГДж/ч};$$

$$\begin{aligned} Q_{T_3} &= Q_{\text{xx}} + rN_{\text{и}} + r_{\text{пер}}(N - N_{\text{и}}) = \\ &= 150 + 7,1 \cdot 250 + 7,5(300 - 250) = 2300 \text{ ГДж/ч}; \end{aligned}$$

$$q_1 = \frac{Q_{T_1}}{N_1} = \frac{1854}{240} = 7,725 \text{ ГДж/МВт} \cdot \text{ч};$$

$$q_2 = \frac{Q_{T_2}}{N_2} = \frac{1925}{250} = 7,7 \text{ ГДж/МВт} \cdot \text{ч};$$

$$q_3 = \frac{Q_{T_3}}{N_3} = \frac{2300}{300} = 7,67 \text{ ГДж/МВт} \cdot \text{ч}.$$

Задача 1.8

Определить часовой и удельный расходы тепла, а также КПД конденсационного турбоагрегата с дроссельным регулирование пара при нагрузке $N = 7$ МВт, если энергетическая характеристика имеет вид

$$Q_T = 13,4 + 15,2N, \text{ ГДж/ч}.$$

Решение

$$Q_T = 13,4 + 15,2N = 13,4 + 15,2 \cdot 7 = 119,8 \text{ ГДж/ч.}$$

$$q_T = \frac{Q_T}{P} = \frac{119,8}{7} = 17,11 \text{ ГДж/МВт};$$

$$\eta_T = \frac{3,6P}{Q_T} = \frac{3,6 \cdot 7}{119,8} = 0,21.$$

Задача 1.9

Энергетическая характеристика конденсационного турбоагрегата номинальной мощностью 25 МВт с обводным регулированием имеет вид

$$Q_T = 18,43 + 11,56N_{\text{пн}} + 14,37(N_3 - N_{\text{пн}}), \text{ ГДж/ч.}$$

Определить удельный расход тепла при нагрузке $N_{\text{пн}} = 21$ МВт, $N_3 = 25$ МВт.

Решение

$$Q_T = 18,43 + 11,56N_{\text{пн}} = 18,43 + 11,56 \cdot 21 = 261,2 \text{ ГДж/ч.}$$

$$q_T = \frac{Q_T}{N_{\text{пн}}} = \frac{261,2}{21} = 12,4 \text{ ГДж/МВт.}$$

$$\begin{aligned} Q_T &= 18,43 + 11,56N_{\text{пн}} + 14,37(N_3 - N_{\text{пн}}) = \\ &= 18,43 + 11,56 \cdot 21 + 14,37(25 - 21) = 318,67 \text{ ГДж/ч.} \end{aligned}$$

$$q_T = \frac{Q_T}{N_3} = \frac{318,67}{25} = 12,7 \text{ МВт.}$$

Задача 1.10

Энергетическая характеристика турбины К-300-240 имеет вид

$$Q_T = 180 + 7N_{\text{пи}} + 8(N_3 - N_{\text{пи}}).$$

Определить полный часовой расход тепла при нагрузках $N_1 = 0,8N_{\text{ном}}$, $N_3 = N_3$, $N_1 = N_{\text{ном}}$, $N_2 = 260$ МВт.

Решение

$$Q_T = 180 + 7 \cdot 0,8 \cdot 300 = 1860 \text{ ГДж/ч};$$

$$Q_T = 180 + 7 \cdot 250 = 1930 \text{ ГДж/ч};$$

$$Q_T = 180 + 7 \cdot 250 + 8(260 - 250) = 2010 \text{ ГДж/ч};$$

$$q_T = \frac{1860}{240} = 7,75 \text{ ГДж/МВт};$$

$$q_T = \frac{1930}{250} = 7,72 \text{ ГДж/МВт};$$

$$q_T = \frac{2010}{260} = 7,73 \text{ ГДж/МВт}.$$

2. НОРМИРОВАНИЕ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

На основе энергетических балансов и энергетических характеристик агрегатов разрабатываются нормы расходов энергоресурсов. Основная задача нормирования при планировании и в производстве состоит в обеспечении применения технически и экономически обоснованных, прогрессивных норм расхода топлива, тепловой и электрической энергии с целью осуществления режима экономии, рационального распределения и наиболее эффективного их использования.

Задача 2.1

Определить расход газового топлива для нагрева 3 л воды до температуры кипения, если начальная температура воды равна 15 °С, КПД газовой плиты $\eta_{\text{гп}} = 0,55$; теплота сгорания газа $Q_{\text{н}}^{\text{п}} = 34500$ кДж/м³.

Решение

$$Q_{\text{к}} = Gc\Delta t = 3 \cdot 4,19(100 - 15) = 1068,5 \text{ кДж.}$$

$$B = \frac{Q_{\text{к}}}{Q_{\text{н}}^{\text{п}} \eta_{\text{гп}}} = \frac{1068,5}{34500 \cdot 0,55} = 0,056 \text{ м}^3.$$

Задача 2.2

В термической печи производительностью 2 т/ч стальные детали подвергаются термообработке при температуре 800 °С. Определить часовой и удельный расходы топлива, если КПД печи 40 %; топливо – газ; $Q_{\text{н}}^{\text{п}} = 35000$ кДж/м³; теплоемкость металла $c = 0,46$ кДж/кг·°С, начальная температура деталей 20 °С.

Решение

Определяем часовой расход тепла:

$$Q_{\text{п}} = Gc\Delta t = 2000 \cdot 0,46(800 - 20) = 717600 \text{ кДж/ч.}$$

$$B_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{п}}}{Q_{\text{н}}^{\text{п}} \eta_{\text{гп}}} = \frac{717600}{35000 \cdot 0,4} = 51,26 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Удельный расход топлива

$$b = \frac{B_{\text{п}}}{G_{\text{п}}} = \frac{51,26}{2000} = 0,026 \text{ м}^3/\text{кг.}$$

Задача 2.3

Известны удельные расходы условного топлива на 1 ГДж, отпущенного от районной котельной и ТЭЦ, которые составляют $b_T^{p,k} = 43$ кг у.т./ГДж и $b_T^{TЭЦ} = 41$ кг у.т./ГДж. Годовой коэффициент теплофикации на ТЭЦ $\alpha_T^r = 0,85$. Средняя удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу на 1 ГДж, отпущенный из отборов турбин, $\bar{\alpha}_T = 130$ кВт·ч/ГДж. Средние удельные расходы топлива на 1 кВт·ч, выработанный по теплофикационному циклу на ТЭЦ, $b_T^{TЭЦ} = 0,170$ кг у.т./кВт·ч, по конденсационному циклу на ТЭЦ $b_k^{TЭЦ} = 0,350$ кг у.т./кВт·ч, на КЭС $b_k^{КЭС} = 0,335$ кг у.т./кВт·ч. Доля производства электроэнергии на ТЭЦ по теплофикационному циклу $x_T^{TЭЦ} = 0,8$.

Определить удельную экономию условного топлива на 1 ГДж, отпущенный от ТЭЦ, комбинированной электроэнергии и производства тепла на ТЭЦ.

Решение

Удельная экономия условного топлива на 1 ГДж

$$\Delta b = b_T^{p,k} - b_T^{TЭЦ} = 43 - 41 = 2 \text{ кг у.т./кВт·ч.}$$

Удельная экономия топлива за счет теплофикационного цикла ТЭЦ по сравнению с конденсационным циклом на КЭС

$$\begin{aligned} \Delta b_T^{TЭЦ} &= \alpha_T^r \bar{\alpha}_T (b_k^{КЭС} - b_T^{TЭЦ}) = \\ &= 0,85 \cdot 130 (0,335 - 0,170) = 18,23 \text{ кг у.т./ГДж.} \end{aligned}$$

Удельный перерасход топлива, отпущенного на 1 ГДж, за счет сниженной экономичности конденсационного цикла на ТЭЦ по сравнению с КЭС

$$\Delta b_k^{\text{ТЭЦ}} = \frac{\alpha_T \bar{\alpha}_T}{x_T^{\text{ТЭЦ}}} (1 - x_T^{\text{ТЭЦ}}) (b_k^{\text{ТЭЦ}} - b_k^{\text{КЭС}}) =$$

$$= \frac{0,85 \cdot 130}{0,8} (1 - 0,8) (0,350 - 0,335) = 0,41 \text{ кг у.т./ГДж.}$$

Тогда общая удельная экономия топлива составит

$$\Delta b_o = \Delta b + \Delta b_T^{\text{ТЭЦ}} - \Delta b_k^{\text{ТЭЦ}} = 2 + 18,23 - 0,41 = 19,82 \text{ кг у.т./ГДж.}$$

Задача 2.4

Производительность центробежного насоса $\Pi = 50 \text{ м}^2/\text{ч}$, его напор 24 м; число оборотов вала насоса $n_1 = 1450 \text{ мин}^{-1}$, потребляемая мощность $N_1 = 12 \text{ кВт}$. Как изменятся объемная производительность насоса Π , напор насоса и мощность, если к нему установить электродвигатель с числом оборотов $n_2 = 750 \text{ мин}^{-1}$?

Решение

Производительность насоса составит

$$\frac{\Pi_1}{\Pi_2} = \frac{n_1}{n_2};$$

напор

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2;$$

мощность

$$\frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^3.$$

Потребляемая насосом мощность составляет

$$N = \frac{\text{Пр}gH}{1000\eta}, \text{ кВт},$$

где Пр – объемная производительность насоса, $\text{м}^3/\text{с}$;

ρ – плотность жидкости, $\text{кг}/\text{м}^3$;

g – ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$;

H – напор, м ;

η – КПД насоса.

Задача 2.5

Определить годовой и удельный расход топлива электростанции мощностью 1000 МВт, коэффициент полезного действия ТЭС 38 %, теплотворная способность топлива

$$Q_{\text{H}}^{\text{p}} = 40000 \text{ кДж/кг}; \quad h_{\text{max}} = 6000 \text{ ч}.$$

3. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА

Производительность труда в отраслях материального производства определяется объемом валовой, товарной, чистой, реализуемой продукции, приходящимся на одного среднесписочного рабочего промышленно-производственного персонала в единицу времени.

Производительность труда

$$\text{Пр}_T = \frac{O_{\text{В}}}{n}, \quad \text{Пр}_T = \frac{O_{\text{Т}}}{n}, \quad \text{Пр}_T = \frac{O_{\text{Р}}}{n}, \quad \text{Пр}_T = \frac{O_{\text{Ч}}}{n}.$$

Объем валовой продукции

$$O_{\text{В}} = \sum_{i=1}^n (\text{П}_i \cdot \text{Ц}_i) + S_{\text{кр+м}} + S_{\text{у}} + S_{\text{нп}}.$$

Объем товарной продукции

$$O_T = \sum_{i=1}^n (\Pi_i \cdot Ц_i) + S_{кр+м} + S_y \cdot$$

Объем реализованной продукции

$$O_p = \sum_{i=1}^n (\Pi_i \cdot Ц_i) + S_{кр+м} + S_y \pm \Delta O \cdot$$

Объем чистой продукции

$$O_{ч} = \sum_{i=1}^n (\Pi_i \cdot Ц_i) - S_M - S_{ам} \cdot$$

Здесь Π – объем продукции;

$Ц$ – цена продукции;

$S_{кр+м}$ – капитальный ремонт и модернизация;

S_y – услуга сторонним организациям;

$S_{нп}$ – затраты на незавершенное производство;

n – численность персонала;

S_M – затраты на материалы;

$S_{ам}$ – амортизационные отчисления.

3.1. Объемы продукции по энергетическим производствам

Величина производительности труда зависит от затрат живого труда и затрат овеществленного труда. Для оценки уровня производительности труда применяются различные показатели, отличающиеся главным образом способами измерения произведенной продукции или объема работ. Поэтому признаку объем произведенной продукции сводят к трем методам расчета:

- 1) натуральному;
- 2) стоимостному;
- 3) трудовому.

При натуральном методе производительность труда определяется отношением общего объема продукции в натуральных единицах к среднесписочному составу работающих или трудоемкости ее изготовления:

$$\text{Пр}_T = \frac{O}{n}, \quad \text{Пр}_T = \frac{O}{T_{\text{тр}}},$$

где O – общий объем продукции в натуральных единицах, кг, м³ и т. д.;
 n – среднесписочный состав;
 $T_{\text{тр}}$ – затраты живого труда, чел/дни.

Натуральный метод прост, нагляден, приемлем для предприятий, вырабатывающих однородную продукцию. Для предприятий, выпускающих большой объем незавершенного производства, им пользоваться невозможно. Для этого применяют стоимостный метод. Сущность стоимостного метода состоит в том, что уровень производительности труда определяется отношением объемов валовой, чистой, реализованной продукции в неизменных оптовых ценах к численности персонала или затратам рабочего времени. *Основной недостаток*: показатель уровня производительности труда зависит от цен на продукцию, которая не соответствует трудоемкости ее изготовления, поэтому во многих отраслях используют *трудоуловый метод*, сущность которого состоит в том, что объем продукции выражается в неизменных единицах времени и делится на фактически затраченное время или число работников. Применение этого метода в некоторых отраслях затруднено из-за сложности определения трудоемкости.

Под *трудоуемкостью* понимают затраты труда на производство единицы продукции или работы:

$$t_{\text{тр}} = \frac{T}{O},$$

где T – фонд отработанного времени, чел/ч,
 $t_{\text{тр}}$ – трудоемкость;

O – объем продукции в натуральном выражении.

В процессе производства затрачивается труд различных работников, поэтому в зависимости от состава включаемых затрат различают следующие виды трудоемкости:

технологическую:

$$t_{\text{тр.техн}} = \frac{T_o}{O},$$

где T_o – затраты труда основных рабочих на единицу продукции;

O – объем продукции;

цеховую

$$t_{\text{тр.цех}} = \frac{T_o + T_B + T_{\text{ИТР+сл}}}{O};$$

общезаводскую

$$t_{\text{тр.зав}} = \frac{T_o + T_B + T_{\text{ИТР+сл}} + T_{\text{вспом}}}{O}.$$

В практике планирования различают нормативную трудоемкость – определяемую по нормам; фактическую – отражающую действительные затраты времени; плановую – по планам; проектную – включающую затраты труда по проекту.

3.2. Пути повышения производительности труда

Важнейшим фактором повышения производительности труда является НТП, совершенствование организации производства и труда, экономического стимулирования труда и управления производством, развитие соревнований, механизация и автоматизация производства.

Принципы организации труда:

ясная цель;

здоровый смысл – поставленная цель;

компетентный совет исполнителю;

дисциплина труда;

микроклимат в коллективе;
 четкий и ясный отчет о проделанной работе;
 четкое распределение труда между исполнителями;
 установление правильных норм и тарифов;
 нормальные условия труда;
 нормирование операций;
 соблюдение инструкций и техники безопасности;
 награда за высокую производительность труда.

Задача 3.1

КЭС 2400 МВт (8×300) вырабатывает за год $\varepsilon_v = 16,8 \cdot 10^9$ кВт·ч электроэнергии. Топливо мазут. Расход электроэнергии на собственные нужды $\Delta \varepsilon_{сн} = 3\%$. Штатный коэффициент $n_{шт} = 0,3$ чел/МВт. Общая удельная численность с учетом ремонтного и управленческого персонала $n_{шт}^{\Sigma} = 0,35$ чел/МВт. Коэффициент, учитывающий дополнительный выпуск валовой продукции, исключая электроэнергию (капремонт и др.), $\psi = 1,05$; $h_y = 7000$ ч, цена $C_3^H = 0,01$ у.е./кВт·ч. Рассчитать плановую производительность труда на КЭС по основной продукции в натуральном выражении W_H и по всей продукции в денежном выражении W_D .

Решение

Производительность труда эксплуатационного персонала КЭС в натуральном выражении по основной продукции

$$P_H^{тр} = \frac{\varepsilon_v}{n_{шт} N_y} = \frac{16,8 \cdot 10^9}{0,3 \cdot 2400} = 23,3 \cdot 10^6 \text{ кВт} \cdot \text{ч/чел} \cdot \text{год.}$$

Производительность труда промышленно-производственного персонала в денежном выражении с учетом выпуска всей продукции

$$\begin{aligned} \Pi_{\text{н}}^{\text{д}} &= \frac{Q_{\text{в}}}{n_{\text{шт}} N_{\text{у}}} = \frac{N_{\text{у}} h_{\text{у}} (1 - \Delta \varepsilon_{\text{сн}}) \Pi_{\text{г}}^{\text{н}} \psi}{n_{\text{шт}} \overline{N_{\text{max}}}} = \\ &= \frac{2400 \cdot 10^3 \cdot 7000 \cdot (1 - 0,03) \cdot 0,01 \cdot 1,05}{2400 \cdot 0,35} = 203700 \text{ у.е./чел}\cdot\text{год.} \end{aligned}$$

Задача 3.2

Цех в течение года должен произвести 500 т продукции. Отпускная цена за 1 т составляет 3000 у.е. Плановая численность работников цеха 100 чел. Общее рабочее время, которое должно быть отработано всеми работниками, 28000 чел/дней или 148000 чел/ч.

Определить: плановый показатель производительность труда в натуральном и денежном выражении на одного работающего за год, за 1 чел/день, за 1 чел/ч и плановую трудоемкость изготовления 1 т продукции за 1 чел/день, за 1 чел/ч.

Решение

Производительность труда за год по плану

$$\Pi_{\text{г}}^{\text{н}} = \frac{500}{100} = 5 \text{ т.}$$

$$\Pi_{\text{г}}^{\text{д}} = 5 \cdot 3000 = 15000 \text{ у.е.}$$

Производительность труда за 1 чел/день

$$\Pi_{\text{д}}^{\text{н}} = \frac{500}{28000} = 0,0178 \text{ т/дн.}$$

$$\Pi_{\text{д}}^{\text{д}} = 0,0179 \cdot 3000 = 53,57 \text{ у.е./день.}$$

Производительность труда за 1 чел/ч

$$П_{\text{ч}}^{\text{н}} = \frac{500}{148000} = 0,0034 \text{ т/ч.}$$

$$П_{\text{д}}^{\text{д}} = 0,0034 \cdot 3000 = 10,1 \text{ у.е./ч;}$$

Плановая трудоемкость изготовления 1 т продукции за 1 чел/день

$$T_{\text{д}} = \frac{28000}{500} = 56 \text{ чел-дней/т.}$$

Плановая трудоемкость изготовления 1 т продукции за 1 чел/ч

$$T = \frac{148000}{500} = 296 \text{ чел-ч/т.}$$

4. НОРМИРОВАНИЕ ТРУДА

Нормирование труда представляет собой процесс установления меры затрат труда, конкретным выражением которой являются нормы времени, выработки, обслуживания, численности.

Задача 4.1

Рассчитать норму штучного времени и норму выработки при периодическом режиме работы. Длительность смены 7 ч или 420 мин. Норма времени по элементам:

подготовительно-заключительное время $t_{\text{пз}} = 5$ мин/смену;

основное $t_{\text{о}} = 0,8$ мин/изделие;

обслуживания $t_{\text{об}} = 15$ мин/смену;

вспомогательное $t_{\text{в}} = 1,5$ мин/изделие;

отдых $t_{\text{от}} = 15$ мин/смену.

Решение

Оперативное время на одно изделие

$$t_{\text{оп}} = t_o + t_b = 0,8 + 1,5 = 2,3 \text{ мин/изделие.}$$

Общее время оперативной работы

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{см}} - t_{\text{пз}} - t_{\text{об}} - t_{\text{от}} = 420 - 5 - 15 - 15 = 385 \text{ мин.}$$

Время на обслуживание рабочего места, % от операционного, составит

$$\alpha_{\text{об}} = \frac{t_{\text{об}} 100}{T_{\text{оп}}} = \frac{15 \cdot 100}{385} = 3,90 \%$$

Время на отдых от оперативного времени составит

$$\alpha_{\text{от}} = \frac{t_{\text{от}} 100}{T_{\text{оп}}} = \frac{15 \cdot 100}{385} = 3,90 \%$$

Норма штучного времени

$$T_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} \left(1 + \frac{\alpha_{\text{об}} + \alpha_{\text{от}}}{100} \right) = 2,3 \left(1 + \frac{3,90 + 3,90}{100} \right) = 2,12 \text{ мин/изделие.}$$

Норма выработки

$$N_{\text{выр}} = \frac{T_{\text{см}} - t_{\text{пз}} - t_{\text{об}} - t_{\text{от}}}{T_{\text{шт}}} = \frac{420 - 5 - 15 - 15}{2,12} = 181 \text{ шт./смену.}$$

Задача 4.2

Производительность агрегата 2000 изделий в смену. Длительность аппаратного времени 60 мин. Время ручной работы 20 мин. Рассчитать норму обслуживания и норму выработки.

Решение

Норма обслуживания

$$N_{\text{обс}} = \frac{T_{\text{ап}}}{T_{\text{руч}}} + 1 = \frac{60}{20} + 1 = 4 \text{ агрегата.}$$

Норма выработки

$$N_{\text{выр}} = N_{\text{обс}} \cdot \Pi = 4 \cdot 2000 = 8000 \text{ изделий/смену.}$$

5. ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Ремонт – это процесс поддержания оборудования в работоспособном состоянии, улучшения эксплуатационных качеств и повышенной экономической эффективности его использования.

Задача 5.1

Определить численность персонала для проведения капитального и текущего ремонта водогрейного котла теплопроизводительностью 100 Гкал/час (116 МВт), а также нормы расхода необходимых материалов, структурный состав ремонтников, если трудоемкость капитального ремонта 7200 чел/ч, длительность простоя в капитальном ремонте $t_{\text{пр}}^{\text{кр}} = 20$ сут, трудоемкость текущего ремонта 1200 чел/ч, время простоя в текущем ремонте $t_{\text{пр}}^{\text{тр}} = 120$ ч.

Решение

Численность персонала для проведения капитального и текущего ремонтов

$$n_{\text{кр}} = \frac{T_{\text{кр}}}{t_{\text{пр}}^{\text{кр}}}; \quad n_{\text{тр}} = \frac{T_{\text{тр}}}{t_{\text{пр}}^{\text{тр}}}.$$

Запасы необходимых материалов $M = 0,01T_{\text{кр}}$.

Задача 5.2

Продолжительность ремонтного цикла котла 1 год. Длительность простоя котла в капитальном ремонте 25 сут, а в текущем и аварийном ремонте 6 сут. Определить время эксплуатационной готовности $t_{\text{эГ}}$ и коэффициент эксплуатационной готовности $r_{\text{эГ}}$.

Решение

Время эксплуатационной готовности

$$t_{\text{эГ}} = T_{\text{рц}} - t_{\text{кр}} - t_{\text{тр}} - t_{\text{ар}}.$$

Коэффициент эксплуатационной готовности

$$r_{\text{эГ}} = \frac{t_{\text{эГ}}}{T_{\text{рц}}}.$$

Задача 5.3

Плановая себестоимость 1 т продукции составляет 30 у. е., в том числе переменные расходы составляют 25 у. е./т, постоянные расходы 5 у. е./т. Плановый выпуск продукции 4000 т. Определить изменение себестоимости 1 т продукции и годового выпуска при условии:

плановое задание выполнено на 110 %;

плановое задание выполнено на 90 %.

Цены и расход материалов остаются без изменений.

Решение

Плановое задание выполнено на 110 %; выпуск продукции составит

$$4000 \cdot 1,1 = 4400 \text{ т/год.}$$

Сумма переменных расходов при выпуске 4400 т/год составит

$$4400 \cdot 25 = 110000 \text{ у.е./год.}$$

Условно-постоянные расходы

$$4000 \cdot 5 = 20000 \text{ у.е./год.}$$

Себестоимость 1 т продукции

$$\bar{S} = \frac{110000 + 20000}{4400} = 29,5 \text{ у.е./т.}$$

Плановое задание выполнено на 90 %; выпуск продукции 3600 т/год. Сумма переменных расходов при выпуске 3600 т/год

$$3600 \cdot 25 = 90000 \text{ у.е./год.}$$

Условно-постоянные расходы

$$4000 \cdot 5 = 20000 \text{ у.е./год.}$$

Себестоимость 1 т продукции

$$\bar{S} = \frac{90000 + 20000}{3600} = 30,5 \text{ у.е./т.}$$

Задача 5.4

Бригада из шести человек производит ремонт технологической установки. Состав бригады: один слесарь 6-го разряда, два слесаря 5-го разряда, три слесаря 4-го разряда. Один слесарь 5-го разряда отработал 175 ч, один слесарь 4-го разряда отработал 161 ч, остальные – по 182 ч. Сдельная расценка за ремонт установки составляет 15000 у.е. Определить заработную плату каждого работника.

Решение

Заработная плата каждого работника определяется следующим образом: тарифный коэффициент, соответствующий разряду рабочего, умножается на количество времени отработанного каждым работником бригады, затем определяется общая сумма тарифокоэффициентов часов $T_{кч}$ по бригаде, после чего определяется стоимость 1 тарифокоэффициент-часа $1_{Ткч}$. В таблице представлены тарифные коэффициенты.

Разряд	6	5	4
Тарифный коэффициент m	2,31	2,03	1,178

$$T_{кч} = mt.$$

Тарифокоэффициент-ч слесаря 6-го разряда

$$T_{кч} = mt = 2,31 \cdot 182 = 420 .$$

Тарифокоэффициент-ч слесаря 5-го разряда

$$T_{кч} = mt = 2,03 \cdot 182 = 370 .$$

Тарифокоэффициент-ч слесаря 5-го разряда

$$T_{кч} = mt = 2,03 \cdot 175 = 356 .$$

Тарифокоэффициент-ч слесаря 4-го разряда

$$T_{кч} = mt = 1,78 \cdot 182 = 324 .$$

Тарифокоэффициент-ч слесаря 4-го разряда

$$T_{кч} = mt = 1,78 \cdot 182 = 324 .$$

Тарифкоэффициент-ч слесаря 4-го разряда

$$T_{\text{кч}} = mt = 1,78 \cdot 161 = 288 .$$

$$\Sigma T_{\text{кч}} = 420 + 370 + 356 + 324 + 324 + 287 = 2081 .$$

Стоимость 1 тарифкоэффициент-ч

$$I_{\text{Ткч}} = 15000 / 2092 = 7,2 ,$$

тогда: заработок слесаря 6-го разряда

$$\text{ЗП} = T_{\text{кч}} I_{\text{Ткч}} = 7,2 \cdot 420 = 3027 ;$$

заработок слесаря 5-го разряда

$$\text{ЗП} = T_{\text{кч}} \cdot I_{\text{Ткч}} = 7,2 \cdot 370 = 2664 ;$$

заработок слесаря 5-го разряда

$$\text{ЗП} = T_{\text{кч}} \cdot I_{\text{Ткч}} = 7,2 \cdot 356 = 2563 ;$$

заработок слесаря 4-го разряда

$$\text{ЗП} = T_{\text{кч}} I_{\text{Ткч}} = 7,2 \cdot 324 = 2333 ;$$

заработок слесаря 4-го разряда

$$\text{ЗП} = T_{\text{кч}} I_{\text{Ткч}} = 7,2 \cdot 324 = 2333 ;$$

заработок слесаря 4-го разряда

$$\text{ЗП} = T_{\text{кч}} I_{\text{Ткч}} = 7,2 \cdot 287 = 2066 .$$

Общая сумма выплат

$$3027 + 2664 + 2563 + 2333 + 2333 + 2066 = 14986 \text{ у.е.}$$

остаток 11 у.е.

6. ЛИНЕЙНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

6.1. Постановка задачи линейного программирования

Задача линейного программирования (ЗЛП) в общем виде записывается следующим образом:

$$F = \sum_{j=1}^n c_j \cdot x_j \rightarrow \max (\min). \quad (6.1)$$

Каждой задаче линейного программирования (ЗЛП) может быть поставлена в соответствие другая вполне определенная ЗЛП, такая, что при решении одной из них одновременно решается и другая. Эти задачи названы парой взаимодвойственных задач.

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j \leq b_i, \quad i = \overline{1, k}, \quad k \leq m; \\ \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j = b_i, \quad i = \overline{k+1, m}; \\ x_j \geq 0, \quad j = \overline{1, l}, \quad l \leq n. \end{array} \right. \quad (6.2)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j \leq b_i, \quad i = \overline{1, k}, \quad k \leq m; \\ \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j = b_i, \quad i = \overline{k+1, m}; \\ x_j \geq 0, \quad j = \overline{1, l}, \quad l \leq n. \end{array} \right. \quad (6.3)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j \leq b_i, \quad i = \overline{1, k}, \quad k \leq m; \\ \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j = b_i, \quad i = \overline{k+1, m}; \\ x_j \geq 0, \quad j = \overline{1, l}, \quad l \leq n. \end{array} \right. \quad (6.4)$$

Любой ЗЛП (6.1)–(6.4) можно поставить в соответствие двойственную задачу вида

$$f = \sum_{i=1}^m b_i \cdot y_i \rightarrow \min (\max); \quad (6.5)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^m a_{ij} \cdot y_i \geq c_j, \quad j = \overline{1, k}; \\ \sum_{i=1}^m a_{ij} \cdot y_i = c_j, \quad j = \overline{k+1, n}; \\ y_i \geq 0, \quad i = \overline{1, s}. \end{array} \right. \quad (6.6)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^m a_{ij} \cdot y_i \geq c_j, \quad j = \overline{1, k}; \\ \sum_{i=1}^m a_{ij} \cdot y_i = c_j, \quad j = \overline{k+1, n}; \\ y_i \geq 0, \quad i = \overline{1, s}. \end{array} \right. \quad (6.7)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^m a_{ij} \cdot y_i \geq c_j, \quad j = \overline{1, k}; \\ \sum_{i=1}^m a_{ij} \cdot y_i = c_j, \quad j = \overline{k+1, n}; \\ y_i \geq 0, \quad i = \overline{1, s}. \end{array} \right. \quad (6.8)$$

В формулах (6.1)–(6.8) x_j – неизвестные величины;

a_{ij}, b_i, c_j – заданные действительные числа;

(6.1) – целевая функция;

(6.2), (6.3) – основные ограничения задачи;

(6.4) – неосновные ограничения;

y_i имеет произвольный знак для $i = s + 1, m$.

Для решения задач ЛП могут быть использованы графический метод, симплекс-метод, метод искусственного базиса, модифицированный симплекс-метод и двойственный симплекс-метод.

6.2. Правила составления двойственных задач

1. Число неизвестных одной задачи равно числу ограничений второй.

2. Матрицы коэффициентов системы ограничений получаются одна из другой путем транспонирования.

3. Знаки неравенств в системе ограничений заменяют на противоположные, например \leq на \geq и наоборот.

Свободные члены ограничений исходной задачи становятся коэффициентами целевой функции двойственной задачи, и, наоборот, коэффициенты целевой функции исходной задачи преобразуются в свободные члены ограничений двойственной.

Критерий оптимальности целевой функции заменяется на противоположный, например, \max на \min .

6.3. Анализ линейных моделей на чувствительность (устойчивость)

Анализ линейных моделей на чувствительность – это процесс, реализуемый после нахождения оптимального решения. При таком анализе рассматривается комплекс линейных оптимизационных моделей. Это придает задаче определенную динамичность и позволяет проанализировать влияние возможных изменений исходных данных на полученное ранее оптимальное решение.

Неизбежное колебание значений таких экономических параметров, как цены на продукцию и сырье, запасы сырья, спрос на рынке и т. д., может привести к неоптимальности или непригодности

прежнего режима работы. Для учета подобных ситуаций проводится анализ чувствительности, т. е. анализ того, как возможные изменения параметров исходной модели повлияют на полученное ранее оптимальное решение задачи ЛП.

Отсутствие такого анализа может привести к тому, что полученное оптимальное решение устареет еще до своей реализации.

Основные задачи анализа на чувствительность

1. Анализ изменения запасов ресурсов позволяет ответить на вопросы:

– насколько можно увеличить запас некоторого дефицитного ресурса с целью улучшения значения целевой функции?;

– насколько можно уменьшить запас некоторого недефицитного ресурса с сохранением полученного ранее оптимального значения целевой функции?

Если ресурс израсходован полностью, его относят к разряду *дефицитных*. Ресурс в избытке называют недефицитным. Объем недефицитного ресурса можно уменьшить на величину избытка без изменения значения целевой функции. Объем дефицитного ресурса не следует увеличивать сверх того предела, когда соответствующее ему ограничение становится избыточным.

2. Определение наиболее выгодного ресурса позволяет ответить на вопрос: какому из дефицитных ресурсов следует отдать предпочтение при вложении дополнительных средств? Вводится характеристика ценности единицы ресурса

$$y_i = \frac{\text{Максимальное приращение целевой функции}}{\text{Максимальный допустимый прирост } i\text{-го ресурса}}, \quad (6.9)$$

где y_i – теневая цена ресурса (стоимость единицы ресурса).

Теневая цена показывает, насколько изменится значение целевой функции при изменении запаса ресурса на единицу, и позволяет определить статус ресурса. У недефицитного ресурса теневая цена равна нулю, положительное значение теневой цены говорит о дефицитности данного ресурса.

Значение теневой цены ресурсов – это решение задачи, двойственной к данной.

3. Определение пределов изменения коэффициентов целевой функции дает ответ на вопросы:

– каков диапазон изменения того или иного коэффициента ЦФ, при котором не происходит изменение оптимального решения?;

– насколько следует изменить тот или иной коэффициент ЦФ, чтобы сделать дефицитный ресурс недефицитным и наоборот?

Задача 6.1

Машиностроительный завод производит два вида продукции: вентиляторы и насосы. Цех по сборке вентиляторов имеет мощность 100 тыс. штук в год, цех по сборке насосов – 40 тыс. Механические цеха завода оснащены взаимозаменяемым оборудованием, и одна группа цехов может производить либо детали для 120 тыс. вентиляторов, либо детали для 50 тыс. насосов, либо любую комбинацию, ограниченную этими данными. Другая группа механических цехов может выпустить детали для 80 тыс. вентиляторов, либо для 60 тыс. насосов или допустимую их комбинацию. В результате реализации каждой тысячи вентиляторов завод получает прибыль в 2 тыс. у.е., а каждой тысячи насосов – 3 тыс. у.е.

Найти такое сочетание производства продукции, которое обеспечивает наибольшую сумму прибыли.

Решение

Обозначим через x_1 и x_2 соответственно количество вентиляторов и насосов, выпускаемых заводом в год (в тыс. штук). В соответствии с планом целевая функция будет иметь вид

$$f = 2x_1 + 3x_2 \rightarrow \max .$$

С учетом возможности сборочных цехов завода необходимо, чтобы

$$x_1 \leq 100 ; x_2 \leq 40 .$$

Анализируя возможности механических цехов, следует учесть, что при выпуске обоих видов продукции должно соблюдаться условие пропорциональности количества продукции данного вида доле производственной мощности, занятой ее выпуском. Если преду-

сма­три­ва­ет­ся вы­пуск 1000 вен­ти­ля­то­ров (е­ди­ниц про­дук­ции пер­во­го ви­да), то до­ля за­ня­той про­из­вод­ствен­ной мощ­но­сти ме­ха­ни­че­ских це­хов пер­вой груп­пы со­ставит $1/120$ всей их мощ­но­сти, при­ни­ма­е­мой за е­ди­ни­цу; на вы­пуск x_1 ты­сяч вен­ти­ля­то­ров по­тре­бу­ет­ся за­нять $1/120 \cdot x_1$ всей мощ­но­сти.

По­доб­ным об­ра­зом для про­из­вод­ства x_2 ты­сяч на­со­сов не­об­хо­ди­мо вы­де­лить $1/50 \cdot x_2$ всей мощ­но­сти, по­это­му для ре­а­ли­за­ции пла­на $(x_1; x_2)$ сле­ду­ет пре­дус­мо­т­ре­ть

$$1/120 \cdot x_1 + 1/50 \cdot x_2$$

мощ­но­сти ме­ха­ни­че­ских це­хов пер­вой груп­пы. Так как в про­из­вод­ствен­ном про­цес­се мо­жет быть ис­поль­зо­ва­но не бо­лее всей на­лич­ной про­из­вод­ствен­ной мощ­но­сти рас­сма­три­ва­е­мых це­хов, по­это­му

$$(1/120 \cdot x_1 + 1/50 \cdot x_2) \leq 1.$$

По­доб­ным об­ра­зом по­лу­чим ог­ра­ни­че­ние по про­из­вод­ствен­ной мощ­но­сти ме­ха­ни­че­ских це­хов вто­рой груп­пы:

$$(1/80 \cdot x_1 + 1/60 \cdot x_2) \leq 1.$$

Так как ог­ра­ни­че­ния це­ле­вой функ­ции за­пи­са­ны в сим­мет­рич­ной фор­ме, то для ее ре­ше­ния урав­не­ния ог­ра­ни­че­ний сле­ду­ет за­пи­сать в ка­но­ни­че­ской фор­ме. Для это­го в ка­ж­дое из урав­не­ний ог­ра­ни­че­ний сле­ду­ет вклю­чить по од­но­му е­ди­нич­но­му век­то­ру и, поль­зу­ясь сим­плекс-ме­то­дом (ме­то­дом по­сле­до­ва­тель­но­го улу­чше­ния пла­на), за­пи­сать за­да­чу в ви­де жор­дан­о­вой та­б­ли­цы.

СП \ БП	1	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_5
0	100	1	0	1	0	0	0
0	40	0	1	0	1	0	0
0	1	1/120	1/50	0	0	1	0
0	1	1/80	1/60	0	0	0	1
f	0	-2	-3	0	0	0	0

Дан­ную за­да­чу мо­жно ре­шать так­же гра­фиче­ским ме­то­дом.

Задача 6.2

Для изготовления топливных брикетов двух сортов завод использует торф, уголь и древесные опилки, запасы которых составляют соответственно 90 тыс., 40 тыс. и 30 тыс. т. Расход каждого вида топливных ресурсов (в частях) для изготовления 1 т брикетов, а также прибыль, получаемая от реализации 1 т брикетов, приведены в таблице.

Ресурсы	Расход сырья в частях на 1 т брикета	
	1-й сорт	2-й сорт
Торф	4	2
Уголь	2	1
Опилки	1	1
Прибыль	6	5

Решение

x_1 – первый сорт; x_2 – второй сорт.

Целевая функция

$$f = 6x_1 + 5x_2 \rightarrow \max.$$

Ограничения

$$4x_1 + 2x_2 = 90;$$

$$2x_1 + x_2 = 40;$$

$$x_1 + x_2 = 30.$$

Задача 6.3

Из города С в город D необходимо перевезти энергетическое оборудование трех типов: 90 единиц I типа, 80 единиц II типа и 150 единиц III типа. Для перевозки оборудования предприятие может использовать два вида транспорта: А и Б. Количество оборудования каждого типа, вмещаемого на определенный вид транспорта, а также сменные затраты, связанные с эксплуатацией (в доле), приведены в таблице.

Тип оборудования	Количество оборудования для вида транспорта	
	А	Б
I	3	2
II	4	1
III	3	15
Затраты	8	12

Спланировать перевозки так, чтобы транспортные расходы были минимальными.

Решение

Обозначим через x_1 – оборудование, перевозимое транспортом А, x_2 – оборудование, перевозимое транспортом Б. Тогда

$$f = 8x_1 + 12x_2 \rightarrow \min .$$

$$3x_1 + 2x_2 \geq 90;$$

$$4x_1 + x_2 \geq 80;$$

$$3x_1 + 15x_2 \geq 150.$$

Задача 6.4

Для изготовления соединительных устройств необходимо разрезать медные полосы длиной 200 см на заготовки трех типов: А, Б и В, длиной соответственно 55, 80 и 100 см для производства 50 изделий. На каждое изделие требуется по четыре заготовки типов А и Б и пять заготовок типа В. Известны пять способов раскроя одной полосы. Количество заготовок, нарезаемых из одной полосы каждым способом раскроя, представлено в таблице.

Способ раскроя	Количество заготовок типа		
	А	Б	В
I	3	–	–
II	2	1	–
III	1	–	1
IV	–	2	–
V	–	1	1

Определить, какое количество полос для изготовления 50 изделий следует разрезать каждым способом, чтобы отходы от раскроя были наименьшими.

Решение

Обозначим через x_j количество полос, раскраиваемых j -м способом.

Для производства 50 изделий необходимо $4 \cdot 50 = 200$ заготовок типа А, 200 – типа Б и $5 \cdot 50 = 250$ – типа В.

Определим величины отходов при раскрое одной полосы по каждому из способов.

При I способе

$$200 - (55 \cdot 3) = 35 \text{ см};$$

при в II способе

$$200 - (55 \cdot 2 + 80) = 10 \text{ см};$$

при III способе

$$200 - (55 + 100) = 45 \text{ см};$$

при IV способе

$$200 - (2 \cdot 80) = 40 \text{ см};$$

при V способе

$$200 - (80 + 100) = 20 \text{ см}.$$

Суммарную величину отходов можно выразить в виде целевой функции

$$f = 35x_1 + 10x_2 + 45x_3 + 40x_4 + 20x_5 \rightarrow \min .$$

Уравнения ограничений

$$3x_1 + 2x_2 + x_3 = 200;$$

$$x_2 + 2x_4 + x_5 = 200;$$

$$x_3 + x_5 = 250.$$

Экономико-математическая модель записана в канонической форме, поэтому можно составить симплекс-таблицу и найти опорный план по известным методам.

СП БП	1	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
0	200	3	2	1	0	0
0	200	0	1	0	2	0
0	250	0	0	1	0	1
f	0	-35	-10	-45	-40	-20

Методом жорданова исключения, перебрасывая нули из столбца базисных переменных в строку свободных переменных, получаем опорный план. В ходе жордановых исключений столбцы под «переброшенными» вверх таблицы нулями (разрешающие столбцы) можно вычеркивать. Вычеркиваются также строки, состоящие из одних нулей.

Полученный начальный опорный план $\overline{x_0}$ исследуется на оптимальность: если в f -строке при максимизации целевой функции нет отрицательных элементов (не считая свободного члена) – план оптимален.

Признаком оптимальности опорного плана задачи минимизации является отсутствие положительных элементов в f -строке симплекс-таблицы, содержащей опорный план.

Задача 6.5

Эндогаз, используемый для термообработки, должен содержать девять единиц компоненты A_1 , восемь единиц компоненты A_2 и не менее 12 единиц компоненты A_3 . Для получения эндогаза используется смесь, состоящая из трех компонент. Состав двух сортов газа, B_1 и B_2 , и его стоимость представлены в таблице.

Компоненты	Количество единиц компонент в 1 м ³	
	B_1	B_2
A_1	3	1
A_2	1	2
A_3	1	6
Стоимость 1 м ³ B_1 и B_2	4	6

Необходимо определить расход каждой компоненты газа, причем затраты должны быть минимальными.

7. СЕТЕВЫЕ МЕТОДЫ ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ

Сетевые методы управления (СПУ ИЛИ PERT) предназначены для управления деятельностью коллективов людей с целью достижения определенного конечного эффекта. Эти методы основываются на использовании в качестве модели процесса сетевого графика.

Система СПУ начала применяться в 1958 г. в США.

Методы СПУ нашли применение в процессах планирования и управления благодаря следующим преимуществам:

1. Применение СПУ основано на базе логической и математической организации работы, дает значительную экономию сил, средств и времени и обеспечивает планирование и контроль сложных разработок одновременно в нескольких направлениях; в инженерном деле позволяет экономить время и средства.

2. СПУ обеспечивает наглядное восприятие и изображение планов, разработанных как в целом, так и по частям. Сетевые графики позволяют количественно измерить меру неопределенности.

3. СПУ на стадии планирования позволяет четко отобразить объем решения задачи, выявить с любой степени детализации работы, входящие в разработку, установить взаимосвязь между этими работами, определить события, свершение которых необходимо для достижения поставленных частной и конечной цели, четко распределить обязанности между сотрудниками, исключить пропуск работы.

4. СПУ при планировании позволяют шире использовать опытных, наиболее компетентных и подготовленных исполнителей работ, заблаговременно находить скрытые резервы.

5. СПУ дает возможность применить простую методику внесения уточнений и дополнений к планам разработки. Таким образом,

СПУ позволяет получить обоснованные ответы на наиболее важные вопросы, возникшие в процессе планирования и координации многих разработок. Метод СПУ наиболее эффективен в сложных разработках. Он имеет непосредственное отношение к науке при оптимальном управлении сложными динамическими системами. Всякое управление предполагает наличие объекта управления управляемой системы, окружающей среды, условия обстановки, системы или устройства, воздействующих на объект управления.

Под объектом управления следует понимать коллективы, участвующие в разработке.

Сложность управления системой характеризуется количеством элементов, характером и численностью связей между ними, а также числом различных состояний, в которых не находится система.

Под окружающей средой понимается внешние воздействие на объект управления, т. е. условия, в которых будет находиться объект.

Под управлением системой понимается орган управления, имеющий разветвленную сеть органов управления.

Управляющие системы могут быть классифицированы по назначению, параметрам управления, техническому уровню и видам моделей.

По назначению управляющие системы бывают одноцелевые и многоцелевые.

Одноцелевая система характеризуется комплексом действий, направленных на достижение одной определенной цели, хотя в этом могут принимать участие много отдельных исполнителей.

Многоцелевые применяются при необходимости управления большим рядом подразделений, преследующих различные цели в едином комплексе задач.

Под системами, классифицируемыми по параметрам управления, понимают системы, в основу которых берутся только параметры времени или сочетание тех или иных параметров: время, стоимость, ресурсы, технико-экономические показатели.

7.1. Основы построения сетевых моделей

Сетевые методы планирования и управления (СПУ) предназначены для управления деятельностью коллектива людей с целью достижения определенного конечного результата. Сетевая модель

представляет собой графическое изображение комплекса взаимосвязанных работ, выполняемых в определенной последовательности.

График СПУ состоит из следующих элементов: работа, событие, путь.

Работы обозначаются стрелками, события – кружками. Непрерывная последовательность взаимосвязанных работ в сетевом графике образует путь, продолжительность которого равна сумме продолжительностей работ, образующих рассматриваемый путь. Последовательность взаимосвязанных работ от начального до конечного события образует полный путь. Путь, суммарная продолжительность работ на котором будет максимальной, называется *критическим путем*.

Все работы, лежащие на критическом пути, называется критическими (не имеют резерва времени).

Пути, близкие к критическому, называется *подкритическими*.

Сетевые графики, связанные с элементами неопределенности, делятся на детерминированные и стохастические.

Под детерминированными понимаются графики, в которых нет неопределенности.

Под стохастическими – графики, в которых есть неопределенности.

7.2. Порядок построения сетевых графиков

События в сетевом графике отмечают факт начала и окончания работ. Они не имеют продолжительности во времени. По роли в сетевом графике различают:

- исходное (начальное) событие, ему не предшествует ни одна работа;
- завершающее (конечное) событие, отображающее факт достижения конечной цели, после которого не проводится ни одна работа;
- промежуточные события фиксируют окончание предшествующих и начало последующих работ.

Сеть, имеющая одно завершающее событие, является одноцелевой. В зависимости от количества входящих работ различают события простые и сложные. Сложное событие имеет две и более входящие работы и считается свершившимся, если окончены все работы, входящие в него.

Исходное событие имеет нулевой номер, а все последующие нумеруются в возрастающем порядке.

События обозначаются кружком, квадратом, эллипсом и разделяются на четыре сектора, в которых порядковый номер события (левый сектор) – ранний срок начала работы; правый сектор – поздний срок свершения работы; нижний сектор – номер предшествующего события, от которого зависят данные.

Работы – это определенные процессы, связанные с затратами времени, ресурсов и т.д.

Ожидание – это процесс, требующий по технологическим или организационным причинам только затрат времени (но не труда или ресурсов).

Ожидание изображается сплошной стрелкой.

Фиктивная работа (логическая связь) служит только для обозначения логических связей между окончанием одних и началом других работ и изображается пунктирной стрелкой.

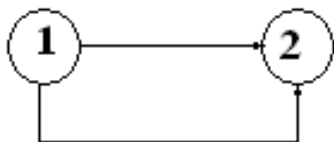
Каждая работа имеет одно начальное и одно конечное событие и определяется однозначно с помощью кодов. Код работы состоит из номера начального события работы и ее конечного события.

7.3. Проверка правильности составления сетевого графика

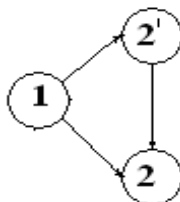
После составления сетевого графика нужна проверка. При проверке выясняют, нет ли в графике работ, имеющих одинаковые коды, особенно для параллельных работ.

Если такие работы имеются, то вводятся дополнительные события и фиктивные работы. Затем проверяется, нет ли на графике тупиковых событий, т. е. событий, от которых не начинается ни одна работа, кроме завершающего события. Если такие события обнаружены, то работы, входящие в такие события, и сами события необходимо исключить.

Параллельная работа:



неправильно



правильно

7.4. Методы расчета сетевых графиков

7.4.1. Определение продолжительности работы

Продолжительность каждой работы по времени проставляется в процессе составления сети. Правильность проставления временных характеристик имеет первостепенное значение.

Временные оценки работ берутся:

1) из опыта. Используются статистические данные, полученные опытным путем;

2) вероятностных методов получения вероятностных значений, для чего используются три оценки: оптимистические, пессимистические, наиболее вероятностные.

Оптимистическая оценка – это наименьшая из возможных продолжительностей работы, т. е. времени, в течение которого работа может быть выполнена при наиболее благоприятном стечении обстоятельств t_{\min} .

Пессимистическая оценка – это наибольшая из возможных по опыту исполнителя продолжительность работы t_{\max} .

Наиболее вероятная оценка – это возможное время выполнения данной работы, при условии, что не возникает неожиданных трудностей $t_{н.в}$.

Из этих трех работ формируется средняя продолжительность работы:

$$t_{\text{cp}} = \frac{t_{\min} + 4t_{\text{н.в}} + t_{\max}}{6}$$

или

$$t_{\text{cp}} = \frac{3t_{\min} + 2t_{\max}}{5}.$$

Чтобы быть уверенным в значении ожидаемого времени работ, необходимо знать, какую ошибку мы допускаем в своей оценке. Для оценки меры возможных отклонений от ожидаемого значения пользуются суммой произведений квадратов разности случайных величин.

Случайные величины могут быть прерывными и непрерывными.
Для прерывных величин

$$D(x) = \sum_{i=1}^n (x_i - m)^2 p_i .$$

В практике используется

$$D^2 = \sigma^2 = \left(\frac{t_{\max} - t_{\min}}{6} \right)^2 ,$$

где x – значение случайной величины;

m – математическое ожидание случайной величины;

p_i – вероятность получения случайной величины;

σ – дискретность.

7.4.2. Расчет параметров сетевого графика

Когда сеть составлена и сшита, расчет параметров сетевого графика заключается в определении ранних и поздних сроков совершения события, времени раннего и позднего окончания работы, критического пути, всех видов резервов работы: полного, частного.

В стохастические сети кроме этого входит определение узловых событий или всего процесса в расчетное время.

Существуют три метода расчета графиков:

1 – аналитический;

2 – графический;

3 – табличный.

В аналитический метод входит определение:

t_{i-j} – продолжительности работы;

t_{h-i} – продолжительности предшествующей работы;

t_{j-k} – продолжительности последующей работы;

t_{pi} – времени раннего совершения работы;

t_{pi} – времени позднего совершения работы;

$t_{pk(i-j)}$ – времени раннего начала работы;

$t_{\text{пн}(i-j)}$ – времени позднего совершения работы;

$t_{\text{ро}(i-j)}$ – времени раннего окончания работы;

$t_{\text{по}(i-j)}$ – времени позднего окончания работы;

$L_{1(i)}$ – максимума пути, предшествующего событию i ;

$L_{2(i)}$ – максимума пути, следующего за событием i ;

$t_{\text{кр}}$ – критического пути – это наибольшая продолжительность путей;

p_2 – полного резерва времени пути;

p_i – резерва времени события;

R – полного резерва времени события:

$$R = t_{\text{пн}i} - t_{\text{р}(i)} ;$$

r – частного резерва времени события:

$$r = t_{\text{р}(j)} - t_{\text{р}(i)} - t_{i-j}.$$

Коэффициент напряженности работ

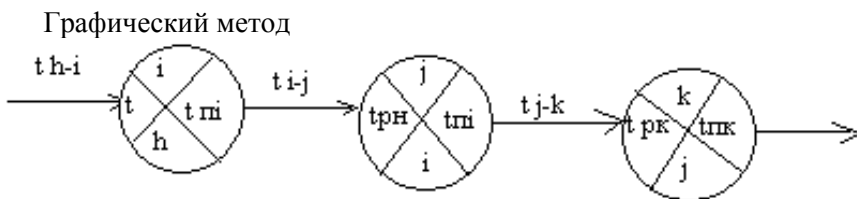
$$k_{\text{н}(i-j)} = \frac{t_{L(\text{max})} - t_{\text{кр}(L)}}{t_{\text{кр}} - t_{\text{кр}(L)}}.$$

У работ с большим коэффициент напряженности работ сроки их выполнения более жесткие.

Коэффициент свободы

$$k_{\text{с}(i-j)} = \frac{t_{\text{р}(i-j)} - t_{\text{р}(i)}}{t_{(i-j)}}.$$

Если $k_{\text{с}(i-j)} > 1$, то у работы есть резерв свободного времени, если $k_{\text{с}(i-j)} < 1$, то резерва свободного времени нет.



Табличный метод. Табличный метод расчетов состоит в том, что на основе составленного сетевого графика заполняется расчетная таблица, по которой, используя специальный порядок действия (алгоритм), рассчитывают все параметры сетевых графиков.

Начальное событие	Конечное событие	Раннее начатые работы	Продолжительность работ	Раннее окончание	Позднее начало	Позднее окончание	Полный резерв времени	Частный резерв времени

7.4.3. Оптимизация сетевых графиков

События, лежащие на критическом пути, не имеют запаса времени.

Оптимизацию сети можно проводить по разным критериям: стоимости, ресурсам, времени.

Необходимость оптимизации сети по ресурсам может возникнуть при решении широкого круга задач – распределения сил и средств, материально-технического обеспечения, планирования подготовки работ.

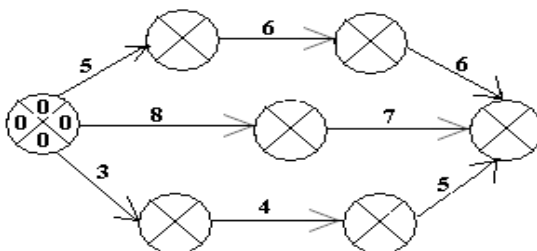
Оптимизация сетевого графика осуществляется по шагам:

- 1 – рассчитывается исходный график. Расчет производится табличным способом;
- 2 – на основе сетевого графика составляется линейный график;
- 3 – рассматриваются работы, которые имеют частные резервы времени.

Эти работы можно удлинить без ущерба для окончания завершающих событий.

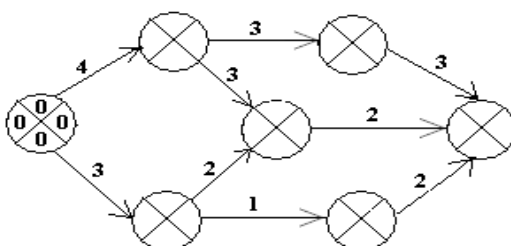
Задача 7.1

Рассчитать сетевой график



Задача 7.2

Рассчитать сетевой график



8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК МЕЖДУ АГРЕГАТАМИ

Существует ряд методов распределения нагрузок между параллельно работающими агрегатами. Применяются методы нелинейного программирования, метод множителей Лагранжа, метод динамического программирования. Рассмотрим метод множителей Лагранжа:

$$F = N_1 + N_2 + \dots + N_n + \lambda \left[N_{\text{пот.1}} + N_{\text{пот.2}} + \dots + N_{\text{пот.i}} - \sum N_{\text{пот.i}} \right];$$

$$\frac{\partial F}{\partial N_1} = 0,$$

$$\frac{\partial N_1}{\partial N_{\text{пот. 1}}} = \lambda,$$

$$\lambda = r,$$

$$\frac{\partial F}{\partial N_{\text{пот. } i}} = 0$$

$$\frac{\partial N_2}{\partial N_{\text{пот. 2}}} = \lambda,$$

где $N_1 - N_n$ – энергетические характеристики отдельных агрегатов;

$N_{\text{пот.1}} - N_{\text{пот.}i}$ – мощности отдельных агрегатов;

λ – множитель Лагранжа.

В результате получаем, что агрегаты должны работать с мощностями, соответствующими равенству относительных приростов. Это справедливо для агрегатов с вогнутыми и прямолинейными характеристиками.

В первую очередь загружают агрегаты, которые имеют меньший удельный прирост при номинальной нагрузке.

Остаток нагрузки передается на агрегат, имеющий больший удельный прирост.

$$f_n(s) = \min [c_{sj} + f_n - 1(j_{n-1}, s)],$$

где c_{sj} – оптимизирующий параметр;

n – число шагов;

s – состояние системы (номер пункта).

Задача 8.1

Имеются два способа сушки порошка. Издержки на сумму при каждом способе зависят от производительности следующим образом:

$$S_1(x_1) = 10 + 5x_1 + 8x_1^2;$$

$$S_2(x_2) = 15 + 4x_2 + 10x_2^2.$$

За некоторый промежуток времени необходимо высушить 500 кг порошка, распределив продукцию между агрегатами так, чтобы затраты на сушку были минимальными.

Задача 8.2

Определить расход топлива на пуск котла производительностью 210 т/ч, $P_{\text{пп}} = 9,8$ МПа, $t_{\text{пп}} = 540$ °С, $t_{\text{пв}} = 220$ °С, $\eta_{\text{ка}} = 85$ %. Топливо – мазут, $Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 40000$ кДж/кг .

Задача 8.3

Определить расход топлива на пуск котла из холодного состояния производительностью 320 т/ч, $P_{\text{пп}} = 13,8$ МПа, $t_{\text{пп}} = 560$ °С, $t_{\text{пв}} = 230$ °С. Топливо – мазут, $Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 40000$ кДж/кг, КПД котла $\eta = 0,9$.

Задача 8.4

Рассчитать технологическую норму расхода топлива нагревательной печи производительностью 2 т/ч. Температура в печи 1000 °С, теплоемкость металла $c_{\text{м}} = 0,11$ кДж/кг, КПД печи – 40 %. Топливо – газ, $Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 8500$ кДж/кг .

Задача 8.5

Определить удельный и часовой расходы условного топлива на тепловой электростанции мощностью 100 МВт, если КПД котлоагрегата 90 %, КПД паропровода 99 %, КПД турбоустановки 48 %.

Задача 8.6

Определить общий (часовой) расход условного топлива, удельный расход топлива, КПД котла, если тепловая нагрузка котла составляет $Q = 300$ ГДж/ч, а потери тепла $\Delta Q = 60$ ГДж/ч .

Задача 8.7

Рассчитать норму обслуживания однотипных аппаратов при $t_{\text{ап}} = 25$ мин (аппаратурное время); $t_{\text{руч}} = 5$ мин (ручное время).

Задача 8.8

Рассчитать норму штучного времени и норму выработки для установки периодического действия. Длительность смены 7 ч. Нормы времени по элементам:

подготовительно-заключительное $t_{пз} = 5$ мин на смену;

норма времени на основную работу $t_{осн} = 1$ мин (на изделие);

вспомогательное $t_{вс} = 1,5$ мин (на изделие);

время обслуживания $t_{об} = 12$ мин (на смену);

время на отдых $t_{отд} = 10$ мин (на смену).

Задача 8.9

Рассчитать норму штучного времени и норму выработки для установки периодического действия. Длительность смены 7 ч. Нормы времени по элементам:

подготовительно-заключительное $t_{пз} = 10$ мин на смену;

норма времени на основную работу $t_{осн} = 1$ мин (на изделие);

вспомогательное время $t_{вс} = 1,5$ мин (на изделие); время обслуживания $t_{об} = 15$ мин (на смену);

время на отдых $t_{отд} = 15$ мин (на смену).

Задача 8.10

Паровая турбина мощностью 12000 кВт работает при начальных условиях: $P_1 = 15$ МПа, $t_{пн} = 450$ °С. Давление в конденсаторе $P_2 = 0,004$ МПа. Температура питательной воды $t_{пв} = 90$ °С. Теплотворная способность топлива $Q_H^p = 26000$ кДж/кг. КПД котельной 80 %. Энтальпия перегретого пара $i_{пн} = 3222$ кДж/кг. Энтальпия отработанного пара $i_{оп} = 1973$ кДж/кг. Определить часовой расход топлива и паропроизводительность котельной.

Задача 8.11

Решить транспортную задачу методом потенциалов.

Поставщик	Потребители			Запасы
	B_1	B_2	B_3	
A_1	4	5	1	10
A_2	6	3	4	8
A_3	1	2	4	12
Потребность	6	14	10	30

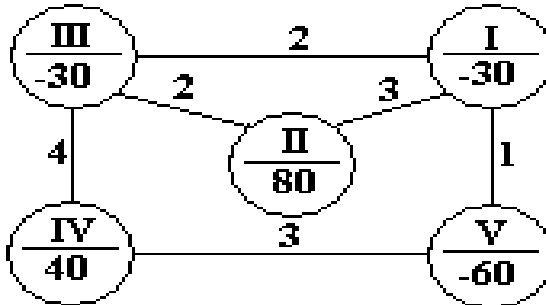
Задача 8.12

Решить транспортную задачу методом потенциалов.

Поставщик	Потребители			Запасы
	B_1	B_2	B_3	
A_1	5	4	2	20
A_2	3	2	4	30
A_3	4	3	5	40
Потребность	35	30	25	

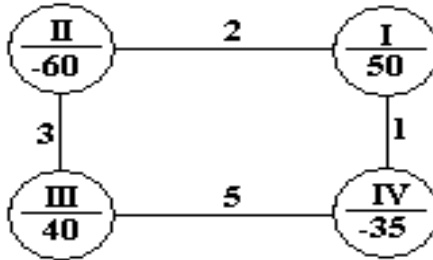
Задача 8.13

Решить транспортную задачу в сетевом исполнении.



Задача 8.14

Решить транспортную задачу в сетевой форме и оптимизировать ее.



Оптимизация плановой замены оборудования

Функциональное уравнение

$$f_n(t) = \max \left[\begin{array}{l} r(t) - U(t) + f_{n-1}(t+1) - \text{сохранение} \\ S(t) - P + r(0) - U(0) + f_1(1) - \text{замена} \end{array} \right],$$

где $r(t)$ – стоимость объема продукции в год;

$U(t)$ – эксплуатационные расходы в год;

$S(t)$ – остаточная стоимость оборудования;

P – стоимость нового оборудования.

Задача 8.15

Разработать оптимальную политику замены оборудования возрастом не старше семи лет. Объем продукции и издержки на ремонт представлены в таблице.

Годы t	0	1	2	3	4	5	6	7
Объем продукции $r(t)$	22	20	18	18	18	18	18	17
Издержки на ремонт $I(t)$	10	12	14	15	16	16	17	16

Стоимость нового оборудования $P = 12$. Объем продукции, производимой новым оборудованием, в денежном выражении $r(0) = 22$, $I(0) = 10$. Остаточная стоимость оборудования ко времени ликвидации его составляет $S(t) = 2$.

Задача 8.16

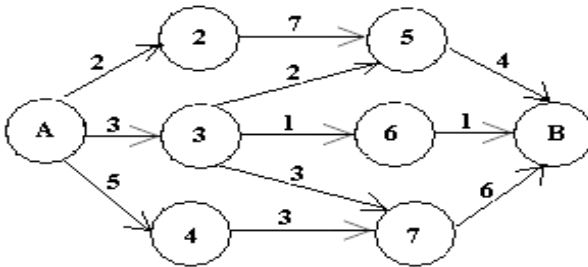
Разработать оптимальную политику замены оборудования возрастом не старше восьми лет. Объем продукции и издержки на ремонт представлены в таблице.

Годы t	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Объем продукции $r(t)$	22	22	21	21	20	20	19	19	19
Издержки на ремонт $I(t)$	12	13	13	14	15	16	17	18	19

Стоимость нового оборудования $P = 11$. Объем продукции, производимой новым оборудованием, в денежном выражении $r(0) = 22$, $I(0) = 12$. Остаточная стоимость оборудования к времени его ликвидации $S(t) = 2$.

Задача 8.17

Между пунктами A и B требуется проложить теплотрассу, которая может проходить через пункты, обозначенные кружками. Расстояние между пунктами показано стрелками. Необходимо проложить такую трассу, чтобы расстояние между ними было минимальным (пользуясь методом динамического программирования).



Задача 8.18

Симплексным методом найти оптимальный план задачи линейного программирования

$$\begin{aligned}
 f &= 2x_1 - x_2 + 4 \rightarrow \max; \\
 -x_1 - x_2 + x_3 + x_4 &= 4; \\
 -x_1 + 2x_2 + x_3 &= 7; \\
 2x_1 - x_2 + x_4 &= 7.
 \end{aligned}$$

Задача 8.19

Графическим методом найти оптимальный план задачи линейного программирования

$$\begin{aligned}
 f &= 2x_1 + 10x_2 \rightarrow \max; \\
 x_1 + 2x_2 &\geq 6; \\
 2x_1 + 3x_2 &\geq 12; \\
 x_1 \geq 0; x_2 &\geq 0.
 \end{aligned}$$

Задача 8.20

Графическим методом найти оптимальный план задачи линейного программирования

$$\begin{aligned}
 f &= 2x_1 + 5x_2 \rightarrow \max; \\
 x_1 + 2x_2 &\leq 4; \\
 4x_1 + 3x_2 &\leq 12; \\
 12x_1 + 4x_2 &\leq 24; \\
 x_1 \geq 0; x_2 &\geq 0.
 \end{aligned}$$

Задача 8.22

Для хранения жидкого топлива требуется построить цилиндрическую емкость объемом 30 м^3 . Выбрать ее размеры так, чтобы расход металла был минимальным.

Задача 8.22

Время простоя котла производительностью 75 т/ч в капитальном ремонте 25 сут , в текущем ремонте – 10 сут , в аварийном ремонте – 2 сут . Продолжительность ремонтного цикла котла 1 год .

Определить коэффициент эксплуатационной готовности агрегата и ресурс его работы.

Задача 8.23

Исходная задача имеет вид

$$\begin{aligned} f &= 4x_1 + 2x_2 \rightarrow \max; \\ x_1 + x_2 &\leq 6. \\ x_1 &\leq 4. \\ 2x_1 + x_2 &\leq 5. \end{aligned}$$

Составить задачу, двойственную к исходной.

Задача 8.24

Топливная смесь содержит не менее девяти единиц компонента S_1 , не менее восьми единиц компонента S_2 и не менее 12 единиц компонента S_3 . Топливная смесь может быть двух сортов. Содержание количества единиц в 1 кг готовой смеси и затраты на изготовление каждого сорта смеси приведены в таблице.

Виды компонента	Количество единиц компонента в топливной смеси	
	Сорт II	Сорт I
S_1	3	1
S_2	1	2
S_3	1	6
Затраты на изготовление смеси	4	6

Составить такой план выпуска продукции, чтобы затраты предприятия были минимальными.

Функциональное уравнение Беллмана

$$f_n(c) = \max [g_n(x) + f_{n-1}(c-x)];$$

где $f_n(c)$ – целевая функция;

$g_n(x)$ – выпуск продукции;

x – средства, выделяемые предприятию;

c – наличные средства, у.е.

Задача 8.25

Распределить средства 100000 между четырьмя предприятиями так, чтобы прирост выпуска продукции был максимальным. Значения выпуска продукции в зависимости от выделенных средств представлены в таблице.

Средства, тыс. руб.	Прирост выпуска продукции по предприятиям			
	1	2	3	4
20	9	11	13	12
40	17	34	28	35
60	29	46	37	40
80	38	53	49	54
100	47	75	61	73

Задача 8.26

Плановая себестоимость 1 т продукта составляет 15 USD, в том числе условно-переменные расходы составляют 10 USD, а условно-постоянные – 5 USD /т. Плановый выпуск продукции 20000 т/год.

Определить изменение себестоимости продукта, если задание перевыполнено на 5 %.

Задача 8.27

Определить оптимальный расход листовой стали толщиной 3 мм на изготовление цилиндрического сосуда емкостью 100 л.

Задача 2.28

Определить удельный расход тепла для конденсационной турбины мощностью 24 МВт. Энергетическая характеристика конденсационной турбины мощностью 24 МВт имеет вид

$$Q = 4,4 + 2,76P_3 + 3,43(P - P_3), \text{ Гкал/ч;}$$

$$P_3 = 21 \text{ МВт.}$$

Определить удельный расход тепла при нагрузках 18 и 23 МВт.

Задача 8.29

Определить мощность ТЭЦ, если удельная выработка электроэнергии на тепловом потреблении для технологических целей $\Theta = 0,2$ МВт/МВт, для целей отопления $\Theta = 0,5$ МВт/МВт.

Технологический коэффициент теплофикации $\alpha_T = 0,85$.

Отопительный коэффициент теплофикации $\alpha_{от} = 0,7$.

Технологическая нагрузка $Q_T = 30$ МВт.

Отопительная нагрузка $Q_{от} = 80$ МВт.

Задача 8.30

Определить размер месячного заработка рабочего 5-го разряда, если фактическая выработка составила 120 т месяц при плановой выработке 4 т/смену. При этом учесть, что рабочий восемь дней отработал ночью и один день работал в праздник.

Система оплаты труда – сдельная. Продолжительность рабочего дня 6 ч. Дневная тарифная ставка рабочего – 4,25 USD. Доплата за работу в ночное время 20 %. Доплата за работу в праздничные дни 50 %.

Задача 8.31

КЭС мощностью 2000 МВт работает 6000 ч в году. КПД брутто котельного цеха равен 90 %, турбинного цеха – 46 %, КПД распределения тепла – 98,5 %.

Определить удельный и годовой расход условного топлива на производство электроэнергии.

Задача 8.32

Коэффициент полезного действия брутто котельной равен 90 %, коэффициент полезного действия теплофикационного отделения по производству горячей воды 98 %, коэффициент полезного действия теплового потока 98,5 %.

Определить удельный расход условного топлива на производство теплоэнергии.

Задача 8.33

Определить численность персонала, необходимого для проведения капитального и текущего ремонтов котла производительностью 75 т/ч, если трудоемкость капитального ремонта 7200 чел/ч. Трудоемкость текущего ремонта 2100 чел/ч; время простоя котла в капитальном ремонте 25 сут, а в текущем – 10 сут. Трудоемкость станочных работ 7 %, а трудоемкость обмуровочных и теплоизоляционных работ 15 %.

Задача 8.34

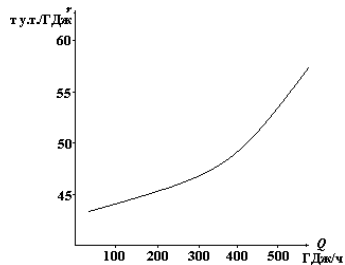
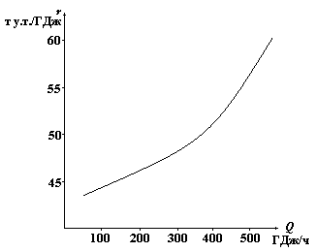
Определить общий и удельный расход условного топлива, а также КПД и величину относительного прироста топлива котла при нагрузке $Q_1 = 360$ ГДж/ч, когда потери тепла составляют $\Delta Q = 46$ ГДж/ч.

Задача 8.35

Время простоя котла производительностью 75 т/ч в капитальном ремонте – 25 сут, в текущем ремонте – 10 сут, в аварийном ремонте – 2 сут. Продолжительность ремонтного цикла котла 1 год. Определить коэффициент эксплуатационной готовности агрегата и ресурс его работы.

Задача 8.36

На рисунках представлены характеристики относительных приростов расхода условного топлива для двух котлов, установленных в котельной.



Построить суммарную характеристику котельной и оптимально распределить нагрузку между котлами, если суммарная нагрузка котельной равна 1000 ГДж/ч.

Задача 8.37

Цех в течение года должен выпустить 100 т продукта. Отпускная цена за 1 т – 4300 USD, плановая численность персонала цеха 50 чел., общее рабочее время 14000 чел/дней или 74000 чел/ч.

Требуется рассчитать:

1. Производительность труда в натуральном и денежном выражении: одного рабочего за год; за 1 чел/день; за 1 чел/ч.
2. Трудоемкость изготовления 1 т продукта.

Задача 8.38

Определить общий (часовой) расход условного топлива, удельный расход топлива, КПД котла, если тепловая нагрузка котла составляет $Q = 300$ ГДж/ч, а потери тепла $\Delta Q = 40$ ГДж/ч.

Задача 8.39

Рассчитать технологическую норму расхода топлива нагревательной печи производительностью 2 т/ч, температура в печи $t = 1000$ °С, теплоемкость металла, $c_p = 0,11$ кДж/кг, КПД печи – 40 %. Топливо газ, $Q_n^p = 8500$ кДж/кг.

Литература

1. Брасс, А. А. Основы менеджмента : учебное пособие / А. А. Брасс. – Минск : ИП «Экоперспектива», 1999. – 239 с.
2. Виханский, О. С. Менеджмент : учебник / О. С. Виханский. – М. : Гардарика, 1998. – 528 с.
3. Вукалович, М. П. Таблицы теплофизических свойств и водяного пара / М. П. Вукалович, С. Л. Ривкин, А. А. Александров. – М. : Изд-во стандартов, 1969. – 408 с.
4. Зайцев, Н. Л. Экономика организации : учебник для вузов / Н. Л. Зайцев. – М. : Высш. шк., 2000. – 767 с.
5. Ильин, А. И. Планирование на предприятии : учебник для вузов / А. И. Ильин. – Минск : Высш. шк., 2001. – 634 с.
6. Ильин, А. И. Управление предприятием / А. И. Ильин; под общ. ред. М. И. Плотницкого, А. С. Головачева. – Минск : Выш. шк., 1997. – 275 с.
7. Кабушкин, Н. И. Основы менеджмента : учебник / Н. И. Кабушкин. – Минск : БГЭУ, 1996. – 284 с.
8. Коршунова, Л. А. Управление энергетическим производством : учебное пособие / Л. А. Коршунова, Н. Г. Кузьмина. – Томск : Томский политехнический университет, 2007.
9. Кузнецов, А. В. Руководство к решению задач по математическому программированию : учебное пособие / А. В. Кузнецов, Н. И. Холод, Л. С. Костевич. – Минск : Высш. шк., 2000. – 448 с.
10. Липсиц, И. В. Инвестиционный проект / И. В. Липсиц, В. В. Коссов. – М. : Наука, 1996. – 303 с.
11. Менеджмент и маркетинг в электроэнергетике / под ред. А. Ф. Дьякова. – М. : Издательский дом МЭИ, 2007.
12. Мескон, М. Основы менеджмента / М. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедоури. – М. : Дело, 1992. – 749 с. – (Зарубежный экономический учебник.)
13. Молодчик, А. В. Менеджмент : Стратегия, структура, персонал : учебное пособие / А. В. Молодчик. – М. : Изд-во ВШЭ, 1994. – 209 с.
14. Прузнер, С. Л. Организация, планирование и управление энергетическим предприятием : учебник для вузов / С. Л. Прузнер, А. Н. Златопольский, В. Г. Журавлев. – М. : Высш. шк., 1998. – 432 с.

15. Стивенсон, В. Дж. Управление производством / В. Дж. Стивенсон. – М. : Бином, 1998. – 928 с.
16. Забелин, П. В. Основы стратегического управления : учебное пособие / П. О. Забелин, Н. К. Моисеев. – М. : Маркетинг, 1997. – 195 с.
17. Международный менеджмент : учебник для вузов / под ред. С. Э. Пивоварова, Д. И. Баркана, Л. С. Тарасевича, А. И. Майзеля. – СПб. : Питер, 2000. – 624 с.
18. Менеджмент организации : учебное пособие / под ред. З. П. Румянцевой, Н. А. Соломатина. – М. : Инфра – М, 1995. – 429 с.
19. Томпсон, А. А. Стратегический менеджмент. Искусство разработки и реализации стратегии : учебник для вузов / А. А. Томпсон, А. Дж. Стрикленд. – М. : Банки и биржи; ЮНИТИ, 1998. – 576 с.
20. Чейз, Р. Производственный и операционный менеджмент / Р. Чейз, Н. Эквилайн, Р. Якобс. – М. : Изд. дом «Вильямс», 2001. – 704 с.

Учебное издание

**ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА
И УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЕМ**

Практикум

для студентов специальностей

1-43 01 04 «Тепловые электрические станции»

и 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика»

Составители:

БОКУН Иван Антонович

НАГОРНОВ Виктор Николаевич

Редактор *Т. Н. Микулик*

Компьютерная верстка *А. Г. Занкевич*

Подписано в печать 24.04.2014. Формат 60×84 ¹/₈. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 3,60. Уч.-изд. л. 2,82. Тираж 100. Заказ 1259.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.