



Учреждение образования
«Международный государственный
экологический институт
имени А. Д. Сахарова»
Белорусского государственного университета

А. И. Ерошов

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЕМ



Учреждение образования
«Международный государственный экологический
институт имени А. Д. Сахарова»
Белорусского государственного университета

А. И. Ерошов

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Практикум

Минск
«ИВЦ Минфина»
2017

УДК 658.5
ББК 65.050
Е 78

Автор:

доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры
энергоэффективных технологий МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
академик Международной академии экологии *А. И. Ерошов*

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической
механики и теории машин и механизмов БГАТУА *Н. Орда*;
кандидат биологических наук, доцент кафедры экологического мониторинга
и менеджмента МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ *В. Н. Копица*

Ерошов, А. И.

Е78 Организация производства и управление предприятием: практикум /
А. И. Ерошов. – Минск : ИВЦ Минфина, 2017. – 79 с.

ISBN 978-985-7142-98-9.

В пособии отражены теоретические вопросы по характеристике производственного процесса и его технической подготовке, организации поточного и вспомогательного производства, энергетического, ремонтного, транспортного и складского хозяйства. Рассмотрены способы сетевого планирования и управления. Помещены методические рекомендации по решению задач, а также типовые задачи с решениями. Даны основные понятия к изучаемым темам.

Предназначается студентам специальности 1–43 01 06 «Энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент» очной и заочной формы обучения, а также всем интересующимся обозначенной проблемой.

**УДК 658.5
ББК 65.050**

ISBN 978-985-7142-98-9

© Ерошов, А. И., 2017
© МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, 2017

Введение

Производственный процесс на предприятии представляет собой совокупность логически связанных действий и операций, в результате которых происходит преобразование исходных производственных ресурсов в готовую продукцию. Базовым элементом производственного процесса является живой труд, осуществляющий многочисленные операции по созданию необходимой продукции для потребителя. Он складывается из набора частных производственных процессов, имеющих примерно три разновидности (основная, вспомогательная и обслуживающая).

К *основной* разновидности относится та часть процесса, в результате выполнения которой происходит непосредственное изменение формы, размеров, внутренней структуры и свойств исходного сырья и материалов, а также их превращение в готовую продукцию. На машиностроительных предприятиях такими процессами являются изготовление деталей и сборка из них узлов и готовых изделий.

Во *вспомогательную* разновидность входят процессы по изготовлению инструмента и технологической оснастки, запасных частей для ремонта оборудования, средств механизации и производства различных видов энергоносителей.

Типовыми разновидностями *обслуживающих* процессов являются внутризаводская транспортировка, складские операции, операции по ремонту и техническому обслуживанию оборудования и другие работы.

Перед каждым предприятием ставятся специфические задачи по организации производства: как лучше сочетать предмет и орудия труда, а также сам труд, чтобы превратить предмет труда в продукт требуемых свойств с наименьшими затратами рабочей силы и средств производства (экономика предприятия).

В пособии отражены основные направления по организации производственного процесса на предприятии.

Занятие 1

Организация производственного процесса на предприятии

Основные понятия

Металлообрабатывающие станки – машины для формообразования металлических (пластмассовых, керамических, стеклянных и др.) деталей путем снятия стружки. Их классифицируют в зависимости от вида обработки, который определяется применяемым для этого инструментом и схемой обработки.

Виды обработки деталей в механическом цехе (участке) машиностроительного завода:

Сверление – операция механической обработки для получения отверстий в сплошном материале; режущий инструмент – сверла различных конструкций.

Зенкерование – операция механической обработки резанием стенок входной части отверстия, полученного при отливке или по просверленным другим инструментом; при зенкеровании получают более точные размеры отверстий.

Фрезерование – операция механической обработки резанием, при которой многолезвийный инструмент (фреза) имеет вращательное движение (главное), а обрабатываемая заготовка – поступательное (движение подачи материала заготовки).

Строгание – операция механической обработки, выполняемая резцами при возвратно-поступательном движении подачи обрабатываемой заготовки.

Шлифование – обработка поверхностей абразивными материалами; абразивные материалы (зерна высокой твердости с острыми кромками) могут быть в виде порошка или форме брусков, кругов и других видов.

Точение – вид работ, которые выполняются на станках токарной группы; виды работ: обтачивание цилиндрических, конических, торцовых поверхностей и отверстий.

Станки разделяют на группы в зависимости от вида применяемых инструментов и способа обработки будущих деталей машины. Наиболее распространенными являются следующие группы: токарные станки, фрезерные станки, сверлильные и расточные станки, протяжные станки и другое современное автоматизированное оборудование.

Теоретическое обоснование вопроса

Основными характеристиками производственного процесса во времени являются длительность и структура производственного цикла.

Длительность производственного цикла – это период от начала производственного процесса до момента выпуска готового изделия или партии изделий, сборочных единиц. **Структура производственного цикла** включает время трудовых и естественных процессов и время перерывов.

Первичным звеном в организации производственного процесса является рабочее место (например, станок). Оно представляет собой часть производственной площади, оснащено необходимым оборудованием и инструментами, при помощи которых рабочий или группа рабочих (бригада) выполняет отдельные операции по изготовлению продукции или обслуживанию процесса производства.

Исходя из назначения и характера изготавливаемой продукции или выполняемых работ, на предприятии выделяют основное, вспомогательное, обслуживающее и побочное производство, а также соответствующие цехи.

К цехам *основного* производства относятся цехи, в которых изготавливают продукцию предприятия. На машиностроительных заводах к ним относятся литейные, кузнечно-прессовые, механические, сборочные; на обувных и швейных предприятиях – закройные и пошивочные.

Вспомогательные цехи способствуют выпуску основной продукции, производят вспомогательные виды изделий, необходимых для нормальной работы основных цехов. Например, инструментальный цех оснащает основное производство высококачественным инструментом. Для расчета длительности производственного цикла заготовительной и обрабатывающей стадий сложного производственного процесса используются методы последовательного, последовательно-параллельного и параллельного вида движений предметов труда по разным операциям. Несмотря на разнообразие цехов и участков основного производства, они формируются по конкретным признакам, которые определяют их структуру. К таким признакам относятся технологическая и предметная специализация. Отсюда различают три типа производственных структур: *технологическую, предметную и смешанную*. При *технологической* структуре подразделения предприятий создаются по принципу технологической однородности выполняемых работ и т. д. Например, на машиностроительных заводах организовывался механический цех, а внутри его – токарный, фрезерный, строгальный, сверлильный, шлифовальный участки с соответствующим количеством рабочих мест (станков).

Методические рекомендации по решению задач

Длительность технологического цикла обработки партии деталей при последовательном виде движения определяются по формуле:

$$T_{\text{пос}} = n \sum_1^m t,$$

где n – количество деталей в партии (шт.); t – норма штучного времени на операцию (мин); m – число операций технологического процесса.

Если на некоторых операциях имеются параллельные рабочие места, то длительность технологического цикла обработки партии деталей при последовательном виде движения можно определить по формуле:

$$T_{\text{пос}} = n \sum_1^m t / c,$$

где c – количество параллельных рабочих мест на операции.

Длительность технологического цикла обработки партии деталей при параллельном виде движения:

$$T_{\text{пар}} = \sum_1^m t + t_{\text{гл}}(n - 1),$$

где $t_{\text{гл}}$ – время выполнения наиболее длительной (главной) операции технологического процесса (мин).

Длительность технологического цикла обработки партии деталей при параллельно-последовательном виде движения:

$$T_{\text{пп}} = \sum_1^m t + t_k(n - 1) + \sum S,$$

где t_k – время обработки одной детали на последней (конечной) операции (мин);

S – смещение во времени начала выполнения последующей, менее продолжительной, по отношению к предыдущей, а также более продолжительной операции из двух смежных (мин).

Расчет смещения S можно произвести по формуле:

$$S = (n - 1)(t_6 - t_M),$$

где t_6 – время выполнения наиболее длительной операции из двух смежных (мин); t_M – время выполнения более- короткой операции из двух смежных (мин).

Задача 1. Определить длительность технологического цикла обработки партии деталей в 4 шт. при последовательном, параллельном и последовательно-параллельном видах движения (табл. 1).

Таблица 1

Технологический процесс обработки деталей (операции)*

№ операции	Операция	Норма времени, мин
1	Отрезка заготовки и центровка	8
2	Обточка предварительная	4
3	Обточка чистовая	3
4	Фрезерование паза	10
5	Сверление отверстий	5
6	Шлифование	6

*Каждая операция выполняется на отдельном станке.

Решение

Длительность технологического цикла при последовательном виде движения:

$$T_{\text{пос}} = 4(8 + 4 + 3 + 10 + 5 + 6) = 144 \text{ мин.}$$

Длительность технологического цикла при параллельном виде движения:

$$T_{\text{пар}} = 36 + 10(4 - 1) = 66 \text{ мин.}$$

Сумма смещений во времени начала последующих, менее трудоемких, операций:

$$S_1 = (4 - 1)(8 - 4) = 12 \text{ мин;}$$

$$S_2 = (4 - 1)(4 - 3) = 3 \text{ мин;}$$

$$S_3 = (4 - 1)(10 - 5) = 15 \text{ мин;}$$

$$\sum S = 12 + 3 + 15 = 30 \text{ мин.}$$

Длительность технологического цикла при параллельно-последовательном виде движения:

$$T_{\text{п.п.}} = 36 + 6(4 - 1) + 30 = 84 \text{ мин.}$$

Ответ: $T_{\text{пос}} = 144$ мин; $T_{\text{пар}} = 66$ мин; $T_{\text{п.п.}} = 84$ мин.

Задача 2. Партия деталей в 10 шт. обрабатывается при параллельном виде движения. Технологический процесс обработки детали состоит из девяти операций, длительность которых составляет (мин): $t_1 = 3$, $t_2 = 1$, $t_3 = 9$, $t_4 = 12$, $t_5 = 20$, $t_6 = 18$, $t_7 = 2$, $t_8 = 7$, $t_9 = 8$. В результате рационализации длительность (каждой) 5 и 6 операций уменьшилась на 4 мин. Определить, насколько сократилась длительность технологического цикла.

Решение

Длительность технологического цикла до рационализации:

$$T_{\text{пар}} = 80 + 20(10 - 1) = 260 \text{ мин.}$$

Длительность технологического цикла после рационализации:

$$T_{\text{пар}} = 72 + 16 (10 - 1) = 216 \text{ мин.}$$

Длительность технологического цикла сократилась на $\Delta t = 260 - 216 = 44$ мин.

Задача 3. Партия деталей в 50 шт. обрабатывается при параллельном виде движения. Технологический процесс обработки детали состоит из семи операций, продолжительность которых составляет (мин): $t_1 = 3$, $t_2 = 7$, $t_3 = 5$, $t_4 = 6$, $t_5 = 2$, $t_6 = 3$ и $t_7 = 6$. В результате изменения условий производства величина партии удвоилась, а операция № 2 разделена на две самостоятельные операции, длительность которых 3 и 4 мин. Определить, как изменилась длительность технологического цикла в результате изменения производственных условий.

Решение

Длительность технологического цикла до изменения условий производства:

$$T_{\text{пар}} = 32 + 7 (50 - 1) = 375 \text{ мин.}$$

Длительность технологического цикла после изменения условий производства:

$$K_{\text{ар}} = 32 + 6 (100 - 1) = 626 \text{ мин.}$$

Длительность технологического цикла увеличилась:

$$\Delta t = 626 - 375 = 251 \text{ мин.}$$

Задачи для самостоятельного решения

Задача 1. Определить длительность обработки партии деталей в 100 шт. при последовательном, параллельном и последовательно-параллельном видах движения (табл. 2).

Таблица 2

Технологический процесс обработки детали (операции)*

№ операции	Операция	Норма времени, мин
1	Сверление	2
2	Расточка	3
3	Протяжка	10
4	Обточка	4
5	Зубонарезание	12
6	Долбление	8
7	Фрезерование	15
8	Опиловка	6
9	Шабрение	20
10	Шлифование	10

*Каждая операция выполняется на отдельном станке.

Ответ: $T_{\text{пос}} = 150$ ч; $T_{\text{пар}} = 34,5$ ч; $T_{\text{п.п.}} = 65,85$ ч.

Задача 2. Партия деталей в 100 шт. обрабатывается при последовательном виде движения. Технологический процесс обработки детали состоит из шести операций (мин): $t_1 = 3$, $t_2 = 5$, $t_3 = 4$, $t_4 = 2$, $t_5 = 6$, $t_6 = 3$. Каждая операция выполняется на одном станке; последняя выполняется с помощью многолезцового приспособления, позволяющего одновременно обрабатывать пять деталей. Определить продолжительность обработки партии деталей и среднюю продолжительность обработки одной детали.

Ответ: $T_{\text{пос}} = 2060$ мин; $t_d = 20,6$ мин.

Задача 3. Количество деталей в партии 12 шт. Вид движения партии деталей последовательный. Технологический процесс обработки детали состоит из шести операций (мин): $t_1 = 4$, $t_2 = 6$, $t_3 = 6$, $t_4 = 2$, $t_5 = 5$ и $t_6 = 3$. Каждая операция выполняется на одном станке. Определить, как изменится продолжительность обработки партии деталей, если последовательный вид движения заменить последовательно-параллельным.

Ответ: сократится на 201 мин.

Задача 4. Партия деталей в 10 шт. обрабатывается при последовательно-параллельном виде движения. Технологический процесс обработки детали состоит из шести операций (мин): $t_1 = 2$, $t_2 = 9$, $t_3 = 5$, $t_4 = 8$, $t_5 = 3$ и $t_6 = 4$. Имеется возможность объединить пятую и шестую операции в одну пятую без изменения длительности каждой в отдельности. Определить, как изменится продолжительность обработки партии деталей.

Ответ: сократится на 9 мин.

Задача 5. Партия деталей в 20 шт. обрабатывается при последовательно-параллельном виде движения. Технологический процесс обработки состоит из семи операций (мин): $t_1 = 8$, $t_2 = 5$, $t_3 = 4$, $t_4 = 3$, $t_5 = 9$, $t_6 = 2$ и $t_7 = 6$. В результате совершенствования технологии длительность первой операции можно уменьшить на 2 мин, пятой – на 4 мин. Определить, как изменится продолжительность обработки партии деталей.

Ответ: сократится на 120 мин.

Задача 6. Технологический процесс обработки детали состоит из семи операций, продолжительность которых составляет (мин): $t_1 = 5$, $t_2 = 9$, $t_3 = 6$, $t_4 = 4$, $t_5 = 10$, $t_6 = 3$ и $t_7 = 9$. Партия деталей – 40 шт. Четвертая операция объединяется с шестой в одну четвертую без изменения длительности обработки каждой в отдельности, а пятая уменьшается на 2 мин. Определить, на сколько сократится длительность обработки партии деталей при последовательно-параллельном виде движения в результате объединения и сокращения длительности операций.

Ответ: сократится на 5,8 ч.

Задача 7. Размер партии деталей 100 шт. (табл. 3). Каждая операция выполняется на одном станке. Определить продолжительность обработки

деталей при параллельном виде движения. Насколько сократится продолжительность обработки партии деталей, если норму времени на выполнение третьей операции сократить на 5 мин, а пятой – на 4 мин.

Таблица 3

Технологический процесс обработки детали (операции)*

№ операции	Операция	Норма времени, мин
1	Токарная	6
2	Сверлильная	15
3	Зуборезная	22
4	Фрезерная	16
5	Шлифовальная	24

*Каждая операция выполняется на отдельном станке.

Ответ: $T_{нар} = 41$ ч; $\Delta t = 6,8$ ч.

Задача 8. Технологический процесс обработки детали состоит из семи операций (мин): $t_1 = 6$, $t_2 = 20$, $t_3 = 14$, $t_4 = 10$, $t_5 = 15$, $t_6 = 8$ и $t_7 = 5$. Размер партии деталей 50 шт. Каждая операция выполняется на одном станке. Определить время обработки партии деталей при последовательном виде движения и время пролеживания каждой детали в ожидании передачи ее со второй операции на третью.

Ответ: $T_{noc} = 65$ ч; $t_{np} = 16,33$ ч.

Задача 9. Определить длительность технологического цикла обработки 60 деталей. Заготовки передаются с операции на операцию поштучно (табл. 4).

Таблица 4

Технологический процесс обработки детали (операции)*

№ операции	Операция	Норма времени, мин
1	Токарная обточка	15
2	Фрезерование	10
3	Сверление	2
4	Долбление	6
5	шлифование	8

*Каждая операция выполняется на отдельном станке.

Ответ. $T_{нар} = 15,43$ ч.

Задача 10. Требуется обработать 400 деталей. Заготовки передаются с операции на операцию партиями по 20 шт. Обработка ведется при параллельно-последовательном виде движения. Определить длительность технологического цикла обработки всего количества деталей (табл. 5).

Таблица 5

Технологический процесс обработки детали (операции*)

№ операции	Операция	Норма времени, мин
1	Предварительная обточка	12
2	Чистовая обточка	8
3	Нарезание резьбы	6
4	Сверление отверстий	4
5	Опиловка и снятие заусенц.	2
6	Шлифовка детали	7

*Каждая операция выполняется на отдельном станке.

Ответ: $T_{n, n} = 106,7$ ч.

Задача 11. Партия деталей в 150 шт. обрабатывается при параллельно-последовательном виде движения. Две последние операции технологического процесса обработки детали имеют длительность 40 и 26 мин. Определить время одновременной работы оборудования на двух последних операциях и необходимый задел, обеспечивающий непрерывность работы оборудования на последней операции.

Ответ: $t_0 = 64,57$ ч; $Z = 14$ шт.

Занятие 2

Организация технической подготовки производства

Основные понятия

Подготовка производства – это деятельность различных подразделений предприятия и сторонних организаций по реализации инновационных проектов (технических, организационных, экономических, финансовых и т. д.)

Проект – совокупность задач, выполнение которых позволяет достигнуть запланированной цели, как правило, уникальной и неповторимой.

Инновация – конечный результат инновационной деятельности, направленной на создание или усовершенствование новых продуктов, технологических процессов, методов или методик, услуг, реализуемых на рынке (полезные и эффективные новшества, доведенные до коммерциализации).

Стадии подготовки нового или усовершенствованного продукта:

- 1) маркетинговые исследования;
- 2) научно-исследовательская стадия (научная подготовка производства (НПП));
- 3) конструкторская подготовка производства (КПП);
- 4) технологическая подготовка производства (ТПП);
- 5) организационная подготовка и освоение производства нового товара (ОПиОНТ).

Методические рекомендации к решению задач

1. Для характеристики степени унификации конструкции можно пользоваться двумя основными коэффициентами:

- 1) коэффициент конструктивной унификации –

$$K_y = (N_n + N_c + N_z)/N_o,$$

где N_n – количество наименований нормализованных деталей; N_c – количество наименований стандартных деталей; N_z – количество наименований заимствованных деталей, использованных из ранее выпущенных конструкций и обеспеченных технической документацией и оснасткой; N_o – общее количество наименований деталей в конструкции.

- 2) коэффициент конструктивной повторяемости –

$$K_{пов} = N_{ш}/N_o,$$

где $N_{ш}$ – общее количество деталей в конструкции (шт).

Чем выше эти коэффициенты, тем меньше объем работ по технической подготовке производства.

2. Степень использования материала при изготовлении деталей устанавливается по формуле:

$$K_{и.м.} = Q_d / Q_3,$$

где $K_{и.м.}$ – коэффициент использования материала; Q_d – суммарный вес деталей данной конструкции; Q_3 – норма расхода материала на изделие.

Чем ближе $K_{и.м.}$ к единице, тем экономичнее конструкция.

3. Показатель средней материалоемкости конструкции выражается следующей формулой:

$$Q_c = Q_3 / N_{ш},$$

где Q_c – средний вес (граммы, килограммы, тонны) одной заготовки.

Относительное уменьшение Q_c повышает степень экономичности конструкции (при прочих равных условиях).

4. Технологическая себестоимость одной детали:

$$S_d = V + \frac{c}{N},$$

где V – переменные расходы; c – условно-постоянные расходы; N – размер выпуска деталей (шт.).

Себестоимость всего выпуска при соответствующем варианте технологического процесса:

$$S_N = VN + c.$$

5. При сопоставлении двух вариантов технологического процесса устанавливается объем производства, при котором затраты равны (критическое количество):

$$N_{KP} = (C_2 - C_1) / (V_1 - V_2).$$

Из сопоставленных вариантов принимается тот, который обеспечивает наименьшую S_N (при прочих равных условиях).

6. Размер годовых затрат на специальную технологическую оснастку:

$$P_{сп} = C_{сп}(K_{П} + K_3),$$

где $C_{сп}$ – стоимость специальной оснастки (руб.); K_n – коэффициент погашения стоимости оснастки (устанавливается исходя из срока службы оснастки или по сроку нахождения изделия в производстве – T ; $K_{П} = 1/T$); K_3 – коэффициент годовых эксплуатационных расходов по оснастке (принимается 0,2–0,3 от ее стоимости).

7. Величина годовой экономии по основной и дополнительной заработной плате с начислениями в результате применения оснастки:

$$\Xi = (C_q1 - C_q2) / 60 \times N \times (1 + 0,17),$$

где C_{q1} и C_{q2} – часовые тарифные ставки работ до и после применения оснастки; t_1 и t_2 – нормы времени на операцию по вариантам (мин); N – годовая производственная программа (шт.); 0,17 – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату и начисления по соцстрахованию.

8. В случае применения универсально-сборных приспособлений (УСП) размер годовых затрат на данный вид компоновки:

$$P_y = B_1 + B_2/M_k + B_3g,$$

где B_1 – затраты на изготовление специальных деталей для компоновки; B_2 – годовые постоянные расходы на амортизационные отчисления, содержание конструкторской группы УСП и т. д.; M_k – количество оригинальных компоновок в год; B_3 – затраты на сборку одной компоновки, состоящие из заработной платы рабочего-сборщика УСП и цеховых косвенных расходов; g – повторяемость сборки одной и той же компоновки в год.

9. Количество компоновок, при котором затраты на специальную оснастку и УСП одинаковы (g_{kp}) можно установить по следующему равенству:

$$g_{kp} = B_2/[P_{сп} - (B_1 + B_2g)].$$

10. Количество наладок g_n , при котором экономически целесообразно применение универсально-наладочного приспособления (УНП), можно определить по следующей формуле:

$$g_n = P_{унп}/(P_{сп} - P_n),$$

где $P_{унп}$ – затраты на УНП; P_n – затраты на одну наладку.

11. Продолжительность каждого этапа технической подготовки производства в днях:

$$T_{эт} = Q_{эт}/P \times T_d - \kappa_n,$$

где $Q_{эт}$ – объем работ по этапу (ч); P – число работников, занятых выполнением работ; T_d – продолжительность рабочего дня (ч); κ_n – коэффициент выполнения норм при сдельных работах.

12. Планирование работ по технической подготовке производства целесообразно осуществлять при помощи сетевых графиков. В этом случае необходимо руководствоваться следующими основными положениями:

1) продолжительность (длина) любого пути $t(L)$ равна сумме продолжительностей составляющих его работ. Путь, имеющий наибольшую продолжительность, называется критическим и продолжительность его обозначается через t_{kp} .

2) ранний и поздний сроки свершения данного события $t_p(i)$ и $t_n(i)$ определяются по максимальному из путей, проходящих через это событие, причем $t_p(i)$ равно продолжительности максимального из предшествующих событию путей $t[L_1(i)]$, а $t_n(i)$ – разности между t_{kp} и продолжительностью максимального из последующих за событием путей $t[L_2(i)]$:

$$t_p(i) = t[L_1(i)]; \quad t_n(i) = t_{kp} - t[L_2(i)].$$

Для событий, лежащих на критическом пути, $t_p(i) = t_n(i)$;

3) самый ранний из возможных сроков начала и окончания работы:

$$t_{p.n.} = t_p(i); \quad t_{p.o.} = t_{p.nn} + t(i, J),$$

где $t_p(i)$ – самый ранний из возможных сроков свершения начального события; $t(i, J)$ – продолжительность данной работы.

4) самый поздний из допустимых сроков начала и окончания работы:

$$t_{n.n} = t_n(j) - t(i, j); \quad t_{n.j} = t_n(j),$$

где $t_n(j)$ – наиболее поздний из допустимых сроков свершения конечного события.

Для всех работ критического пути

$$t_{p.n.} = t_{n.n.}; \quad t_{p.o.} = t_{n.o.}$$

5) полный резерв времени работы P_n – срок, на который можно передвинуть данную работу, не увеличивая t ,

$$P_n = t_{n.o.} - t_{p.o.}$$

6) частный резерв времени работы P_q – срок, на который можно передвинуть окончание данной работы, не влияя на другие характеристики сети

$$P_q = t_p(j) - t_{p.o.},$$

где $t_p(j)$ – самый ранний из возможных сроков свершения конечного события.

7) резерв времени события P_i – срок, на который можно сдвинуть свершения данного события, не увеличивая продолжительности всей разработки,

$$P_i = t_n(i) - t_p(i).$$

События критического пути не имеют резервов времени.

Типовые задачи с решениями

Задача 1. Норма расхода материала в старой конструкции машины 50 кг, а общий вес обработанных деталей 35 кг. В новой конструкции норма расхода материала 45 кг. Определить общий вес обработанных деталей в новой конструкции и процент снижения средней материалоемкости,

если коэффициент использования материалов повысился на 10 %, а общее количество деталей составляет 96 против 100 в старой конструкции.

Решение

Коэффициент использования материала в старой конструкции:

$$k_{и.м} = 35 / 50 = 0,7.$$

Общий вес обработанных деталей в новой конструкции:

$$Q_d = 45 \times 0,7 \times (1 + 10 / 100) = 34,65 \text{ кг.}$$

Средняя материалоемкость:

$$Q_d = 50 / 100 = 0,5 \text{ кг; } Q_c = 45 / 96 = 0,47 \text{ кг.}$$

Процент снижения средней материалоемкости:

$$X = (0,5 - 0,47) / 0,5 \times 100 = 6 \%$$

Ответ: 34,65 кг; 6 %.

Задача 2. Установить наиболее экономичный вариант заготовки для детали, если имеется возможность применить сварную или литую заготовку. Сравнительные данные по затратам приведены в табл. 6:

Таблица 6

Затраты	Цех сварочный	Цех литейный	Цех механический	Цех механический
			Сварная заготовка	Отливка
Материалы основные, руб./шт.	3 000	4 000	—	—
З/п с начислени- ями, руб./шт.	1 500	1 200	1 800	1 300
Косвенные расходы, руб./шт.	1 700	1 600	2 900	2 100
Технологическая оснастка, руб./шт.	50 000	70 000	—	—

Количество деталей по программе на год – 1000 шт.

Решение

Затраты на одну деталь:

а) сварную $-S_c = 3000 + 1500 + 1700 + 1800 + 2900 + 50\,000 / 1000 = 10950 \text{ руб.};$

б) литую $-S = 4000 + 1200 + 1600 + 1300 + 2100 = 70\,000 / 1000 = 10270 \text{ руб.}$

Ответ: литая заготовка в данном случае более экономична.

Задача 3. На основе следующих исходных данных установить целесообразность применения универсально-сборного приспособления (УСП) для сборки узла. Стоимость специального приспособления для сборки данного узла 300 000 руб. Коэффициент годовых эксплуатационных расходов 0,3. Срок нахождения изделия в производстве 2 года. Стоимость комплекта УСП 100 млн руб. Норма амортизации УСП 10 %. Стоимость сборки одной компоновки 20 тыс. руб. Количество одинаковых компоновок для данного узла в год – 6. Стоимость комплекта деталей на компоновку 100 тыс. руб. Количество оригинальных компоновок в год 100. Установить количество компоновок, при котором целесообразно применение УСП.

Решение

Годовые расходы на специальное приспособление:

$$P_{cn} = 300\,000 (0,5 + 0,3) = 240\,000 \text{ руб.}$$

Годовые расходы на заданный вид компоновки УСП:

$$P_y = 100\,000 + 100\,000 \cdot 0,1 / 100 + 26 = 320\,000 \text{ руб.}$$

Количество компоновок, при котором затраты одинаковы:

$$Q_{кр} = 100\,000 + 10\,000 \cdot 0,1 / [24\,000 - (100\,000 + 20\,000 \cdot 6)] = 500.$$

Ответ: количество компоновок, при котором применение УСП оправдано, насчитывает более 500.

Задача 4. Технологическая подготовка производства включает семь работ (рис. 1).

Определить ранний и поздний сроки свершения 3 и 5-го событий (продолжительность работ указана в неделях).

Решение

Продолжительность каждого пути:

$$t(L_1) = 2 + 3 + 7 + 4 = 16;$$

$$t(L_2) = 2 + 4 + 6 = 12;$$

$$t(L_3) = 2 + 4 + 5 + 4 = 15.$$

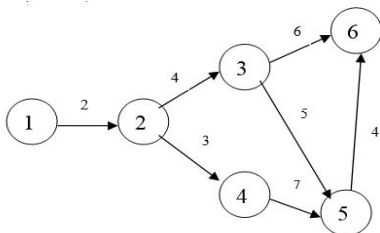


Рис. 1. Сетевой график выполнения работ

Ранний и поздний сроки свершения 3-го события:

$$t_p(3) = 2 + 4 = 6;$$

$$t_n(3) = t_{kp} - [t(3,5) + t(5,6)] = 16 - (5 + 4) = 7.$$

Ранний и поздний сроки свершения 5-го события:

$$t_p(5) - t_n(5) = t_{kp} - t(5,6) = 16 - 4 = 12.$$

Ответ: $t_p(3) = 6$; $t_n(3) = 7$; $t_p(5) = t_n(5) = 12$.

Задачи для самостоятельного решения

Задача 1. Общее количество наименований деталей в первом варианте новой конструкций изделия 1550, во втором варианте 1500, а коэффициент конструктивной унификации соответственно 0,3 и 0,4. Определить, насколько уменьшается объем работ (ч.) по конструкторской подготовке во втором варианте, если средняя трудоемкость конструкторской подготовки производства одной оригинальной детали 40 ч.

Ответ: на 7400 ч.

Задача 2. Два варианта конструкции одного и того же изделия имеют следующее распределение деталей по степени их применяемости (табл. 7):

Таблица 7

Распределение деталей по степени их применяемости

Показатели	№ варианта	
	первый	второй
Количество типоразмеров деталей, шт.	250	200
В том числе:	50	60
нормализованных	10	10
стандартных	40	35
заимствованных		
Общее количество деталей, шт.	1000	960

Определить коэффициенты конструктивной унификации и повторяемости по данным вариантам. Какой вариант более экономичный?

Задача 3. Определить коэффициент использования материалов в действующей и модернизированной конструкции, а также процент снижения средней материалоемкости после модернизации на основе данных (табл. 8).

Таблица 8

Показатели	До модернизации	После модернизации
Норма расхода материала, кг	16	14
Вес обработанных деталей, кг	12	11
Общее количество деталей, шт.	75	70

Ответ: 0,75; 0,79; 6,1 %.

Задача 4. Корпус изделия может быть изготовлен из кованой или штампованной заготовки. Определить аналитически и графически наименьшее количество заготовок, при котором экономично применение штампованной заготовки, если известны данные (табл. 9).

Таблица 9

Затраты	Вид заготовки	
	поковка	штамповка
Стоимость металла, руб./шт.	1500	1200
Стоимость изготовленной заготовки, руб./шт.	2300	500
Стоимость механической обработки, руб./шт.	8200	1300
Расходы на оснастку, руб./год		1 440 000

Ответ: 161 шт.

Задача 5. Установить, при каком количестве деталей в год целесообразно их обрабатывать на четырехшпиндельном автомате вместо револьверного станка, если известны данные по затратам (табл. 10).

Таблица 10

Затраты	При обработке	
	на револьверном станке	четырёхшпиндельном автомате
Заработная плата станочника с начислениями, руб./шт.	100	20
Стоимость эксплуатации, руб./шт.: станка инструмента	10	30
Амортизация станка, руб./шт.	10	10
Средняя стоимость наладки, руб./год	10	30
Стоимость эксплуатации специальной оснастки, руб./год	5000	10 000 6000

Ответ. Более 275 деталей.

Задача 6. Отрезка заготовок из прутка инструментальной стали диаметром 100 мм для фрез может производиться на ножовочном станке или дисковой зубчатой пиле. Установить, какой способ экономически более целесообразен (табл. 11).

Таблица 11

Показатели	При отрезке на ножовочном станке	При отрезке на дисковой зубчатой пиле
Норма штучного времени, мин	12	2
Разряд работы	2	2
Ширина пропила, мм	3	7

Вес одного погонного метра стали диаметром 100 мм равен 61,65 кг. Стоимость одной тонны инструментальной стали 2 млн руб.

Ответ: целесообразнее отрезка на ножовочном станке, экономия металла при этом составляет 420 руб.

Задача 7. Обработка многоступенчатого валика может производиться на универсальном токарном станке или на многорезцовом автомате. Определить, на каком станке экономически целесообразнее обрабатывать детали, если их годовая программа составляет 2000, а затраты составляют (табл. 12).

Таблица 12

Показатели	При обработке на токарном станке	При обработке на автомате
З/п станочника, руб/шт.	40,0	10,0
Стоимость наладки, руб/год	8000,	30000,0
Стоимость эксплуатации станка, руб/шт.	10,0	20,0
Стоимость спецоснастки, руб./год	15 000,0	

Ответ: на многорезцовом автомате себестоимость выпуска составляет 105 000 руб.

Задача 8. Заготовкой для детали может быть пруток стали или чугунная отливка. Установить, какой вариант заготовки экономически более целесообразен, если программа подетально составляет 400 шт./год, а затраты при каждом варианте будут следующие (табл. 13).

Таблица 13

Показатели	Пруток	Отливка
Норма расхода металла, кг/шт.	3,0	2,0
Стоимость металла, руб/кг.	80,0	30,0
Заработная плата, руб/шт.	200,0	100,0
Пр. переменные расходы, руб/шт.	310,0	250,0
Расходы на спецоснастку, руб/год	50 000,0	20 000,0

Ответ: в данных условиях целесообразнее использовать заготовку из прутка, так как годовые затраты при этом составляет 350 000,0 руб.

Задача 9. Для изготовления детали разработаны два варианта технологического процесса – обработка резанием и штамповка. Сравнительные данные по вариантам помещены в табл. 14.

Таблица 14

Показатели	Обработка резанием	Штамповка
Чистый вес детали, кг	10	10
Коэффициент использования материала	0,5	0,8
Норма штучного времени, ч.	2	0,5
Средний тарифный разряд работ	3	2
Расходы на оснастку, руб/год	15 000,0	70 000,0
Расходы на наладку, руб/год	5 000,0	10 000,0

Остальные показатели одинаковые для обоих вариантов. Определить, какой вариант экономически целесообразнее при годовой программе количества деталей в 200 шт. Стоимость материала 500,0 руб/кг, отходов – 100,0 руб/кг. Коэффициент дополнительной заработной платы и начислений – 0,15.

Ответ: штамповка – затраты на годовой выпуск составят 1 322 000,0 руб. вместо 2 014 000,0) руб. (при обработке резанием).

Задача 10. Определить экономическую целесообразность применения приспособления для сборки узла, если количество узлов по программе 500 шт/год. Стоимость приспособления 100 000,0 руб. Коэффициент годовых эксплуатационных расходов 0,2. Срок нахождения приспособления в производстве 3 года. Норма времени на рацию при применении приспособления уменьшается с 18 до 12 мин. Тарифный разряд работы – четвертый.

Ответ: при применении приспособления годовые затраты на оснастку (53 000,0) превышают годовую экономию (27 730,0).

Задача 11. Деталь можно изготавливать вручную или на станке. Установить экономическую целесообразность механической обработки детали, если количество деталей по программе 1000 шт./год. Стоимость приспособления 50 000 руб. Коэффициент годовых эксплуатационных расходов 0,3. Срок службы приспособления 3 года. Норма штучного времени (мин): при ручной обработке 30, при станочной – 12. Разряд работ – второй.

Ответ: станочная обработка экономически целесообразна; годовая экономия на заработной плате (127 060,0 руб.) превышает расходы на оснастку в год (31 500,0 руб.).

Задача 12. Фрезерование фигурного паза в детали можно производить по разметке или в приспособлении.

Установить, при каком количестве деталей в год экономически целесообразно применение приспособления для фрезерования, если стоимость приспособления 30 000,0 руб., коэффициент годовых эксплуатационных расходов 0,25, а срок службы приспособления 3 года (табл. 15).

Таблица 15

Показатели	При фрезеровании	
	по разметке	в приспособлении
Заработная плата станочника с начисл., руб./шт.	100	30
Расходы по эксплуатации станка и инструмента, руб./шт.	35	10
Стоимость электроэнергии, руб./шт.	15	10
Всего:	150	50

Ответ: более 174 деталей.

Задача 13. Для выпуска изделия, которое будет находиться в производстве примерно 3 года, требуется изготовить 200 специальных сборных приспособлений. Средняя стоимость одного приспособления 50 руб. (включая расходы на проектирование), коэффициент годовых эксплуатационных расходов 0,3. Установить экономическую целесообразность применения универсального сборного приспособления (УСП) вместо специальных, если стоимость комплекта УСП 20 млн. руб., норма амортизации 10 %. Время па сборку одной компоновки 3 ч., тарифный разряд слесаря по сборке УСП пятый, косвенные расходы 100 % от основной заработной платы. Изделие будет запускаться в производство четыре раза в год.

Ответ: применение УСП целесообразно; годовые расходы на специальную оснастку 6 300 000,0 руб., на УСП – 4 864 000,0 руб.

Задача 14. Установить, при каком количестве наладок целесообразно применение универсально-наладочного приспособления (УНП) вместо специальных, если стоимость специального приспособления 80 000,0 руб., базовой части УНП 100 000,0 руб., а сменной наладки 30 000,0 руб. Коэффициент годовых эксплуатационных расходов для приспособлений и наладки равен 0,3. Коэффициент амортизации базовой части УНП 0,2. Срок службы специального приспособления 3 года.

Ответ: при количестве сменных наладок более 2.

Задача 15. Новое изделие включает 200 наименований оригинальных деталей. Установить аналитически и графически длительность технологической подготовки производства в месяцах на основе данных (табл. 16).

Таблица 16

Этап подготовки	Среднее время	Число занятых работников
Производственный контроль чертежей	1	3
Разработка и ч/технол. карту: технологических процессов	4	5
Разработка технических норм времени	2	2
Проектирование специальной оснастки в ч/чертеж	7	10

Средний коэффициент оснащения 3. Выполнение работ по этапам производится параллельно-последовательно, с разрывом в 5 дней. На изготовление специальной оснастки установлен срок 1 месяц после окончания ее проектирования. В месяце 23 рабочих дня по 8 ч.

Ответ: 4 мес.

Задача 16. Техническая подготовка производства нового изделия включает следующие основные работы со средней продолжительностью в днях:

разработку технической документации 80;

проектирование технологических процессов и техническое нормирование;

конструирование специального оснащения;

изготовление специального оснащения;

Начало работ по технической подготовке 1 февраля. Работы выполняются параллельно-последовательно со смещением. Установить графически длительность технической подготовки в рабочих месяцах и календарный срок окончания работ.

Ответ: 6 мес; 1 сентября.

Задача 17. Проектирование специального технологического оснащения для нового изделия должно быть закончено согласно графику – в течение 3 месяцев. По предварительным расчетам для изделия потребуется оснастка со средней трудоемкостью (табл. 17):

Таблица 17

Инструмент	Количество инструмента, шт.	Среднее время на единицу, ч.
Штампы для холодной штамповки, шт.	100	20
Прессформы, шт.	20	100
Приспособления, шт.	25	20
Специальный режущий и мерительный, шт.	150	6

Определить необходимое число конструкторов для выполнения задания отдельно для крупного, специального режущего и мерительного инструмента, если число рабочих дней в месяце 25, длительность рабочей смены – 7 ч., в субботу – 6 ч.

Ответ: 9 конструкторов для крупного инструмента и 2 конструктора для мерительного инструмента.

Задача 18. Конструкторская подготовка производства включает восемь основных работ, выполняемых последовательно и параллельно (рис. 2).

Рассчитать продолжительность всех путей от исходного события к завершающему и определить критический путь (продолжительность работ указана в неделях).

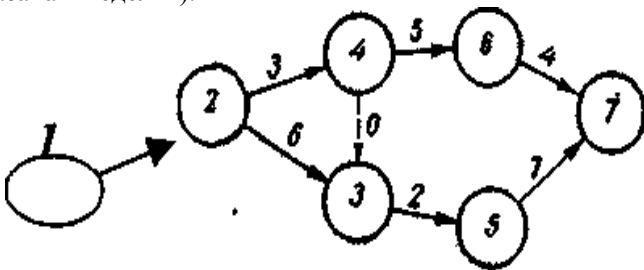


Рис. 2. Укрупненный сетевой график конструкторской подготовки производства

Ответ: $t(L_1) = 16$; $t(L_2) = 19$; $t(L_3) = 18$; $t(L_4) = 18$; $t_{kp} = t(L_2) = 19$.

Занятие 3

Производственная мощность предприятия

Теоретическое обоснование вопроса

Под производственной мощностью предприятия понимается максимально возможный годовой выпуск продукции или объем переработки сырья в номенклатуре и ассортименте. При этом эффективно используется оборудование, рабочие площади с учетом применения прогрессивных технологий, налажена организация труда и производства. Производственная мощность измеряется в штуках, метрах, тоннах и других количественных единицах.

Производственная мощность – структура основных средств, удельный вес их активной части, орудия труда (машины, станки, агрегаты), которые ее составляют материальную основу. Это величина переменная, на которую оказывает влияние множество факторов: прогрессивные технологии, производительность технологического оборудования и т. д. Чем совершеннее машины и оборудование, выше их производительность в единицу времени, тем больше производственная мощность.

На величину технических норм и, соответственно, на производственную мощность оказывает влияние качество предметов труда. Высокое качество сырья, топлива, материалов и полуфабрикатов меньше требует затрат труда и времени на их переработку, следовательно, больше продукции может быть произведено в единицу времени работы оборудования.

Существенное воздействие на величину производственной мощности оказывает квалификация кадров, их культурно-технический уровень и отношение к труду: чем выше квалификация работников, тем меньше брака, поломок, простоев оборудования и выше его производительность. Все эти факторы в комплексе обуславливают величину производственной мощности и принимаются за основу ее расчета.

Методические рекомендации к решению задач

1. Годовой эффективный фонд времени работы одного станка при двухсменной работе:

$$F_3 = [(365 - D_{\text{в}} - D_{\text{п}}) \times t - t_{\text{н}} D_{\text{п.д}}] K_{\text{см}} - 0,95 = 3946 \text{ ч},$$

где 365 – количество дней в году; $D_{\text{п}}$ – праздничные дни; $D_{\text{в}}$ – выходные дни; t – продолжительность рабочего дня, ч.; $D_{\text{п.д}}$ – количество предпраздничных дней; $t_{\text{н}}$ – количество нерабочих часов в предпраздничные дни; $K_{\text{см}}$ – количество смен работы; 0,95 – коэффициент, учитывающий 5 % потерь времени на ремонт.

2. Количество единиц оборудования каждого типоразмера, необходимое для обработки запланированного числа одноименных деталей по данной операции:

$$C_{\text{расч.}} = N_{\text{изд}} \times t / F_3 \times \kappa_{\text{в}} \times 60,$$

где $N_{\text{изд}}$ – количество одноименных единиц продукции, обрабатываемых на данном типе оборудования; t – норма времени на обработку одной единицы продукции (детали, комплекта и т. д.), мин; $\kappa_{\text{в}}$ – планируемый коэффициент выполнения норм.

3. При обработке нескольких номенклатур деталей на группе станков одного технологического назначения и типоразмера их количество определяется по формуле:

$$C_{\text{расч.}} = (N_{\text{изд}} \times t) / F_3 - K_{\text{в}} \times 60.$$

Коэффициент загрузки оборудования во времени

$$K_{\text{з.о.}} = (\sum N_{\text{дет}} \times t) / C_{\text{прин}} F_3 \times \kappa_{\text{в}} \times 60,$$

где $C_{\text{прин}}$ – принятое количество станков.

5. Различают два показателя использования оборудования: коэффициент экстенсивной загрузки и коэффициент интенсивной загрузки. Первый из них определяется как отношение времени фактической работы оборудования к запланированному времени. Например, в течение месяца при двухсменном режиме работы станок по плану должен отработать 332 ч. Фактически он был загружен только на 310 ч. В этом случае коэффициент экстенсивной загрузки равен: $310 : 332 = 0,93$.

Второй показатель – это отношение фактически изготовленной продукции за определенное время к запланированной. Например, при $t = 0,5$ ч. и фактической работе станка в течение месяца 310 ч. плановая выработка должна составить $310 / 0,5 = 620$ деталей. Фактически было изготовлено 590 шт. Коэффициент интенсивной загрузки будет равен: $590 / 620 = 0,95$.

Произведение этих двух коэффициентов даст общий (интегральный) коэффициент использования оборудования. В нашем примере он составит: $0,93 \times 0,95 = 0,88$.

6. Производственная мощность группы однотипных станков

$$P_{\text{м}} = F_3 \times C_{\text{прин}} \times \kappa_{\text{в}} / t.$$

7. Коэффициент сменности работы оборудования определяется отношением общего количества отработанных за отчетный период станко-часов к количеству станко-часов в одну смену при занятости всех рабочих мест. Например, при наличии в цехе 100 станков, двухсменном режиме работы, 25 рабочих днях и семичасовой их продолжительности

было отработано 28500 станко-ч. Коэффициент сменности будет равен:

$$28500 / 100 \times 25 \times 8 = 1,63.$$

8. В сборочных цехах единичного и серийного производства и на формовочных участках литейных цехов работа выполняется непосредственно на площади цеха. Пропускная способность площади цеха:

$$P_{ц} = F_{ц} \times S \times t \times (1 - A_{пл}) / 100 \text{ м}^2 / \text{ч},$$

где $P_{ц}$ – площадь цеха (м^2); S – количество рабочих смен в плановом периоде; t – продолжительность рабочего дня (ч.); $A_{пл}$ – вспомогательная площадь (проходы, проезды и т. д.), выраженная в процентах ко всей площади цеха (%).

9. Необходимое количество квадратных метро-часов ($\text{м}^2/\text{ч}$) на выполнение установленного плана сборки можно определяется по формуле:

$$P_{сб} = \sum N_{изд} \times T_{цсб} \times F_{изд} (1 + C_{пл} / 100),$$

где $N_{изд}$ – количество подлежащих сборке изделий; $T_{цсб}$ – длительность цикла сборки одного изделия (ч.); $F_{изд}$ – площадь одного изделия (м^2); $C_{пл}$ – дополнительная площадь, занимаемая рабочими, приспособлениями и деталями (% от габарита изделия).

10. Коэффициент планового использования площади $\kappa_{пл}$ определяется как частное от деления необходимого количества квадратных метро-часов по программе на пропускную способность площади цеха, рассчитанную в квадратных метро-часах (днях):

$$\kappa_{пл} = P_{сб} / P_{пл}.$$

Типовые задачи с решениями

Задача 1. Месячная программа токарного участка механического цеха – 5000 шестерен. Трудоемкость токарной операции 0,7 нормо-ч. Режим работы оборудования двухсменный. Планируемая выработка нормы –120 %. Определить расчетное и фактически принятое количество станков и коэффициент загрузки этой группы станков.

Решение

Принимаем $P_3 = 330$ ч.

$$C = 5000 \times 0,7 / 330 \times 1,2 = 8,75$$

(принимаем 9 станков).

$$\text{Коэффициент загрузки: } K_{3,о} = 5000 \times 0,7 / 8,75 \times 330 \times 1,2 = 0,97$$

Ответ: $C_{рас.} \approx 9$ станков.

Задача 2. В сборочном цехе машиностроительного завода согласно годовому плану должно быть собрано 30 машин. Площадь, необходимая для сборки одной машины, 160 м^2 , продолжительность сборки

20 дней. Годовой фонд времени работы цеха 305 дней. Работа одно-
сменная. Продолжительность рабочего дня семичасовая. Производ-
ственная площадь сборочного цеха 320 м². Определить коэффициент
использования площади цеха.

Задачи для самостоятельного решения

Решение

$$P_{\text{пл}} = 320 \times 305 = 97\,600 \text{ кв. м. дней.}$$

$$P_{\text{сб}} = 30 \times 20 \times 160 = 96\,000 \text{ кв. м.-дней.}$$

$$K_{\text{го}} = 96000 / 97600 = 0,99$$

Ответ: $\kappa = 0,99$.

Задача 1. На производственном участке механического цеха в те-
чение квартала (76 рабочих дней, 13 выходных) должно быть изготов-
лено 15 000 валов. Технологический процесс изготовления одного вала
(табл. 18).

Таблица 18

№ операции	Операция	Норма времени, ч.	Планируемый процент выполнения норм
1	Токарная	0,4	115
2	Фрезерная	0,85	112
3	Сверлильная	0,25	110

Режим работы участка двухсменный. Потери времени на капи-
тальный ремонт запланированы в 6 %. Определить необходимое коли-
чество станков и коэффициенты их загрузки.

Ответ: 6 токарных станков ; 0,9.

Задача 2. На изготовление машины расходуется 1400 кг поковок.
Годовая производственная программа 4100 машин. Поковки изготов-
ляются на прессе с часовой производительностью в 2 т. Режим работы
пресса двухсменный. Потери времени на ремонт 5 %. Определить ко-
эффициент загрузки пресса.

Ответ. 0,72.

Задача 3. В литейном цехе машиностроительного завода в 2006 г.
процент брака по отношению к годному литью составлял 5,5, а в 2007 г. –
4,9 %. Годовой выпуск литья 46,8 тыс. т. Определить, на сколько увели-
чился выпуск годного литья за счет снижения брака.

Ответ. 281 / 77.

Задача 4. За группой фрезерных станков, состоящей из 25 единиц,
закреплены детали (табл. 19).

Таблица 19

Наименование	Действующая норма времени	Программа в год	Планируемый процент выполнения норм
А	28,0	1600	110
Б	14,5	550	115
В	85,0	610	112

Режим работы двухсменный. Потери на ремонт 8 %. Определить процент загрузки оборудования.

Ответ: 97 %.

Задача 5. Пользуясь данными задачи 5, 6, подсчитать коэффициент интенсивной загрузки этой группы станков и интегральный (общий) коэффициент загрузки, если известно, что деталей А фактически было обработано 1300 шт., а деталей В – 500 шт.

Ответ: 0,83; 0,8.

Задача 6. На сборочном участке площадью в 300 м², работающем в одну смену по годовому плану, должно быть собрано 410 приборов. Средняя площадь, необходимая для сборки одного прибора, 2,2 м². Продолжительность сборки одного изделия 70 ч. Определить коэффициент использования сборочной площади.

Ответ. 0,92.

Задача 7. Определить коэффициент использования площади формовочного участка литейного цеха, исходя из следующих данных: годовая программа цеха включает изготовление 2000 корпусов и 5000 кронштейнов. Формовочная площадь под опокой для корпусных деталей 2 м², а количество моделей в ней 1 шт. Площадь опоки для кронштейнов 6 м², а количество моделей в ней – 2 шт. Нормированное время нахождения на площади опок: для корпусов 3 ч., а для кронштейнов 6 ч. Среднее выполнение норм на участке – 115 %. Формовочная площадь участка 25 м², а годовой фонд времени 4350 ч.

Ответ: 0,81.

Задача 8. Имеются данные о работе сборочного цеха машиностроительного завода (табл. 20).

Таблица 20

Изделие	План, шт.	Цикл сборки, ч.	Удельная площадь, кв. м. ²
№ 1	200	300	30
№ 2	100	200	10
№ 3	50	100	20

Планируемый период – год. Режим работы двухсменный. Производственная площадь цеха 600 м². Определить, насколько процентов

загружена площадь сборочного цеха и возможный процент увеличения производственной программы цеха.

Ответ: 84 %; 19 %.

Задача 9. На основании произведенных расчетов производственной мощности различных групп станков участка механического цеха получены данные (табл. 21).

Таблица 21

Станки	Количество станков в группе	Производственная мощность в % от требуемой
Револьверные	6	130,0
Сверлильные	4	129,5
Долбежные	2	94,0
Строгальные	4	98,0

Определить, какое количество станков по группам следует установить дополнительно, чтобы производственная мощность участка в целом увеличилась на 30 %.

Ответ: один долбежный, один строгальный.

Задача 10. В сборочном цехе станкостроительного завода в течение года (305 рабочих дней) следует собрать 60 токарных станков. Определить необходимую для выполнения этой работы производственную площадь, если известно, что для сборки одного станка требуется 45 м^2 , а цикл сборки 30 дней.

Ответ: 266 м^2 .

Задача 11. Трудоемкость обработки комплекта деталей для изделия А на револьверных станках составляет 180 нормо-ч. Планируемая выработка нормы 110 %. Определить производственную мощность револьверного участка, состоящего из 27 станков, в течение года.

Ответ: 628 комплектов.

Задача 12. Годовая программа сборочного цеха 175 машин. Площадь для сборки одного изделия 45 м^2 . Длительность цикла сборки одной машины на начало года 35 дней. Благодаря проводимой механизации сборочных работ, запланировано цикл сборки к концу года довести до 30 дней. Режим работы цеха двухсменный; эффективный фонд времени в течение года – 305 раб. дней; производственная площадь 950 м^2 . Определить необходимую производственную площадь на начало и конец года; высвобождаемую сборочную площадь к концу года.

Ответ. 904 м^2 ; 774 м^2 ; 230 м^2 .

Задача 13. Определить коэффициент сменности работы оборудования механического цеха, если известно, что в нем установлено

210 станков. За отчетный квартал было 74 раб. дня при семичасовой их продолжительности и отработано было 182 300 станко-ч.

Ответ: 1,7.

Задача 14. Согласно годовой производственной программе, в сборочном цехе площадью в 950 м^2 должно быть собрано 175 машин. Удельная площадь для сборки одного изделия 45 м^2 . Длительность цикла сборки одной машины на начало года – 35 дней. Благодаря намеченной механизации сборочных работ, запланировано продолжительность сборки машины довести к концу года до 30 дней. Эффективный годовой фонд времени работы сборочного цеха 305 дней при двухсменном режиме. Определить необходимую производственную площадь для выполнения программы на начало и конец года; коэффициент загрузки производственной площади цеха; высвобождаемую площадь к концу года.

Ответ: 904 м^2 ; 774 м^2 ; 0,95; 0,81; 230 м^2 .

Задача 15. Согласно годовой программе, на формовочном участке литейного цеха следует заформовать 4200 деталей. В одной опоке одновременно формуются две детали. Площадь опоки $2,4 \text{ м}^2$. Продолжительность формовки 56 ч. Производственная площадь формовочного участка 160 кв. м. Режим работы – одна смена. Определить коэффициент использования площади формовочного участка.

Ответ: 0,85.

Задача 16. За тремя токарными станками закреплена обработка деталей (табл. 22).

Таблица 22

Деталь	Годовая программа	Норма времени на одну деталь, ч.	Трудоемкость, станко-ч.
Вал	12 000	0,25	3000
Втулка	8 000	0,5	4000
Шайба	2 400	1,3	3120
Цилиндр	1 200	0,75	900

Режим работы – две смены. При обработке втулок планируется выполнение норм времени на 120 %, а на остальных работах на 100 %. Определить плановый процент загрузки этой группы станков.

Ответ: 84 %.

Занятие 4

Организация поточного производства

Расчет показателей непрерывно-поточной линии

1. **Такт потока** r (мин) рассчитывается по формуле:

$$r = F/N_{\text{в}},$$

где F – эффективный (действительный) фонд времени работы линии за расчетный период (смену, сутки, месяц, год) с учетом потерь на капитальный ремонт оборудования и регламентированные перерывы (мин); $N_{\text{в}}$ – программа выпуска (или N_3 – программа запуска) за тот же период времени (шт.).

Программа запуска рассчитывается по формуле:

$$N_3 = N \times 100/(100 - Б),$$

где Б – неизбежный технологический брак в %.

При расчете такта непрерывно-поточной линии необходимо учитывать:

1) если поточная линия оснащена рабочим конвейером непрерывного действия (операции выполняются во время движения изделия на конвейере), то

$$r = t_{\text{в}},$$

где $t_{\text{в}}$ – время выполнения любой операции на линии (мин);

2) если поточная линия оснащена рабочим конвейером прерывного (пульсирующего) действия (операции выполняются во время остановки конвейера), то

$$r = t_{\text{в}} + t_{\text{мп}},$$

где $t_{\text{мп}}$ – время на перемещение изделия от одного рабочего места до другого (мин);

3) если поточная линия оснащена распределительным конвейером непрерывного действия (операции выполняются вне конвейера)

$$r = t_{\text{мп}}.$$

2. **Ритм потока** R (мин) рассчитывается в том случае, если передача предмета труда с одного рабочего места на другое осуществляется транспортными (передаточными) партиями. Расчет ритма партии можно произвести по формуле:

$$R = r n_{\text{мп}},$$

где $n_{\text{мп}}$ – количество деталей (изделий) в транспортной партии (шт.)

3. При определении количества рабочих мест на поточной линии C имеют место два случая:

а) все операции на потоке синхронизированы, то есть равны между собой во времени и равны такту потока. Тогда количество рабочих мест на линии совпадает с количеством операций:

$$C_{\text{п}} = m,$$

где m – количество операций па линии, а поточная линия в этом случае оснащается рабочими конвейерами;

б) операции на потоке не равны между собой, но кратны такту потока. В данном случае количество рабочих мест на отдельно взятой операции определяется по формуле:

$$C = t/r,$$

где t – норма времени на операцию (мин).

Так как некоторые операции технологического процесса изготовления изделия (детали) на линии могут быть не кратны такту потока, то коэффициент загрузки рабочих мест по операциям рассчитывается по формуле:

$$K_3 = C_p/C_{\text{пр}},$$

где C_p – количество рабочих мест на операции по расчету; $C_{\text{пр}}$ – количество рабочих мест на операции принятое на всей поточной линии.

$$C_{\text{л}} = \sum C.$$

Поточная линия в этом случае оснащается распределительным конвейером.

4. Скорость движения конвейера V (м/мин) рассчитывается:
для непрерывно действующего конвейера:

$$V = l/r,$$

где l – расстояние между двумя смежными изделиями или рабочими местами на линии (шаг конвейера) (м);

для прерывно-действующего (пульсирующего) конвейера

$$V = l / t_{\text{пр.}}$$

5. Длина рабочей части конвейера L (м) рассчитывается:

а) при одностороннем расположении рабочих мест на линии –

$$L = l \times C_{\text{л}};$$

б) при двухстороннем расположении рабочих мест на линии –

$$L = l \times C_{\text{л}}/2;$$

в) для распределительного конвейера –

$$L = l \times \Pi \times K,$$

где Π – период (комплект номеров) распределительного конвейера (определяется как наименьшее кратное из числа рабочих мест по всем операциям техпроцесса); K – количество периодов на распределительном конвейере.

6. Длительность технологического цикла изготовления детали (изделия) на потоке T (мин), рассчитывается:

а) на линии, оснащенной рабочим непрерывно-действующим конвейером,

$$T = tC_{\text{л}};$$

б) на линии, оснащенной рабочим конвейером прерывного (пульсирующего) действия,

$$T = t_{\text{в}}C_{\text{л}} + t_{\text{мп}}(C_{\text{л}} - 1);$$

в) на линии, оснащенной распределительным конвейером,

$$T = rC_{\text{л}} + L/v.$$

7. Заделы на потоке Z (шт.) рассчитываются:

а) технологический ($Z_{\text{тех}}$) –

$$Z_{\text{тех}} = \sum_1^m q \times C,$$

где q – количество деталей (изделий) одновременно изготавливаемых на одном рабочем месте (шт.);

б) транспортный задел ($Z_{\text{мп}}$) –

$$Z_{\text{мп}} = n_{\text{мп}}(C_{\text{л}} - 1);$$

в) страховой задел ($Z_{\text{смп}}$) –

$$Z_{\text{смп}} = \sum_1^m t_{\text{пер}}/r,$$

где $t_{\text{пер}}$ – средняя продолжительность перерыва в работе одного рабочего места (мин).

Расчет показателей прерывно-поточной (прямоточной) линии

1. Такт прямоточной линии, количество рабочих мест по операциям, коэффициент их загрузки рассчитываются таким же образом, как и для непрерывно-поточной линии.

2. Количество рабочих, обслуживающих каждое рабочее место (станок) и всю прямоточную линию, рассчитывается на основе загрузки рабочих мест по операциям с учетом возможного многостаночного обслуживания и совмещения операций. Для этого составляется график работы оборудования и рабочих прямоточной линии.

3. Межоперационные (оборотные) заделы на прямоточной линии могут быть только между смежными операциями, имеющими различную длительность обработки, и рассчитываются на основе графика-регламента работы прямоточной линии.

Максимальная величина межоперационного задела Z_{max} определяется разностью производительностей смежных операций за один и тот же период:

$$Z_{max} = T_n C_1 / t_1 - T_n C_2 / t_2,$$

где T_n – время параллельной (одновременной) работы на смежных операциях (мин); C_1 и C_2 – количество станков, работающих в течение времени T_n на смежных операциях; t_1 и t_2 – нормы времени на смежные операции (мин).

Межоперационный задел рассчитывается для каждого случая изменения T_n на протяжении всего периода комплектования задела R_3 . Величина его может изменяться от нуля до максимума и от максимума до нуля.

Если межоперационный задел по расчету равен положительной величине (со знаком плюс), то это означает, что он возрастает за период T_n от нуля до максимума, однако если он равен отрицательной величине (со знаком минус), то за период T_n уменьшается от максимума до нуля.

На основе расчета межоперационных заделов строится график их движения.

Расчет показателей переменного-поточной (многономенклатурной) линии

1. Общий условный (приведенный) такт потока $t_{пр}$ (мин) рассчитывается по формуле:

$$t_{пр} = F_3 / (N_a + N_b K_b + N_c K_c + \dots + N_n K_n),$$

где F_3 – эффективный фонд времени работы переменного-поточной линии за расчетный период с учетом потерь времени на переналадку оборудования (мин); $N_a, N_b, N_c, \dots, N_n$ – программа выпуска деталей (изделий) каждого наименования с переменного-поточной линии за тот же период времени (шт.); $K_b, K_c, \dots, K_n$ – коэффициенты приведения соответствующих деталей по трудоемкости.

2. Коэффициент приведения деталей по трудоемкости $K_{\text{пр}}$

$$K_{\text{пр}} = T_{\text{пр}}/T_y,$$

где $T_{\text{пр}}$ – трудоемкость изготовления детали, приводимой к трудоемкости детали, принятой условно за единицу (мин); T_y – трудоемкость изготовления детали, принятой условно за единицу (мин).

3. Частный (рабочий) такт выпуска детали данного вида (мин)

$$r_i = r_{\text{пр}} \times K_{\text{пр},i},$$

где $K_{\text{пр},i}$ – коэффициент приведения детали данного вида.

4. Количество рабочих мест (станков) на данной операции для обработки детали данного вида C :

$$C = t_i/r_i,$$

где t_i – норма времени на обработку детали данного вида на данной операции (мин).

Общее количество станков (рабочих мест), необходимое для обработки деталей всех видов на данной операции $C_{\text{он}}$, может быть принято равным наибольшему значению C_{max} из числа станков по обработке деталей каждого отдельно взятого вида на данной операции. Это можно выразить так:

$$C_{\text{он}} = C_{\text{max}}.$$

Если количество станков по обработке деталей каждого вида на данной операции между собой одинаковое, то общее количество станков по данной операции $C_{\text{он}}$ принимается равным числу станков по обработке какого-либо одного вида деталей на этой операции.

Общее количество станков на всей переменно-поточной линии можно определить по формуле:

$$C_{\text{л}} = \sum_1^m C_{\text{он}},$$

где m – количество операций на линии.

5. Коэффициент загрузки рабочих мест (станков) по обработке данного вида детали на данной операции η_i рассчитывается таким же образом, как и на непрерывно-поточной линии:

$$\eta_i = C_{i,\text{р}}/C_{i,\text{пр}},$$

где $C_{i,\text{р}}$ – расчетное количество станков для обработки детали каждого вида; $C_{i,\text{пр}}$ – принятое количество станков (рабочих мест) на данной операции по обработке детали данного вида.

Средний коэффициент загрузки станков на данной операции можно определить по формуле

$$\eta_i = \sum C_{i.p} / C_{on} \times n,$$

где n – количество видов (типоразмеров) деталей, обрабатываемых на данной операции.

Средний коэффициент загрузки станков всей переменного-поточной линии можно определить по формуле

$$\eta_{ср.л} = \sum \eta_{ср.оп} / n$$

Если обработка деталей каждого вида не подразделяется на отдельные операции (трудоемкость обработки одной штуки дается без подразделения по операциям), то количество станков, необходимое для обработки деталей данного вида, можно определить по формуле

$$C_i = N_i - T_i / F_3,$$

а для обработки всех видов деталей на линии –

$$C_{л} = \sum N_i \times T_i / F_3,$$

где N_i – программа выпуска деталей каждого вида за планируемый период (шт.); T_i – трудоемкость обработки одной детали по всем операциям (мин); F_3 – эффективный фонд времени работы поточной линии за планируемый период (мин).

Средний коэффициент загрузки станков по обработке детали данного вида в этом случае определяется по формуле

$$\eta_{ср.л} = C_{i.p} / C_{i.пр},$$

а для всей линии по формуле

$$\eta_{ср.л} = \sum C_{i.p} / \sum C_{i.пр},$$

где $C_{i.p}$ и $C_{i.пр}$ – расчетное и принятое количество станков для обработки каждого вида деталей.

Рабочий такт выпуска деталей данного вида в этом случае определяется по формуле:

$$r_i = T_i / C_{л}.$$

6. Периодичность (ритм) запуска партии деталей данного типоразмера определяется по формуле:

$$R = F_d \times K / N_3,$$

где F_d – действительный фонд времени работы линии по изготовлению всех деталей данного типоразмера за планируемый период в днях; N_3 –

программа запуска деталей данного типоразмера (шт.); K – величина партии деталей (шт.).

Действительный фонд времени работы линии по изготовлению деталей данного типоразмера можно определить по формуле:

$$F_d = F_э - N_i \times T_i / \sum N \times T,$$

где $F_э$ – эффективный месячный фонд времени работы линии с учетом потерь времени на переналадку оборудования линии; N_i – программа выпуска деталей данного типоразмера за месяц; N – программа выпуска деталей других типоразмеров за месяц; T_i – трудоемкость изготовления детали данного типоразмера; T – трудоемкость изготовления детали другого типоразмера.

7. Продолжительность периода T_o (в сменах) выпуска каждого вида деталей можно определить по формуле:

$$T_o = F_э / \varphi \times 480 \text{ или } T_o = N_i r_i / 480,$$

где 480 – продолжительность рабочей смены (мин); φ – удельный вес трудоемкости деталей (изделий) данного вида по всем операциям в общей трудоемкости деталей (изделий) всех видов.

8. План-график работы переменного-проточной линии составляется на основании номенклатуры закрепленных за линией деталей, периода времени выполнения программы (задания) по каждому виду деталей, количеству станков по каждому виду обработки и частных (рабочих) тактов. План-график работы линии составляется на каждый месяц.

Типовые задачи с решениями

Задача 1. Длительность сборки одного изделия на пульсирующем конвейере 45 мин. Скорость движения конвейера 6 м/мин. Время перемещения изделия с одного рабочего места на другое в пять раз меньше времени выполнения каждой операции. Шаг конвейера 1,8 м. Режим работы линии двухсменный. Регламентированные перерывы на отдых 20 мин в смену. Определить количество рабочих мест на линии и выпуск изделий с конвейера за сутки.

Решение

Время перемещения изделия с одного рабочего места на другое $t_{\text{мп}} = 1,8 / 6 = 0,3$ мин.

Время выполнения каждой операции $t_b = t_{\text{мп}} \times 5 = 0,3 \times 5 = 1,5$ мин.

Количество рабочих мест на потоке $C_{\text{л}} = \sum t_{\text{сб}} / t_b = 45 / 1,5 = 30$.

Такт потока $r = 0,3 + 1,5 = 1,8$ мин.

Выпуск изделий с конвейера за сутки $N = (8 \times 60 - 20) \times 2 / 1,8 = 444$ шт.

Ответ: $C_{\text{л}} = 30$; $N = 444$ шт.

Задача 2. Через каждые 4 мин с пульсирующего конвейера выпускается одно изделие. Время перемещения изделия по всей длине рабочей части конвейера составляет 12 мин. Время выполнения каждой операции на рабочем месте 3,4 мин. Длина рабочей части конвейера 31,5 м. Определить количество рабочих мест на конвейере и скорость движения конвейерной ленты.

Решение

Время перемещения изделия с одного рабочего места на другое:
 $t_{\text{мп}} = 4 - 3,4 = 0,6$ мин.

Количество рабочих мест на конвейере: $C_{\text{л}} = (12 + 0,6) / 0,6 = 21$.

Шаг конвейера: $l = 31,5 / 21 = 1,5$ м.

Скорость движения конвейерной ленты: $v = 1,5 / 0,6 = 2,5$ м/мин.

Ответ. $C_{\text{л}} = 21$; $v = 2,5$ м/мин.

Задача 3. На поточной линии, оснащенной распределительным конвейером, обработка деталей происходит транспортными партиями. Каждая партия состоит из четырех деталей. Технологический процесс обработки одной детали состоит из шести операций, продолжительность которых составляет (мин): $t_1 = 1,5$, $t_2 = 3,1$, $t_3 = 4,7$, $t_4 = 1,6$, $t_5 = 4,6$, $t_6 = 1,5$. На конвейерной ленте установлены лотки, в которые складываются детали. Длина лотка 600 мм, ширина 400 мм. Расстояние между лотками (зазор) 800 мм. По всей длине конвейера размещено три комплекта лотков. Программа выпуска 500 деталей в сутки. Режим работы двухсменный. Регламентированные перерывы на отдых 20 мин в смену. Определить период работы конвейера, скорость движения конвейера, длину конвейера и номера лотков, закрепленных за каждым рабочим местом (табл. 23).

Решение

Такт потока: $r = (7 \times 60 - 20) \times 2 / 500 = 1,6$ мин.

Ритм потока: $R = 1,6 \times 4 = 6,4$ мин.

Количество рабочих мест на каждой операции:

$C_1 = 1,5 \times 4 / 6,4 = 0,9$; $C_{\text{пр}} = 1$; $C_2 = 3,1 \times 4 / 6,4 = 1,9$; $C_{\text{пр}} = 2$;

$C_3 = 4,7 \times 4 / 6,4 = 2,9$; $C_{\text{пр}} = 3$; $C_4 = 1,6 \times 4 / 6,4 = 1$; $C_{\text{пр}} = 1$;

$C_5 = 4,6 \times 4 / 6,4 = 2,87$; $C_{\text{пр}} = 3$; $C_6 = 1,5 \times 4 / 6,4 = 1$; $C_{\text{пр}} = 1$.

Количество рабочих мест: $C_{\text{л}} = 1 + 2 + 3 + 1 + 3 + 1 = 11$.

Период конвейера (общее наименьшее кратное из числа рабочих мест по всем операциям техпроцесса):

$$П = 2 \times 3 + 6.$$

Шаг конвейера: $L = l_{\text{лотка}} + l_{\text{зазора}} = 600 + 800 = 1400$ мм.

Скорость движения конвейера: $v = 1,4 / 6,4 = 0,22$ м/мин.

Таблица 23

Номера лотков, закрепленных за рабочими местами

№ операции	Количество рабочих мест на операции	№ рабочих мест на операции	№ лотка за рабочими местами	Кол-во закрепленных лотков за каждым рабочим местом
1	1	1	1, 2, 3, 4, 5, 6	6
2	2	1	1, 3, 5	3
2	2	2	2, 4, 6	3
3	3	1	1, 4	2
3	3	2	2, 5	2
3	3	3	3, 6	2
4	1	1	1, 2, 3, 4, 5, 6	6
5	3	1	1, 4	2
5	3	2	2, 5	2
5	3	3	3, 6	2
6	1	1	1, 2, 3, 4, 5, 6	6
7	1	1	1, 2, 3, 4, 5, 6	6

Задача 4. Прямоточная линия обработки детали работает в одну смену. Технологический процесс обработки детали (табл. 24).

Таблица 24

№ операции	Операция	Норма времени, мин
1	Фрезерная	18
2	Сверлильная	4
3	Токарная черновая	6
4	Токарная чистовая	4
5	Шлифовальная	8

Определить такт потока и программу выпуска за смену, при которой прямоточная линия может работать как непрерывно-поточная.

Решение

Тактом непрерывно-поточной линии в данном случае является число, которое составит общий делитель всех норм времени операций. Таким делителем является число 2, так как все нормы времени делятся на это число без остатка. Программа выпуска линии: $N = 7 \times 60 / 2 = 210$ шт.

Задача 5. Такт прямоточной линии 7 мин. Продолжительность четырех последовательных операций на линии (мин): $t_1 = 6$, $t_2 = 4$, $t_3 = 5$, $t_4 = 7$. Каждая операция выполняется на одном станке. Линия работает в одну смену. Определить занятость каждого станка в течение смены

Решение

Производительность поточной линии за смену: $N = 7 \times 60 / 7 = 60$ дет.

Часовая производительность каждого станка: $n_1 = 60 / t_1 = 60 / 6 = 10$ дет.; $n_2 = 60 / t_2 = 60 / 4 = 15$ дет.; $n_3 = 60 / t_3 = 60 / 5 = 12$ дет.; $n_4 = 60 / t_4 = 60 / 7 = 9$ дет.

Занятость каждого станка: $F_1 = N / n_1 = 60 / 10 = 6$ ч.; $F_2 = N / n_2 = 60 / 15 = 4$ ч.; $F_3 = N / n_3 = 60 / 12 = 5$ ч.; $F_4 = N / n_4 = 60 / 9 = 6,7$ ч.

Задачи для самостоятельного решения

Задача 1. Рабочий конвейер непрерывного действия имеет форму замкнутого кольца длиной 80 м. Скорость движения конвейерной ленты 0,4 м/мин. В течение рабочей смены конвейер совершает несколько оборотов (рейсов), причем за каждый рейс конвейер делает две остановки по 5 мин. Определить количество оборотов (рейсов) конвейера за смену.

Ответ: $n_4 = 2$.

Задача 2. На участке механического цеха обработку шестерни перевели на поток. Трудоемкость обработки шестерни до перехода на поток составляла 140 мин. При переходе на поточный метод обработки были проведены организационно-технические мероприятия по совершенствованию технологии производства и организации труда, в результате чего трудоемкость обработки шестерни удалось сократить до 80 мин. Режим работы до и после перехода на поток – двухсменный. Регламентированные перерывы на линии 20 мин в смену. Определить производительность участка за год до ($N_{до}$) и после ($N_{пос}$) перехода на поток.

Ответ: $N_{до} = 1780$ шт.; $N_{пос} = 2963$ шт.

Задача 3. В цехе организован «стационарный поток» сборки турбин специализированными бригадами, каждая из которых состоит из 5 чел. Трудоемкость сборки одной турбины на стенде составляет 60 нормо-ч. Количество стендов в цехе 10. Цех работает в две смены. Количество рабочих дней в году 305, в том числе субботних и предпраздничных 58. Коэффициент выполнения нормы 1,2. Определись такт перехода каждой бригады с одного рабочего места на другое и выпуск турбин за год.

Ответ: $r = 1$ ч.; $N = 4154$ шт.

Задача 4. Сборка узла производится па рабочем конвейере непрерывного действия. Трудоемкость сборочных операций 1,5 ч. Линия работает с тактом 5 мин. Расстояние между смежными рабочими местами

3 м; рабочие места расположены по обе стороны конвейера в шахматном порядке. Определить скорость движения конвейера, а также его длину.

Ответ: $v = 0,6 \text{ м/мин}$; $L = 27 \text{ м}$.

Задача 5. Скорость движения рабочего конвейера непрерывного действия $0,5 \text{ м/мин}$. На перемещение изделия вдоль всей его рабочей части затрачивается 75 мин. Шаг конвейера $1,5 \text{ м}$. Линия работает в одну смену. Регламентированные перерывы 30 мин в смену. Определить количество рабочих мест на линии и выпуск изделий за смену.

Ответ: $C_{\text{л}} = 25$; $N = 130 \text{ шт.}$

Задача 6. Число операций на рабочем конвейере 18. В результате улучшения организации труда на рабочих местах продолжительность выполнения каждой операции сократилась на $0,5 \text{ мин}$. Фактически за месяц с конвейера было выпущено 5080 изделий. Конвейер работал в две смены. Число рабочих дней в месяце 26, в том числе четыре суббота. Регламентированные перерывы 20 мин в смену.

Определить плановый выпуск изделий с конвейера за месяц и плановую длительность технологического цикла изготовления изделия на конвейере.

Ответ: $N = 4515 \text{ шт.}$; $T = 81 \text{ мин.}$

Задача 7. Продолжительность перемещения изделия по всей длине рабочего конвейера непрерывного действия составляла 48 мин. В результате улучшения организации труда скорость движения конвейера увеличилась на 25 %. Конвейер работает в две смены. Регламентированные перерывы на отдых 20 мин в смену. Количество рабочих мест на конвейере 24. Шаг конвейера $1,6 \text{ м}$. Определить после улучшения организации труда скорость движения конвейерной ленты и производительность конвейера за сутки.

Ответ: $v = 1 \text{ м/мин}$; $N = 500 \text{ шт.}$

Задача 8. Рабочий конвейер непрерывного действия работает в две смены. Число операций на конвейере 25. Длительность технологического цикла изготовления изделия на конвейере была установлена в 75 мин. В результате улучшения методов труда на рабочих местах программа выпуска изделий за месяц выполнена на 110 %. Количество рабочих дней в месяце 26, в том числе пять суббота и предпраздничных. Регламентированные перерывы на отдых 20 мин в смену. Определить выпуск изделий за месяц и такт потока.

Ответ: $N = 7406 \text{ шт.}$; $r = 2,7 \text{ мин.}$

Задача 9. За смену с пульсирующего конвейера выпускается 100 изделий. Длительность технологического цикла изготовления (сборки) изделия на конвейере $51,7 \text{ мин}$. Скорость движения конвейера 5 м/мин . Шаг конвейера $1,5 \text{ м}$. Регламентированные перерывы на отдых 20 мин в смену. Определить продолжительность выполнения каждой

операции на рабочем месте и количество рабочих мест на конвейере.

Ответ: $t_b = 3,7$ мин; $C_n = 13$.

Задача 10. За смену с пульсирующего конвейера выпускается 160 изделий. Такт потока в 10 раз больше времени перемещения изделия из одного рабочего места на другое. Длина рабочей части конвейера 26,4 м. Длительность технологического цикла изготовления изделия на конвейере 54,75 мин. Регламентированные перерывы на отдых 20 мин в смену. Определить шаг конвейера и скорость движения конвейерной ленты.

Ответ: $l = 1,2$ м; $v = 4,8$ м/мин.

Задача 11. Сборка изделия происходит на пульсирующем конвейере. За смену с конвейера выпускается 80 изделий. Технологический процесс сборки изделия состоит из 16 операций. Время на перемещение изделия из одного рабочего места на другое равно 0,2 мин. Расстояние между центрами двух смежных рабочих мест 1,4 м. Регламентированные перерывы на отдых 20 мин в смену. Определить скорость движения конвейерной ленты, длину рабочей части конвейера и длительность технологического цикла сборки изделия на конвейере.

Ответ: $v = 7$ м/мин; $L = 22,4$ м; $T = 79,8$ мин.

Задача 12. Количество рабочих мест на пульсирующем конвейере 16. Длительность технологического цикла сборки изделия на конвейерной ленте 70 мин. Продолжительность выполнения каждой операции на рабочем месте 4 мин. Конвейер работает в две смены. По условиям производства конвейер работает с двумя перерывами в смену по 10 мин каждый. Определить время, необходимое для перемещения изделия из одного рабочего места на другое, а также выпуск изделий с конвейера за сутки.

Ответ: $t_{mp} = 0,4$ мин; $N = 182$ шт.

Задача 13. Технологический процесс сборки изделия на пульсирующем конвейере состоит из 14 операций. Продолжительность выполнения каждой операции на рабочем месте 4 мин. Скорость движения конвейерной ленты 6 м/мин. Шаг конвейера 1,8 м. Линия работает в две смены. Регламентированные перерывы на отдых 20 мин в смену. Определить такт потока, производительность поточной линии за сутки и длительность технологического цикла сборки изделия на конвейере.

Ответ: $r = 4,3$ мин; $N = 186$ шт.; $T = 59,9$ мин.

Задача 14. Сборка изделия происходит на пульсирующем конвейере. Число операций на конвейере 20. Длина рабочей части конвейера 28 м. Длительность технологического цикла сборки изделия на конвейере 63,6 мин, в том числе время на перемещение изделия вдоль всей длины рабочей части конвейера 7,6 мин. Определить такт потока и скорость движения конвейерной ленты.

Ответ: $r = 3,2$ мин; $v = 3,5$ м/мин.

Задача 15. Скорость движения ленты пульсирующего конвейера 5 м/мин. Шаг конвейера 1,5 м. Продолжительность сборки одного узла на конвейере составляет 42 мин, а время выполнения каждой операции в семь раз больше времени перемещения узла из одного рабочего места на другое. Регламентированные перерывы на отдых 20 мин в смену. Определить количество рабочих мест на конвейере и выпуск узлов с конвейера за смену.

Ответ: $C_{\text{л}} = 20$; $N = 167$ шт.

Задача 16. Скорость движения ленты пульсирующего конвейера 4 м/мин. За сутки с конвейера выпускается 320 изделий. Продолжительность выполнения каждой операции на рабочем месте 2 мин, а время перемещения изделия вдоль всей рабочей части конвейера 10 мин. Конвейер работает в две смены. По условиям производства конвейер работает с двумя перерывами в смену по 10 мин каждый.

Определить длину рабочей части конвейера и длительность технологического цикла изготовления изделия на конвейере.

Ответ: $L = 42$ м; $T = 52$ мин.

Задача 17. Через каждые 4 мин с пульсирующего конвейера выпускается одно изделие. Время перемещения изделия по всей длине рабочей части конвейера составляет 12 мин. Время выполнения каждой операции на рабочем месте 3,4 мин. Длина рабочей части конвейера 31,5 м. Определить количество рабочих мест на конвейере и скорость движения конвейерной ленты.

Ответ: $C_{\text{л}} = 21$; $v = 2,5$ м/мин.

Задача 18. Распределительный конвейер работает в две смены. Регламентированные перерывы на отдых 20 мин в смену. Количество рабочих мест на линии 26. Известно, что время изготовления изделия на 4 мин больше времени его перемещения вдоль всей рабочей части конвейера. Определить производительность конвейера за сутки и продолжительность технологического цикла изготовления изделия на конвейере.

Ответ: $N = 200$ шт.; $T = 3$ ч. 24 мин.

Задача 19. Такт поточной линии, оснащенной распределительным конвейером, 5 мин. В результате улучшения организации труда скорость движения конвейерной ленты увеличилась на 0,16 м/мин. Шаг конвейера 1,2 м. Конвейер работает в две смены. Регламентированные перерывы на отдых 20 мин в смену. Определить скорость движения конвейерной ленты и выпуск изделий с конвейера за сутки после улучшения организации труда.

Ответ: $v = 0,4$ м/мин; $N = 267$ шт.

Задача 20. Такт поточной линии, оснащенной распределительным конвейером, 4 мин. Шаг конвейера 1,4 м. Конвейер работает в две смены, регламентированные перерывы на отдых 20 мин в смену. В результате

внедрения рациональных методов труда продолжительность выполнения каждой операции сократилась на 25 %. Определить, на сколько процентов можно увеличить скорость движения конвейерной ленты, а также рассчитать производительность конвейера за сутки.

Ответ: на 34 %; $N = 267$ шт.

Задача 21. Поточная линия, оснащенная распределительным конвейером, имеет следующие данные: такт потока 2 мин, шаг конвейера 1,2 м, количество рабочих мест на линии 24. Технологический цикл изготовления детали на линии равен 96 мин. Определить длину конвейера и время перемещения детали по всей длине конвейера.

Ответ: $L = 28,8$ м; $t_{\text{мп}} = 48$ мин

Задача 22. Количество рабочих мест по операциям на поточной линии, оснащенной распределительным конвейером, составляет: $C_1 = 1$; $C_2 = 3$; $C_3 = 2$; $C_4 = 1$; $C_5 = 3$; $C_6 = 2$; $C_7 = 4$ и $C_8 = 1$. Длина конвейера 54 м. Количество комплектов на конвейере 3. За смену с поточной линии выпускается 100 деталей. Регламентированные перерывы на отдых 20 мин в смену. Определить скорость движения конвейера и длительность технологического цикла обработки детали на линии.

Ответ: $v = 0,38$ м/мин; $T = 210$ мин.

Задача 23. Технологический процесс обработки детали на поточной линии, оснащенной распределительным конвейером, состоит из семи операций, продолжительность которых составляет (мин): $t_1 = 7,3$; $t_2 = 4,8$; $t_3 = 9,5$; $t_4 = 2,5$; $t_5 = 7,2$; $t_6 = 2,4$ и $t_7 = 4,9$. Длина конвейера 43,2 м. Скорость движения конвейера 0,5 м/мин. За смену выпускается 166 деталей. Регламентированные перерывы на отдых 20 мин в смену. Определить количество комплектов по всей длине конвейера и длительность технологического цикла обработки детали на линии.

Ответ: $K = 3$; $T = 124,8$ мин.

Задача 24. На распределительном конвейере деталь проходит путь, равный шагу конвейера, за 4 мин. В результате улучшения организации труда на рабочих местах скорость движения конвейерной ленты увеличилась на 0,2 м/мин. Шаг конвейера 1,6 м. Конвейер работает в две смены. Регламентированные перерывы на отдых 20 мин в смену. Определить скорость движения конвейера и выпуск деталей с конвейера за день.

Ответ: $v = 0,6$ м/мин; $N = 296$ шт.

Задача 25. Длительность технологического цикла обработки детали на поточной линии, оснащенной распределительным конвейером, 63 мин, а продолжительность обработки одной детали по всем операциям на линии составляет 27 мин. Период конвейера 12. Количество комплектов на конвейере 2. Скорость движения конвейера 0,8 м/мин. Определить количество рабочих мест на линии и длину конвейера.

Ответ: $C_{\text{л}} = 18$; $L = 28,8$ м.

Задача 26. Такт прерывно-поточной линии 5 мин. Технологический процесс сборки изделия состоит из двенадцати переходов, продолжительность которых (мин): $t_1 = 4,2$; $t_2 = 2,1$; $t_3 = 3,7$; $t_4 = 4,0$; $t_5 = 1,2$; $t_6 = 5,3$; $t_7 = 3,9$; $t_8 = 0,8$; $t_9 = 3,0$; $t_{10} = 1,9$; $t_{11} = 3,0$ и $t_{12} = 2,0$. Произвести синхронизацию процесса сборки путем соединения смежных переходов в отдельные операции. После синхронизации должно быть пять операций. Определить длительность каждой операции после синхронизации и количество рабочих мест на линии.

Ответ: $t_1 = 10$ мин; $t_2 = 5,2$ мин; $t_3 = 10$ мин; $t_4 = 4,9$ мин; $t_5 = 5$ мин; $C_{\text{л}} = 8$.

Задача 27. Технологический процесс сборки изделия на прерывно-поточной линии состоит из десяти операций. Продолжительность операций (мин): $t_1 = 1$; $t_2 = 3$; $t_3 = 0,7$; $t_4 = 1$; $t_5 = 0,9$; $t_6 = 1,3$; $t_7 = 4$; $t_8 = 3,9$; $t_9 = 2$; $t_{10} = 1,9$. В смену выпускается 105 деталей. Произвести синхронизацию операций сборки методом комбинирования (после нее должно быть 5 операций). Определить длительность каждой операции и длительность технологического цикла сборки изделия на линии после синхронизации операций.

Ответ: $t_1 = 4$ мин; $t_2 = 3,9$ мин; $t_3 = 4$ мин; $t_4 = 3,9$ мин; $t_5 = 3,9$ мин; $T = 20$ мин.

Задача 28. Технологический процесс сборки изделия состоит из десяти операций, продолжительность которых (мин): $t_1 = 4,4$; $t_2 = 1,5$; $t_3 = 2,5$; $t_4 = 7,8$; $t_5 = 1,5$; $t_6 = 6,0$; $t_7 = 8,5$; $t_8 = 3,0$; $t_9 = 6,3$; $t_{10} = 5,9$. В смену выпускается 70 изделий. Линия сборки работает в две смены. Внедряется мероприятие, которое сокращает трудоемкость операции № 4 на 5,8 мин, операции № 7 – на 2,5 мин. Произвести синхронизацию операций сборки после внедрения мероприятия методом комбинирования. Общее количество операций после синхронизации должно равняться шести. Операции № 9 и 10 выполняются последовательно в конце сборки. Последовательность расположения других операций может быть выбрана произвольно. Определить длительность каждой операции после синхронизации и количество рабочих мест на каждой операции после синхронизации.

Ответ: $t_1 = 5,9$ мин; $t_2 = 6$ мин; $t_3 = 6$ мин; $t_4 = 6$ мин; $t_5 = 6,3$ мин; $t_6 = 5,9$ мин. На каждой операции – одно рабочее место.

Задача 29. Технологический процесс обработки детали на прямо-точной линии (табл. 25).

Таблица 25

№ операции	Операция	Норма времени, мин.
1	Черновая обточка	12
2	Сверление отверстий	8
3	Фрезерование зубьев	18
4	Чистовая обточка	10
5	Шлифование	15

Каждая операция выполняется на двух станках. Определить межоперационные заделы и выпуск деталей за смену.

Ответ: $Z_{1-2} = 35$ шт., $Z_{2-3} = 58$ шт.; $Z_{3-4} = 37$ шт.; $Z_{4-5} = 9$ шт.; $N = 47$ шт.

Задача 30. Обработка станины токарного станка происходит на прямоточной линии. Технологический процесс обработки детали (табл. 26).

Таблица 26

№ операции	Операция	Норма времени, ч.
1	Строгание	3,5
2	Расточка	2
3	Сверление отверстий	2,5

Каждая операция выполняется на двух станках. Режим работы линии односменный. Определить за смену выпуск и межоперационные заделы, если первая операция будет выполняться на четырех станках.

Ответ: $N = 4$ шт.; $Z_{1-2} = 3$ шт.; $Z_{2-3} = 1$ шт.; $N = 6$ шт.; $Z_{1-2} = 1$ шт.; $Z_{2-3} = 1$ шт.

Задача 31. Такт прямоточной линии 6 мин. Продолжительность двух последовательных операций 2 и 5 мин. Каждая операция выполняется на одном станке. Определить межоперационный оборотный задел за 2 ч. работы линии.

Ответ: $Z_{сст1-2} = +24$ шт.; $Z_{1-2} = -24$ шт.

Задача 32. За смену с прямоточной линии выпускается 70 блоков. Технологический процесс сборки блока состоит из девяти операций, продолжительность которых составляет (мин): $t_1 = 1,7$; $t_2 = 1,8$; $t_3 = 4,3$; $t_4 = 10,2$; $t_5 = 5,9$; $t_6 = 2,8$; $t_7 = 2,0$; $t_8 = 1,2$; $t_9 = 6,0$. После проведенной синхронизации методом комбинирования технологический процесс сборки состоит из пяти операций. Определить продолжительность операции после синхронизации.

Ответ: $t_1 = 6$ мин; $t_2 = 12$ мин; $t_3 = 5,9$ мин; $t_4 = 6$ мин; $t_5 = 6$ мин.

Задача 33. На переменнo-поточной линии в течение месяца надо изготовить шестерни трех типоразмеров: первый – 5000 шт., второй – 3000 шт., третий – 2000 шт. Трудоемкость обработки шестерни первого

типоразмера 25 мин, второго 20 мин, третьего 35 мин. Линия работает в две смены. Количество рабочих дней в месяце 25, в том числе 5 субботных и предпраздничных. Потери времени на переналадку оборудования 8 %. Определить рабочий такт выпуска шестерни каждого типоразмера и период выполнения задания каждого типоразмера.

Ответ: $r_1 = 1,8$ мин; $r_2 = 1,5$ мин; $r_3 = 2,6$ мин; $T_1 = 21$ смена, $T_2 = 10,7$ смены и $T_3 = 12,4$ смены.

Задача 34. На переменнo-пoтoчнoй линии обрабатываются детали А, Б и В. Технологический маршрут обработки для всех деталей одинаковый. Трудоемкость по операциям для данных деталей различная. Состав станков по поточной линии при обработке всех деталей остается неизменным. Программа выпуска и трудоемкость обработки деталей (табл. 27).

Таблица 27

Деталь	Программа выпуска за месяц, шт.	Трудоемкость обработки одной детали по всем операциям, мин
А	12 000	20
Б	15 000	15
В	8 000	30

Линия работает в две смены. Количество рабочих дней в месяце 26, в том числе пять субботных и предпраздничных. Потери времени на переналадку оборудования 5 %. Определить общее количество рабочих мест на линии и рабочий такт выпуска каждой детали.

Ответ: $C_{л} = 35$; $r_A = 0,6$ мин; $r_B = 0,4$ мин; $r_V = 0,9$ мин.

Задача 35. На переменнo-пoтoчнoй линии обрабатываются детали А, Б и В. В каждое изделие К детали А и Б входят по одной штуке, а деталь В – по две штуки. Сменный выпуск изделий К составляет 50 шт. Детали обрабатываются партиями и поступают на сборку комплектами. Ритм выпуска каждой партии деталей равен трем сменам. За каждый ритм обрабатывается один комплект партий деталей. Трудоемкость обработки детали А – 20 мин, детали Б – 22 мин и детали В – 25 мин.

Определить величину партии деталей каждого вида, трудоемкость обработки одного комплекта партий деталей.

Ответ: $П_A = 150$ шт., $П_B = 150$ шт., $П_V = 300$ шт., $T_K = 230$ ч.

Занятие 5

Организация вспомогательных производств: инструментальное хозяйство

Методические указания к решению задач

1. Норма расхода режущего инструмента определяется по формуле:

$$H_p = \frac{1000 \times \tau_M \times A_{ij}}{60 T_u (1 - K)},$$

где A_{ij} – количество инструментов в наладке (шт.); τ_M – машинное время на одну деталь (мин); T_u – время работы инструмента до полного износа (ч.); K – коэффициент преждевременного износа инструмента.

2. Износ инструмента определяется по формуле (полный износ):

$$T_u = \left(\frac{L}{l} + 1\right) \times t_c,$$

где L – допустимая величина стачивания рабочей части инструмента при заточках (мм); l – средняя величина снижаемого слоя при каждой заточке (мм); t_c – время работы инструмента между двумя переточками (стойкость, мин);

3. Расход инструмента может быть определен на основании норм расхода на расчетную единицу (например, на 1000 деталей):

$$K_p = \frac{N \times H_p}{g_p},$$

где H_p – норма расхода инструмента на расчетную единицу; g_p – количество деталей принятое за расчетную единицу.

4. Для условий производства расход инструмента может быть определен по формуле:

$$K_p = \frac{F_d \times K_M \times K_{yч}}{T_u (1 - K)},$$

где F_d – действительный годовой фонд времени работы оборудования соответствующей группы (ч.); K_M – коэффициент машинного времени; $K_{yч}$ – коэффициент, учитывающий участие данного инструмента в работе.

5. Расчет жесткого инструмента:

$$K_{\text{мер}} = \frac{N \times c \times i}{M_u(1 - K)} = \frac{N \times c \times i}{abd(1 - K)}.$$

6. Количество штампов определяется по формуле:

$$K_{\text{ш}} = \frac{N}{n_{\text{ш}}} = \frac{N}{\left(\frac{L}{l} + i\right) \times u \times K_{\text{ш}}}.$$

7. Цеховой оборотный фонд определяется по формуле:

$$111 = Q_{pm} + Q_3 + Q_K,$$

где Q_{pm} – количество инструмента на рабочих местах; Q_3 – количество инструмента в заточке; Q_K – количество инструмента в запасе инструментально-раздаточной кладовой.

8. Количество инструмента на рабочих местах:

$$Q_{pm} = \frac{T_m}{T_c} gn_u + gk,$$

где T_m – периодичность подачи инструмента на рабочие места (ч.); T_c – периодичность смены инструмента на станке (ч.); g – количество рабочих мест; n_u – количество инструмента, применяемого на одном рабочем месте; k – коэффициент резерва на одном рабочем месте.

$$T_c = \frac{T_{\text{шт}}}{t_m} t_c,$$

где $T_{\text{шт}}$ – штучное время на операцию (мин.); t_m – машинное время на операцию.

9. Количество инструмента в заточке:

$$Q_k = R_c(1 + K_3),$$

где R_c – средний расход инструмента между поступлениями ИРК (шт.); K_3 – коэффициент страхового запаса.

10. Норма запаса инструмента в ЦИС (центральный инструментальный склад) устанавливается следующим образом.

10.1. Минимальная норма запаса: Q_m – по практическим данным в зависимости от величины расхода инструмента.

10.2. Норма запаса, при которой выдается запас (точка запаса):

$$Q_{т.з} = Q_t + T_0 R_m,$$

где T_0 – период времени между моментом выдачи заказа до поступления инструмента в ЦИС (мес.); R_m – средний расход инструмента (мес.).

10.3. Наибольшая норма запаса:

$$Q_6 = Q_T + T_{\text{ци}} \times K_T,$$

где $T_{\text{ци}}$ – время между двумя заказами (мес.).

12. Общая потребность предприятия в инструменте на плановый период определяется по формуле.

$$A = R_c + F_p - F_n,$$

где R_c – суммарный расход инструмента на плановый период; F_p – расчетный оборотный фонд инструмента; F_n – фактический оборотный фонд на начало планового периода.

Типовые задачи с решениями

Задача 1. Норма штучного времени на обработку детали подрезным резцом с пластиной твердого сплава 5 мин., коэффициент машинного времени 0,8. Стойкость резца 50 часов. Коэффициент преждевременного выхода инструмента из строя 0,02. Определить годовую потребность резцов на поточной линии, если такт потока 10 мин. Режим работы линии двухсменный, а потери времени по разным причинам 5 %.

Решение

1. Определяем действительный фонд времени работы линии:

$$T_3 = (305 \times 8 - 58) \times 2 \times \left(\frac{100 - 5}{100} \right) = 4312 \text{ ч.}$$

2. Определяем годовую производительность линии:

$$N = \frac{4312 \times 60}{10} = 25872 \text{ шт.}$$

3. Определяем годовой расход резцов.

$$K_p = \frac{25873 \times 5 \times 0,8}{60 \times 50 \times (1 - 0,02)} = 38 \text{ резцов.}$$

Задача 2. Токарные проходные резцы размером 15×15×150 мм применяются для выполнения двух операций при условиях (табл. 28):

Таблица 28

Номер операции	Количество параллельных станков	Количество резцов, применяемых одновременно	Стойкость резцов, ч.	Норма времени, мин
1	1	3	2	5
2	2	2	2,5	8

Определить количество резцов, находящихся на рабочих местах, если периодичность подачи инструмента к рабочим местам 3,5 ч., резервный запас инструмента на рабочих местах по одному комплекту.

Решение

1. Периодичность смены резцов на рабочих местах по операциям.

$$Q_{pt.1} = \frac{3,5}{2,5} \times 1 \times 3 + 1 \times 3 = 8;$$

$$Q_{pt.2} = \frac{3,5}{3,4} \times 3 \times 2 + 3 \times 2 = 12.$$

Задачи для самостоятельного решения

Задача 1. Определить годовой расход сверл диаметром 10 мм при норме машинного времени на сверлильную операцию 0,5 мин, длина режущей части сверла 10 мм, средняя величина снимаемого слоя при заточке 0,4 мм, стойкость сверла 2 ч., коэффициент преждевременного выхода из строя 0,03. Сменное задание по выпуску деталей на поточной линии 200 шт. Режим работы линии двухсменный.

Ответ: 98 сверл.

Задача 2. Определить годовой расход насадных зенкеров диаметром 40 мм из быстрорежущей стали для зенкерования отверстий в трех деталях при исходных данных, приведенных в табл. 29.

Таблица 29

№ детали	Годовая программа выпуска	Машинное время на одну деталь	Время износа, ч.
1	10 000	0,4	8
2	30 000	0,5	10
3	5 000	0,7	6

Коэффициент преждевременного износа 0,02.

Ответ: 45 зенкеров.

Задача 3. Годовая программа выпуска деталей 50 000 штук. Определить годовой расход специальных гладких скоб на годовую программу выпуска при следующих исходных данных: величина допустимого

износа скоб 5 мк, количество измерений на одну деталь 4, коэффициент преждевременного износа 0,05, коэффициент выборочности контроля 0,2. Количество измерения на 1мм износа 300, число ремонтов – 3.

Ответ: 14 скоб.

Задача 4. По группе токарных станков полезный фонд времени на год составляет 40 000 станко-часов. Средний коэффициент машинного времени 0,8. Коэффициент использования расточных резцов в общем объеме выполняемых работ 0,2. Количество переточек 20, стойкость между двумя переточками 1,5 ч. А коэффициент преждевременного износа 0,03. Определить годовую потребность расточных резцов.

Ответ: 210 резцов.

Задача 5. Определить годовой расход сменных пуансонов для пробивки отверстий при следующих исходный данных: годовая программа выпуска продукции 200 000 шт., количество отверстий Б, стойкость пуансонов 4000 ударов, средняя величина снимаемого слоя при переточках 0,8 мм, коэффициент снижения стойкости пуансона после переточки 0,9.

Ответ: 33 пуансона.

Занятие 6

Организация вспомогательных производств: ремонтное хозяйство

Методические указания к решению задач

1. Длительность межремонтного цикла $T_{\text{рц}}$ определяется по одной из формул:

$$T_{\text{рц}} = t_{\text{мр}}(1 + n_{\text{с}} + n_{\text{м}}),$$

где $t_{\text{мр}}$ – длительность межремонтного периода, (год) мес.; $n_{\text{с}}$ и $n_{\text{м}}$ – количество средних и малых ремонтов на протяжении межремонтного цикла;

$$T_{\text{рц}} = t_{\text{мо}}(1 + n_{\text{с}} + n_{\text{м}} + n_{\text{о}}),$$

где $t_{\text{мо}}$ – длительность межосмотрового периода (мес.).

2. Норма времени в нормо-часах на одну ремонтную единицу приведена в табл. 30.

Таблица 30

Виды ремонта	Слесарные работы	Станочные работы	Прочие работы (кузнечные, сварочные)	Всего
Осмотр	0,75	0,1	–	0,85
Малый ремонт	4,0	2,0	0,1	6,1
Средний ремонт	16,0	7,0	0,5	23,5
Капитальный ремонт	23,0	10,0	2,0	35,0

3. Годовой объём работ (в нормо-час) по планово-предупредительному ремонту для группы оборудования определяется по формуле:

$$P_{\text{г}} = \frac{\sum tp \times \sum p}{T_{\text{рц}}, \text{ лет}},$$

где $\sum tp$ – сумма трудоемкостей всех видов планово-предупредительного ремонта на одну ремонтную единицу в течение ремонтного цикла, нормо-час; $\sum p$ – сумма ремонтных единиц.

4. Количество ремонтных единиц определяется по формуле:

$$\sum P = Kpc_i \times So_i,$$

где Kpc_i – категория ремонтной сложности оборудования соответствующего наименования; So_i – количество оборудования соответствующего наименования.

5. Количество ремонтных рабочих соответствующих категорий определяется по формуле:

$$R_i = \frac{T_i}{F_{gp} \times K_B},$$

где T_i – трудоемкость соответствующего вида ремонтных работ (н./ч.); F_{gp} – действительный годовой фонд времени одного рабочего; K_B – коэффициент выполнения норм.

6. Количество оборудования для выполнения ремонтных работ определяется по формуле:

$$S_p = \frac{T_{ci}}{F_g \times K_B},$$

где T_{ci} – объем соответствующего вида ремонтных работ (станко-час); F_g – действительный годовой фонд времени работы оборудования (ч.).

7. Норма запаса сменных деталей:

$$H_3 = \frac{A \times D \times T_{ц} \times K_n}{T_{сл}},$$

где A – количество одноименных агрегатов (шт.); D – количество одноименных сменных деталей (шт.); $T_{ц}$ – длительность производственного цикла изготовления партии деталей; $T_{сл}$ – срок службы сменной детали (мес.); K_n – коэффициент понижения качества сменных деталей.

8. Длительность межремонтного цикла определяются по формуле:

$$T_{рц} = A \times B_1 \times B_2 \times B_3 \times B_4,$$

где A – среднестатистическая величина межремонтного цикла для соответствующей группы оборудования, которая колеблется от 16 000 до 24 000 ч.; $B_1 \times B_2 \times B_3 \times B_4$ – соответственно коэффициенты, учитывающие вес оборудования, тип производства, условия эксплуатации и физико-механические свойства обрабатываемого материала.

9. Длительность межремонтного периода определяется по формуле:

$$t_{мрп} = \frac{T_{рц}}{n_c + n_m + 1},$$

где n_c – количество средних ремонтов; n_m – количество малых ремонтов.

10. Длительность межосмотрового периода определяется по формуле:

$$t_{\text{моп}} = \frac{T_{\text{рц}}}{n_c + n_m + n_o + 1},$$

где n_o – количество осмотров в структуре межремонтного цикла.

Типовые задачи с решениями

Задача 1. Межремонтный цикл токарного станка составляет 12 лет. Структура межремонтного цикла включает 2 средних ремонта, ряд малых ремонтов и осмотров. Межремонтный период равен 1,5 года, а межосмотровой – 6 месяцев. Определить количество малых ремонтов и осмотров.

Решение

1. Количество малых ремонтов определяется по формуле:

$$n_m = \frac{T_{\text{рц}} - t_{\text{мрп}} \times (1 + n_c)}{t_{\text{мрп}}} = \frac{12 - 1,5 \times (1 + 2)}{1,5} = 5$$

2. Количество осмотров определяется по формуле:

$$n_o = \frac{T_{\text{рц}} \times 12 - t_{\text{мрп}} \times (1 + n_c + n_m)}{t_{\text{моп}}} = \frac{12 \times 12 - 6 \times (1 + 2 + 5)}{6} = 16$$

Задача 2. Цеховое оборудование, обслуживаемое ремонтной бригадой, насчитывает 50 агрегатов 9-ой категории, 20 агрегатов 11-ой категории и 10 агрегатов 15-ой категории ремонтосложности. На протяжении шестилетнего ремонтного цикла производится кроме капитального один средний, четыре малых ремонта и периодические осмотры. Межремонтные периоды равны 1 году, а межосмотровые – 3 месяцам. Определить годовой объем ремонтных работ.

Решение

1. Определяем количество осмотров:

$$n_o = \frac{12 \times 6 - 3 \times (1 + 1 + 4)}{3} = 18$$

2. Определяем суммарное количество ремонтных единиц.

$$P_c = 9 \times 50 + 11 \times 20 + 15 \times 10 = 820 \text{ ед.}$$

3. Определяем годовой объем ремонтных работ (данные расчетов сводим в табл. 3).

Таблица 31

Виды ремонтов	Количество	Трудоемкость		
		За межремонтный цикл		За год
		на одну единицу	на 820 ед.	на 820 единицу
Осмотр	18	$0,85 \times 18 = 15,3$		
Малый	4	$6,1 \times 4 = 24,4$		
Средний	1	23,5		
Капитальный	1	35		
Итого		18,2	$18,2 \times 820 = 80524$	$80524 / 6 = 13420$

Задача 3: На компрессорной станции работают пять одномодельных компрессоров. На каждом из них при плановых ремонтах заменяется шесть одинаковых втулок. Ремонтный цикл по группе компрессоров – шестилетний, включающий, кроме капитального ремонта, три средних и четыре малых ремонта. Длительность изготовления партии втулок – 2 мес. Коэффициент понижения запаса установлен и равен 0,9. Определить норму запаса деталей.

Решение

1. Определяем длительность ремонтного цикла:

$$T_{\text{рц}} = t_{\text{мр}} \times (n_c + n_m + 1) = 12 \times 6 = 72 \text{ мес.}$$

2. Определяем срок службы сменных втулок:

$$T_{\text{сл}} = \frac{T_{\text{рц}}}{n_c + n_m + 1} = \frac{72}{8} = 9 \text{ мес.}$$

3. Определяем норму запаса втулок:

$$H_3 = \frac{A \times D \times T_{\text{ц}} \times K_n}{T_{\text{сл}}} = \frac{5 \times 6 \times 2 \times 0,9}{9} = 6 \text{ шт.}$$

Задачи для самостоятельного решения

Задача 1. Пятилетний ремонтный цикл включает, кроме капитального и средних ремонтов, три малых ремонта с межремонтным периодом в 1 год и осмотры – с межосмотровым периодом в 4 месяца. Определить количество плановых средних ремонтов и осмотров в ремонтном цикле.

Ответ: 1 средний; 10 осмотров.

Задача 2. Ремонтный цикл равен 9 годам. Количество средних ремонтов 2, периодических осмотров – 27. Межосмотровой период равня-

ется 3 мес. Определить количество малых ремонтов в структуре межремонтного цикла и длительность межремонтных периодов.

Ответ: 6 малых ремонтов; 1 год.

Задача 3. Ремонтный цикл для группы литейных машин составляет 4 года и включает, кроме капитального ремонта, ряд средних ремонтов, 4 малых ремонта и 16 осмотров. Межремонтные периоды равны 6 месяцам. Определить количество средних ремонтов и длительность межосмотровых периодов.

Ответ: 3 средних ремонта; 2 мес.

Задача 4. Длительность межремонтного цикла 4 года. Он включает, кроме капитального ремонта, один средний ремонт и малые ремонты с межремонтным периодом в 1 год. Оборудование, подлежащее ремонту, насчитывает 25 единиц 8-ой категории сложности, 15 единиц 10-ой и 10 единиц 14-ой. Определить годовой объем ремонтных работ.

Ответ: слесарных работ – 5257 н./ч.; станочных работ – 2572,5 н./ч.

Задача 5. Бригада ремонтных рабочих обслуживает оборудование, состоящее из 300 единиц 9-ой категории сложности, 50 единиц 11-ой категории сложности. Ремонтный цикл равен 7 годам. Коэффициент выполнения норм равен 1,3. Годовой фонд времени одного рабочего 1839 часов. Определить количество ремонтных рабочих.

Ответ: 5 ремонтных рабочих.

Занятие 7

Организация вспомогательных производств: складское хозяйство

Методические указания к решению задач

1. Площадь склада определяется по одной из двух формул:

а) при напольном хранении в штабелях:

$$S = \frac{Z_{\max}}{g_o \times K_{\text{исп}}},$$

где $Z_{\max}$ – максимальная величина запаса материалов (т, кг); g_o – допустимая нагрузка на 1 м² пола (т, кг); $K_{\text{исп}}$ – коэффициент использования общей площади склада с учетом проездов, проходов и др.

б) при хранении в стеллажах:

$$S = \frac{S_{\text{ст.}} \times N_{\text{ст.пр.}}}{K_{\text{исп}}},$$

где $S_{\text{ст.}}$ – площадь, занимаемая одним стеллажом; $N_{\text{ст.пр.}}$ – принятое количество стеллажей;

$$N_{\text{ст.пр.}} = \frac{Z_{\max}}{V \times K_3 \times g},$$

где V – объем стеллажа (м³); K_3 – коэффициент заполнения объема стеллажа; g – удельный вес хранимого материала (м/м³).

Типовые задачи с решениями

Задача 1. Квартальный выпуск электроприборов запланирован в количестве 6000 штук. На изготовление одного прибора требуется 6,25 кг меди, которая поступает на завод партиями по 22,5 т. Страховой запас меди принят 15 дней. Коэффициент использования общей площади склада при хранении в штабелях 0,6. Допустимая нагрузка на 1 м² пола 1,2 т. Склад работает в течение квартала 75 дней. Определить общую площадь склада.

Решение

1. Определяем квартальную потребность меди:

$$Q = 6,25 \times 6000 = 37,5 \text{ т.}$$

2. Определяем среднесуточную потребность меди:

$$Д = \frac{37,5}{75} = 0,5 \text{ т}$$

3. Определяем период между двумя поставками:

$$T_n = \frac{22,5}{0,5} = 45 \text{ дней.}$$

4. Определяем максимальный запас:

$$Z_{max} = 0,5(45 + 15) = 30 \text{ т.}$$

5. Определяем общую площадь склада:

$$S = \frac{30}{1,2 \times 0,6} = 42 \text{ м}^2.$$

Задача 2. Токарные резцы хранятся в инструментальном складе в клеточных стеллажах. Размер двухстороннего стеллажа 1,2×4,0 м, высотой 2,0 м. Годовой расход резцов достигает 100 тыс. штук. Средние размеры токарного резца 30×30, длиной 250 мм, при удельном весе стали 8 г/см² Инструмент поступает со специализированного завода ежеквартальными партиями. Страховой запас установлен (20 дн.). Коэффициент заполнения стеллажей по объему 0,3. Вспомогательные площади занимают 50 % от общей площади склада. Склад работает 300 дней в году. Допустимая нагрузка на 1 м² пола 2,0 т. Определить необходимую площадь для хранения резцов.

Решение

1. Определяем вес одного резца:

$$Q = 8 \times 3 \times 3 \times 25 = 1,8 \text{ кг.}$$

2. Определяем вес годового объема резцов:

$$Q_r = 1,8 \times 100000 = 180 \text{ т.}$$

3. Определяем суточную потребность резцов (т):

$$Д = \frac{180}{300} = 0,6 \text{ т.}$$

4. Определяем период между двумя поставками:

$$T_n = \frac{300}{4} = 75 \text{ дней.}$$

5. Определяем максимальный запас резцов:

$$Z_{max} = 0,5(45 + 15) = 30 \text{ т.}$$

6. Определяем объем одного стеллажа:

$$V = 1,2 \times 4 \times 2 = 9,6 \text{ м}^3.$$

7. Определяем расчетное количество стеллажей:

$$N_{\text{ст.пр.}} = \frac{57}{9,6 \times 8 \times 0,3} = 25 \text{ шт.}$$

8. Определяем принятое количество стеллажей:

$$N_{\text{ст.пр.}} = \frac{57}{1,2 \times 4 \times 2,0} = 6 \text{ шт.}$$

9. Определяем общую площадь склада для хранения резцов:

$$S = \frac{1 \times 2 \times 4 \times 6}{0,5} = 60 \text{ м}^2.$$

Задачи для самостоятельного решения

Задача 1. Годовая потребность в черных металлах составляет 800 т. Максимальный складской запас равен 1,5 мес. Допустимая нагрузка на пол $2,0 \text{ т/м}^2$. Коэффициент использования площади склада 0,7 (хранение напольное). Определить площадь склада.

Ответ: 72 м^2 .

Задача 2. Листовая сталь с удельным весом $7,8 \text{ т/м}^2$ хранится на складе на полочных стеллажах. Размеры стеллажа $1,8 \times 1,5 \text{ м}$ при высоте 2,5 м. Годовой расход стали 240 т. Сталь поступает на завод партиями по 40 т. Страховой запас составляет 15 дней. Количество рабочих дней в году 300. Коэффициент заполнения стеллажа по объему 0,7. Коэффициент использования общей площади склада 0,4. Допустимая нагрузка на 1 м^2 пола 2,0 т. Определить площадь для хранения листовой стали.

Ответ: $51,0 \text{ м}^2$.

Занятие 8

Организация вспомогательных производств: транспортное хозяйство

Методические указания к решению задач

1. Расчетное количество электрокранов определяется по формуле

$$A = \frac{T_p \times N}{T \times K_1},$$

где T_p – длительность одного рейса крана с учетом погрузки, разгрузки и возвращения в исходное состояние (мин); N – количество транспортируемых изделий (шт.); T – расчетный период (мин); K_1 – коэффициент использования времени работы крана.

2. Расчетное количество транспортных средств (автомобилей, автопогрузчиков) определяется по формуле:

$$A = \frac{m \times T_p \times Q}{q \times K_1 \times T \times K_2},$$

где m – количество погрузочно-разгрузочных пунктов; T_p – длительность одного рейса с учетом погрузки, разгрузки и пробега туда и обратно; Q – суммарный грузооборот (т.); q – номинальная грузоподъемность транспортных средств; K_2 – коэффициент использования транспортных средств по грузоподъемности.

3. Количество рейсов, совершаемых транспортным средством за расчетный период, T :

$$P = \frac{T \times K}{T_p}.$$

4. Расчетное количество конвейеров определяется по формуле:

$$A = 16,7 \frac{Q \times l}{q_u \times V \times T \times K_1},$$

где 16,7 – постоянный численный коэффициент; Q – суммарный вес груза за расчётный период; l – шаг конвейера; q_u – вес транспортируемого изделия (кг); V – скорость движения конвейера (м/мин); T – расчетный период.

5. Расчётное количество транспортных мест на подвесном конвейере:

$$A_k = \frac{L}{n \times l},$$

где L – длина конвейера; n – количество изделий на одном транспортном месте; l – шаг конвейера.

Типовые задачи с решениями

Задача 1. Для обслуживания восьми погрузочно-разгрузочных пунктов, расположенных на равных расстояниях по кольцу длиной 1200 м, применяются электрокары, грузоподъемностью 2,0 т. Суточный грузооборот составляет 25 т. Средняя длительность погрузки на каждом пункте 5 мин., разгрузки 3 мин. Электрокары перемещаются со скоростью 60 м/мин. Коэффициент использования электрокара по грузоподъемности 0,75. Коэффициент использования фонда времени 0,85. Участок работает в две смены. Определить необходимое количество транспортных средств и количество рейсов за сутки.

Решение

1. Определяем продолжительность одного рейса:

$$T_p = \frac{1200}{8 \times 60} + 5 + 3 = 10,5 \text{ мин.}$$

2. Определяем количество транспортных средств.

$$A = \frac{8 \times 10,5 \times 25}{2,0 \times 0,75 \times 480 \times 2,0 \times 0,85} = 2,0$$

3. Определяем количество рейсов.

$$P = \frac{480 \times 2,0 \times 0,85}{10,5} = 7 \text{ рейсов.}$$

Задача 2. Суточный грузооборот двух цехов составляет 34 т. Маршрут пробега автомобиля двусторонний. Средняя скорость движения по маршруту 200 м/мин. Расстояние между цехами 300 м. Время погрузки и разгрузки в первом цехе 16 мин, во втором 18 мин. Грузоподъемность автомобиля 3,0 т. Коэффициент использования грузоподъемности 0,8. Коэффициент загрузки автомобиля по времени 0,85. Режим работы двухсменный. Определить количество транспортных средств и их производительность за один рейс.

Решение

1. Определяем длительность пробега по маршруту:

$$T_{\text{проб}} = \frac{300}{200} = 1,5 \text{ мин.}$$

2. Определяем длительность рейса:

$$T_p = 2 \times 1,5 + 16 + 18 = 37 \text{ мин.}$$

3. Определяем количество транспортных средств:

$$A = \frac{37 \times 34}{3,0 \times 0,8 \times 480 \times 2 \times 0,85} = 1,0$$

4. Определяем количество рейсов:

$$P = \frac{480 \times 2 \times 0,85}{37} = 20 \text{ рейсов.}$$

5. Определяем производительность транспортного средства за один рейс:

$$\Pi = \frac{34}{20} = 1,7 \text{ т.}$$

Задачи для самостоятельного решения

Задача 1. Для перевозки 185 т груза со склада в механический цех на расстояние 180 м в течение суток требуется 89 рейсов транспортного средства грузоподъемностью 1,5 т. Средняя скорость 90 м/мин. Коэффициент использования по грузоподъемности 0,8. Потери времени 5 %. Режим работы 2-сменный. Определить необходимое количество транспортных средств и коэффициент их загрузки.

Ответ: 2; 0,87.

Задача 2. Суточное количество деталей, подаваемых подвесным конвейером, 415 штук. Скорость движения конвейера 4 м/мин. Режим работы 2-сменный с перерывом между сменами 10 мин. Длина рабочей части конвейера 96 м. Определить количество рабочих мест на конвейере, если на каждое рабочее место транспортируется 2 детали.

Ответ: 24 рабочих места.

Занятие 9

Организация вспомогательных производств: энергетическое хозяйство

Методические указания к решению задач

1. Количество топлива для производственных нужд определяется по формуле:

$$Q_{\text{пр}} = \frac{q \times N}{K_3},$$

где q – норма расхода условного топлива на единицу выпуска продукции; N – годовой объем выпуска продукции (шт/т); K_3 – колорийный эквивалент данного вида топлива.

2. Количество топлива для отопления зданий.

$$Q_o = \frac{q'F \times V}{1000K_y Z_k},$$

где q' – расход топлива на 1 м³ здания (ккл/г); F – длительность отопительного периода (ч.); V – объем здания (м³); K_y – теплотворная способность условного топлива (7000 ккал/кг); Z_k – КПД котельной установки (кпд = 0,75).

3. Количество электроэнергии для производственных целей (кВт.ч):

$$W_{\text{пр}} = \frac{P_{\text{уст}} \times F_3 \times K_3 \times K_o}{K_c \times \eta},$$

где $P_{\text{уст}}$ – суммарная установленная мощность электродвигателей (кВт); F_3 – эффективный фонд времени работы оборудования; K_3 – коэффициент загрузки оборудования; K_o – коэффициент одновременной работы оборудования; K_c – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети; η – к. п. д электродвигателей.

4. Количество электроэнергии для освещения зданий:

$$W_o = \frac{C \times P_{\text{ср}} \times F_3 \times K_o}{1000},$$

где C – количество светильников; $P_{\text{ср}}$ – средняя мощность одной лампы.

4.1.
$$W_o = \frac{h \times S \times F_3}{1000},$$

где h – норма освещения на 1 м³, Вт; S – площадь здания, м².

5. Количество пара для отопления зданий:

$$O_o = \frac{q_m \times F \times V}{i \times 1000},$$

где q_m – расход тепла на 1 м³ здания (ккал/ч.); F – количество часов в отопительном периоде (ч.); i – теплота испарения (540 ккал/кг).

6. Количество воздуха для различных производственных целей:

$$O_v = 1,5 \sum d \times K_{\text{и}} \times F_{\text{э}} \times K_3,$$

где 1,5 – коэффициент, учитывающий потери сжатого воздуха в трубопроводах; d – расход сжатого воздуха в час при непрерывной работе воздухоприёмника, (м³); K – коэффициент использования приемника по времени; K_3 – коэффициент загрузки оборудования.

7. Годовой расход воды для охлаждающих жидкостей при резании металлов:

$$O_{\text{ж}} = \frac{q_v \times C \times F_{\text{э}} \times K}{1000},$$

где q_v – часовой расход воды на единицу оборудования (л); C – количество оборудования; K_3 – коэффициент загрузки оборудования.

Типовые задачи с решениями

Задача 1. Определить расход пара на отопление здания механического цеха, объемом 8000 м³. Норма расхода пара 0,5 ккал/ч. Средняя наружная температура – 5 °С. Внутренняя температура +15 °С. Отопительный период равен 200 дням.

Решение

1. Определяем количество часов в отопительном периоде:

$$F_o = 200 \times 24 = 4800 \text{ час.}$$

2. Определяем разность температур за отопительный период:

$$t_o = t_{\text{ен}} - t_{\text{нар}} = 15 - (-5) = 15 + 5 = 20^\circ\text{C}.$$

4. Определяем расход пара за отопительный период:

$$Q_o = \frac{q_m \times V}{i \times 1000} = \frac{0,5 \times 20 \times 4800 \times 8000}{540 \times 1000} = 711 \text{ т.}$$

Задача 2. На участке механического цеха установлено оборудование, указанное в табл. 32.

Таблица 32

Наименование оборудования	Установленная мощность	Коэффициент загрузки электромотора	Коэффициент использования оборудования по времени, ч.
Токарные станки	36	0,8	0,7
Фрезерные станки	30	0,7	0,8
Сверлильные станки	6	0,6	0,4
Зуборезные станки	18	0,7	0,6
Шлифовальные станки	28	0,8	0,8

Решение

1. Определяем годовую потребность в электроэнергии за год.

$$W_{\text{пр}} = (36 \times 0,8 \times 0,7 + 30 \times 0,7 \times 0,8 + 6 \times 0,6 \times 0,4 + 18 \times 0,7 \times 0,6 + 28 \times 0,8 \times 0,8) \times 3950 = 252170 \text{ кВт/час}$$

Задачи для самостоятельного решения

Задача 1. В механическом цехе сжатый воздух используется на 20 станках. Среднечасовой расход воздуха на единицу оборудования 12 м^3 . Коэффициент потерь воздуха в трубопроводе 1,5. Коэффициент загрузки станков по времени 0,8. Режим работы 2-сменный. Определить суточный расход воздуха.

Ответ: 4032 м^3

Задача 2. Определить годовую потребность пара для отопления здания объемом 6000 м^3 . Расход пара на 1 м^3 здания $0,5 \text{ ккал/ч}$. Разность температур $10 \text{ }^\circ\text{C}$. Количество дней в отопительном периоде 110. Теплосодержание пара – 540 ккал/кг .

Ответ: $Q_0 = 253,3 \text{ т}$.

Задача 3. Определить потребность в электроэнергии для освещения участка механического цеха. Площадь участка 650 м^2 . Режим работы 2-сменный. Норма расхода электроэнергии на 1 м^2 здания 15 Вт/ч .

Занятие 10

Метод сетевого планирования и управления

Наиболее эффективным методом планирования и оперативного регулирования технической подготовки производства является метод сетевого планирования и управления (СПУ). Этот графоаналитический метод позволяет на основе системного подхода ко всем соисполнителям четко скоординировать комплекс работ технических, производственных и экономических подразделений, направленных на качественное и ускоренное выполнение заданий по ТПП. Применяемый в СПУ график представляет собой графическую модель комплекса работ, отражающую последовательность и логическую взаимосвязь между работами. При построении сетевого графика предварительно составляют перечень событий и работ.

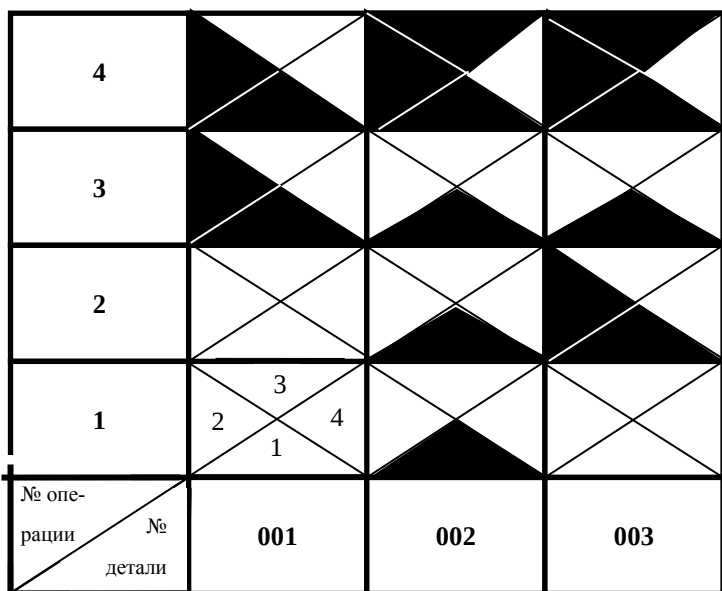
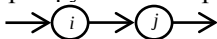


Рис. 3. График комплектности хода технологической подготовки производства: 1 – разработан маршрут; 2 – разработана технологическая карта; 3 – спроектировано и изготовлено оснащение; 4 – закончена отладка, процесс принят целиком

Работами называют любые процессы, действия, приводящие к достижению определенных результатов (событий). Работы в СПУ бывают действительные, то есть требующие затрат времени, и фиктивные

(зависимости), то есть не требующие затрат времени. На графике работа обозначается стрелкой, зависимость – пунктирной стрелкой. Продолжительность работы записывается на стрелке.

Событиями называют результаты произведенных работ. В отличие от работы, имеющей протяженность во времени, событие представляет собой только момент окончания работы. Оно может быть отправным моментом для начала последующих работ. Обозначается событие кругом. Код работы формируется номерами начального i и конечного j событий:



Любая последовательность работ в сетевом графике, в котором конечное событие одной работы совпадает с начальным событием следующей за ней работы, называется *путем*. В сетевом графике различают несколько видов путей:

- от исходного события до завершающего ($I - C$) – полный путь;
- от исходного события до заданного ($I - i(j)$) – путь, предшествующий данному событию;
- от данного события до завершающего ($i(j) - C$) – путь, последующий за данным событием;
- между двумя какими-либо промежуточными событиями (i, j) – путь между событиями i и j ;
- путь между исходным и завершающим событием, имеющий наибольшую продолжительность ($I - C$) – критический путь.

Правила построения сетевых графиков:

1. Не должно быть тупиковых событий, из которых не выходит ни одна работа.
2. Не должно быть хвостовых событий, в которые не входит ни одна работа.
3. Не должно быть замкнутых контуров.
4. Из одного и того же события могут входить и выходить множество работ.

При построении сетевого графика необходимо продумать следующие вопросы:

- Какие работы могут (должны) быть закончены прежде, чем можно начать другую работу?
- Какие работы можно вести параллельно с данной?
- Возможность начала каких работ зависит от завершения данной?

Первичная сеть строится на основе перечня событий и работ. Построение может производиться от исходного к завершающему событию или наоборот. При каждой работе сетевой модели определяется нормативное время её выполнения, минимальная, максимальная, а также наиболее вероятная оценка времени.

К основным параметрам сети относятся: продолжительность критического пути, резервы времени событий и резервы времени работ.

Резерв времени событий $T_{\text{рез}i}$ – это такой промежуток времени, за который может быть отсрочено наступление этого события без нарушения сроков завершения разработки в целом. Определяется как разность между поздним и ранним сроками наступления события:

$$T_{\text{рез}i} = T_{\text{п}i} - T_{\text{р}i}.$$

Критический путь проходит через события, имеющие нулевой резерв времени, и работы, у которых полный запас времени равен нулю.

Полный резерв времени (работы) $T_{\text{п}ij}$, определяется как разность между поздним сроком свершения конечного события, работы $T_{\text{п}j}$, продолжительностью данной работы T_{ij} и ранним сроком свершения события $T_{\text{р}i}$:

$$T_{\text{п}ij} = T_{\text{п}j} - T_{\text{р}i} - T_{ij}.$$

Свободный резерв времени работы $T'_{c\,ij}$ равен:

$$T'_{c\,ij} = T_{pj} - T_{pi} - T_{ij},$$

где T_{pj} – максимальное время раннего срока свершения j-го события:

$$T_{pj} = (T_{pi} + T_{ij})_{\text{max}}.$$

Размещение значений расчетных параметров сетевой модели показано на рис. 4.

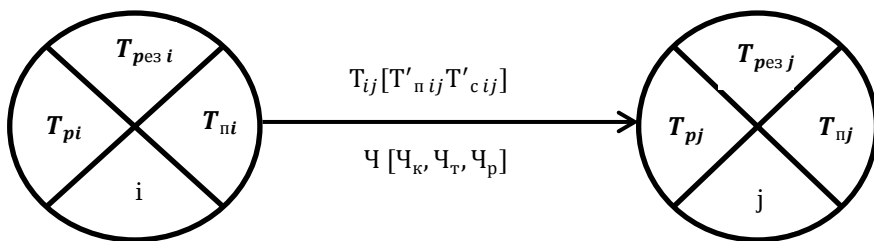


Рис. 4. Размещение на сетевом графике исходных данных и расчетных параметров: Ч – численность исполнителей работы ij по специальностям: инженеры-конструкторы ($\text{Ч}_\text{к}$), инженеры-технологи ($\text{Ч}_\text{т}$), рабочие ($\text{Ч}_\text{р}$)

Важной особенностью СПУ является возможность заблаговременно предвидеть отклонения от плана, что дает руководителям резерв времени для разработки мероприятий по их локализации.

Оптимизация сетевого трафика производится с применением математических методов и ЭВМ. Она направлена на сокращение продолжительности критического пути, экономное расходование ресурсов, четкое разграничение ответственности между отдельными исполнителями и руководителями работ, а также на предупреждение отставания в выполнении работ. Оптимизация сетевого графика производится путем:

- разделения какой-либо работы на несколько работ, выполняемых параллельно;
- перераспределения ресурсов путем перевода части исполнителей с ненапряженных работ на работы критического пути, выполняемые параллельно с первыми работниками тех же специальностей;
- изменения срока начала и окончания работ ненапряженных путей в пределах полного резерва.

Планирование процессов создания и освоения новой техники включает в себя составление сметы затрат, в которой расшифровываются и обосновываются необходимые затраты по соответствующим статьям. Для планирования себестоимости каждой темы, связанной с подготовкой производства новых изделий, смета составляется по калькуляционным статьям, а для планирования всей хозяйственной деятельности предприятия – по экономическим элементам.

Расчет параметров по сетевому графику:

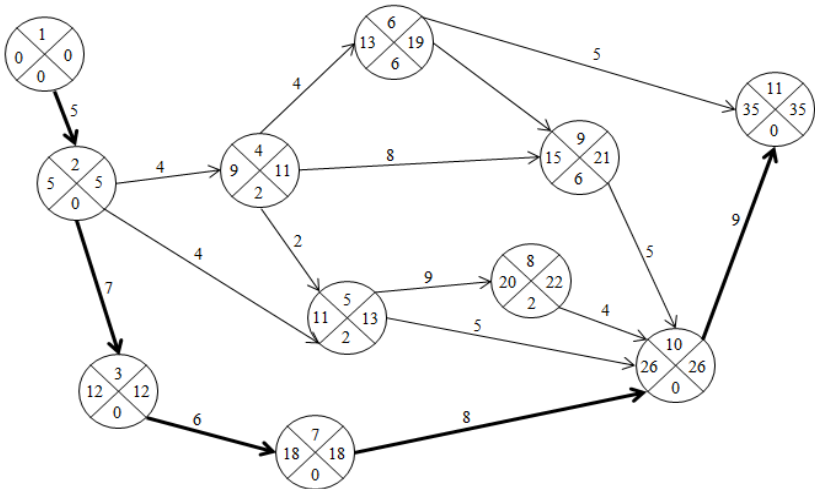
1. Построить сетевой график.
2. Выделить критический путь и найти его длину.
3. Определить резервы времени каждого события.
4. Определить резервы времени (полные, частные первого вида, свободные и независимые) всех работ и коэффициент напряженности работы (i, j). Данная работа указана в конце каждого варианта (табл. 33).

Таблица 33

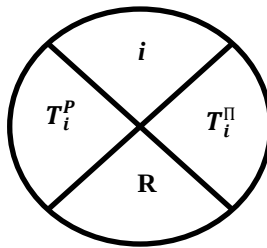
(i, j)	1 2	2 3	2 4	2 5	3 7	4 5	4 6	4 9	5 8	5 10	6 9	6 11	7 10	8 10	9 10	10 11
t(i, j)	5	7	4	4	6	2	4	8	9	5	2	5	8	4	5	9

Решение

1. На основании условия получим схему сетевого графика:



Для удобства вершину (событие) будем изображать кругом, разделенным на четыре части, в котором проставлены основные временные характеристики сетевого графика (i – номер вершины в правильной нумерации, T_i^P – ранний срок наступления события, $T_i^П$ – поздний срок наступления события, R – резерв времени события):



2. Найденный критический путь отмечен на сетевом графике жирной линией.

Найденное критическое время $T_{кр} = 35$

3. Пусть t_{ij} – заданная продолжительность работы (i, j) , где i – номер начальной, j – конечной вершины, тогда t_{ij} вписывается на дуге (i, j) сетевого графика и считается её длиной.

Ранним сроком свершения события назовем самый ранний момент времени, к которому завершаются все работы, предшествующие этому событию:

$$T_i^p = \max(T_i^p + v_j),$$

где v_j – множество всех работ, входящих в j -е событие; T_i^p – ранний срок свершения начального события работы (i, j) .

Условные обозначения основных элементов сетевого графика:

P_i – предшествующее событие, то есть событие, предшествующее данной работе;

P_j – последующее событие, то есть событие, следующее за данной работой;

q_{i-j} – работа между событиями;

t_{i-j} – время выполнения работы (временная оценка);

i – индекс, присвоенный предшествующему событию;

j – индекс, присвоенный последующему событию;

P_0 – начальное событие;

P_n – конечное событие;

$t(L_n)$ – длина полного некритического пути;

$T_{кр}(L_{кр})$ – длина критического пути;

T_i^p – раннее время свершения предшествующего события P_i ;

T_j^p – раннее время свершения последующего события P_j ;

T_i^n – позднее время свершения предшествующего события P_i ;

T_j^n – позднее время свершения последующего события P_j ;

R_{i-j}^{np} – полный резерв времени у работы, q_{i-j} ;

R_{i-j}^{cp} – свободный резерв времени у работы, q_{i-j} .

Раннее время свершения события определяется по зависимости

$$T_j^p = \max(T_i^p + t_{i-j}).$$

Если в событие входит только одна работа, то выражение принимает такой вид:

$$T_j^p = T_i^p + t_{i-j}.$$

Значение позднего времени свершения события определяется из выражения:

$$T_i^n = \min(T_j^n + t_{i-j}).$$

Позднее время свершения конечного события T_n^n равно раннему времени его свершения T_n^p , то есть выражению: $T_n^n = T_n^p$.

Величина полного резерва времени у работы определяется выражением:

$$R_{i-j}^{np} = T_j^n + T_i^p + t_{i-j}.$$

Величина свободного резерва времени у работы определяется выражением:

$$R_{i-j}^{\text{cp}} = T_j^{\text{p}} - T_j^{\text{p}} - t_{i-j}.$$

Критические (напряженные) работы и события – это работы и события, лежащие на критическом пути.

Для критических работ полный и свободный резервы времени равны нулю ($R_{i-j}^{\text{np}} = 0$ и $R_{i-j}^{\text{cp}} = 0$). Для критических событий самый ранний и самый поздний сроки наступления события ($T_i^{\text{p}} = T_j^{\text{п}}$).

Величина коэффициента напряженности определяется по формуле:

$$K_{i-j}^{\text{н}} = 1 - \frac{R_{i-j}^{\text{np}}}{T_{\text{кр}}(L_{\text{кр}}) - t'(l_{\text{кр}})},$$

где $t'(l_{\text{кр}})$ – суммарная продолжительность выполнения критических работ, совпадающих с максимальным по длине путем (рис. 5).

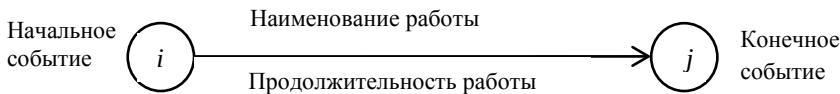


Рис. 5

Для параллельно выполняемых работ вводится дополнительное событие – зависимость (рис. 6).

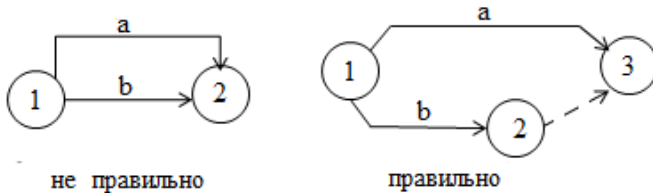


Рис. 6

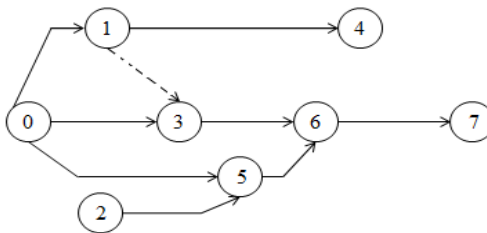


Рис. 7

В сетевом графике не должно быть замкнутых контуров. На рис. 8 работы 1–2, 2–3, 3–1 образуют замкнутый контур.

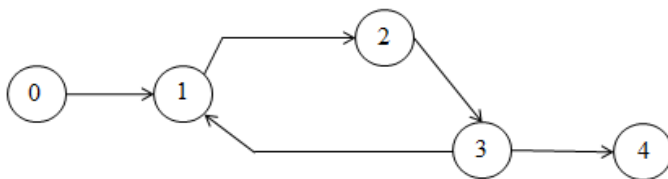


Рис. 8

В сетевом графике не должно быть событий, обозначенных одинаковыми кодами. На рис. 9 одинаково закодированы 2 события, которые на самом деле должны быть закодированы под индивидуальными номерами.

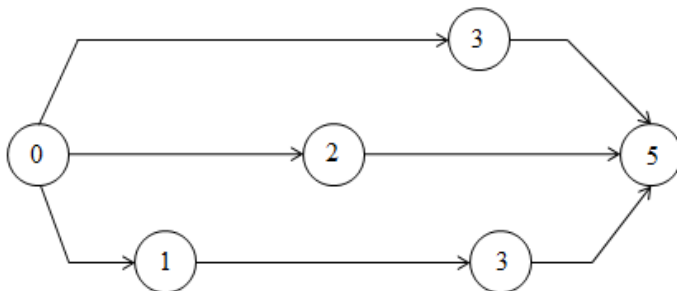


Рис. 9

Заключение

Дисциплина «Организация производства и управления предприятием» входит в учебный план подготовки специалистов в области энергетики и использования современной компьютерной техники. Она включает теоретические разработки и методические рекомендации в области организации производства, его технологической подготовки и обслуживания, научных основ менеджмента и маркетинга.

Для выполнения будущих должностных обязанностей студент должен овладеть необходимыми знаниями в области организации производства и менеджмента, уметь самостоятельно определять пути практического решения задач, которые возникают в процессе работы участка, цеха, предприятия.

Практикум по дисциплине «Организация производства и управление предприятием» соответствует предъявляемым требованиям и рекомендуется для подготовки студентов по специальностям: «Энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент», «Ядерная и радиационная безопасность», «Информационные системы и технологии (в экологии и здравоохранении)».

Литература

1. Бовин, А. А. Управление инновациями в организации / А. А. Бовин, Л. Е. Чередникова, В. А. Якимович. – М.: Изд. «Омега-Л», 2009. – 415 с.
2. Золотогоров, В. Г. Организация производства и управление предприятием : учеб. пособие / В. Г. Золотогоров. – Минск : Книжный Дом, 2005. – 448 с.
3. Карпенко, Е. М. Организация производства / Е. М. Карпенко, С. Ю. Комков. – Минск : ТетраСистемс, 2008. – 176 с.
4. Крум, Э. В. Антикризисное управление предприятием / Э. В. Крум – Минск : ТетраСистемс, 2009. – 176 с.
5. Новицкий, Н. И. Сетевое планирование и управление производством / Н. И. Новицкий. – М. : «Новое знание», 2004. – 365 с.
6. Панасюк, М. Ю. Организация производства и управление предприятием: учеб.-метод. пособие / М. Ю. Панасюк, Т. Н. Долинин. – Минск : «ФУАинформ», 2006. – 88 с.
7. Сеница, Л. М. Организация производства / Л. М. Сеница. – Минск : ИВЦ Минфина, 2004. – 420 с.
8. Черник, Н. Ю. Товарная политика предприятия / Н. Ю. Черник. – Минск : ТетраСистемс, 2007. – 144 с.
9. Форд, Генри. Организация производства и стратегия управления бизнесом (My Life & Work) : учебник / Г. Форд. – Минск : НПЧУП «Управленец», 2004. – 208 с.

Содержание

Введение	2
Занятие 1 Организация производственного процесса на предприятии ...	4
Занятие 2 Организация технической подготовки производства	12
Занятие 3 Производственная мощность предприятия.....	25
Занятие 4 Организация поточного производства	32
Занятие 5 Организация вспомогательных производств: инструментальное хозяйство	49
Занятие 6 Организация вспомогательных производств: ремонтное хозяйство	54
Занятие 7 Организация вспомогательных производств: складское хозяйство	59
Занятие 8 Организация вспомогательных производств: транспортное хозяйство	62
Занятие 9 Организация вспомогательных производств: энергетическое хозяйство	65
Занятие 10 Метод сетевого планирования и управления.....	68
Заключение.....	76
Литература.....	77

Учебное издание

Ерошов Анатолий Иванович

**ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА
И УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЕМ**

Практикум

Редактор *А. В. Красуцкая*
Корректор *Л. М. Корневская*
Компьютерная верстка *Д. В. Головач*

Подписано в печать 03.05.2017. Формат 60×90 1/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 4,9. Уч.-изд. л. 2,9.
Тираж 20 экз. Заказ № 257.

Республиканское унитарное предприятие «Информационно-
вычислительный центр Министерства финансов Республики Беларусь».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/161 от 27.01.2014, № 2/41 от 29.01.2014.
Ул. Кальварийская, 17, 220004, г. Минск.