

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра менеджмента

**ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА  
И УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЕМ.  
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

*Рекомендовано УМО по образованию в области информатики  
и радиоэлектроники для специальностей, закреплённых за УМО  
по образованию в области информатики и радиоэлектроники,  
в качестве пособия*

Минск БГУИР 2013

УДК 658.51(076.5)  
ББК 65.290-2я73  
О-64

Авторы:

А. А. Горюшкин, Л. Ч. Горностай, Е. А. Игнатова,  
Е. А. Наумчик, Н. И. Новицкий

Рецензенты:

кафедра организации и управления учреждения образования  
«Белорусский государственный экономический университет»  
(протокол №6 от 04.12.2012 г.);

заведующий кафедрой экономики и организации машиностроительного  
производства Белорусского национального технического университета,  
кандидат экономических наук, доцент Т. А. Сахнович

**Организация** производства и управление предприятием. Лаборатор-  
О-64 ный практикум : пособие / А. А. Горюшкин [и др.]. – Минск : БГУИР,  
2013. – 144 с. : ил.  
ISBN 978-985-488-955-9.

В пособии предлагаются лабораторные работы по важнейшим разделам курса «Организация производства и управление предприятием». Каждая работа содержит цель, порядок выполнения, краткие теоретические сведения, пример выполнения, контрольные вопросы и задания, варианты заданий.

Адресовано студентам технических и экономических специальностей.

УДК 658.51(076.5)  
ББК 65.290-2я73

ISBN 978-985-488-955-9

© УО «Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники», 2013

# Лабораторная работа №1

Тема «Организация производственного процесса во времени»

## 1.1. Цель

Закрепление теоретических знаний по теме «Организация производственного процесса во времени»; освоение правил построения графиков и расчёта длительности цикла при различных видах движений партий деталей по операциям.

## 1.2. Порядок выполнения

Время выполнения работы – два часа.

Последовательность выполнения лабораторной работы:

1. Ознакомление с поставленной целью лабораторной работы (подразд. 1.1).
2. Изучение теоретического материала по рассматриваемой теме, знакомство с понятиями «производственный процесс», «длительность производственного цикла», «длительность технологического цикла» и с правилами построения графиков и расчётом длительности технологического цикла при различных видах движений предметов труда по операциям; выбор оптимального варианта (подразд. 1.3).
3. Знакомство с приведенным примером расчёта длительности технологического цикла при различных видах движений предметов труда по операциям (подразд. 1.4).
4. Выполнение лабораторной работы в соответствии с полученным вариантом задания (подразд. 1.6).
5. Защита лабораторной работы: обоснование выбора оптимального варианта движения предметов труда по операциям. Ответ на поставленные теоретические вопросы. Выполнение контрольных заданий.

## 1.3. Краткие теоретические сведения

*Производственный процесс*, осуществляемый на радиотехническом предприятии, представляет собой совокупность взаимосвязанных трудовых и естественных процессов, посредством которых поступающие на предприятие исходные материалы, полуфабрикаты и комплектующие изделия превращаются в готовые изделия, приборы и машины.

Производственные процессы делятся на простые и сложные.

Изготовление каждой отдельной части изделия является *простым процессом*. Сборка изделия – *сложный процесс*, состоящий из ряда простых процессов и сборочных операций.

Производственный процесс изготовления любого изделия должен быть организован во времени и пространстве.

Все производственные процессы подразделяются на основные, вспомогательные и обслуживающие.

*Основные* – процессы производства основной (товарной) продукции предприятия (превращение предметов труда в продукцию, в конечном итоге выпускаемую как товарную продукцию предприятия).

*Вспомогательные* – процессы, результаты которых используются или непосредственно в основных процессах, или для обеспечения их бесперебойного и эффективного обслуживания.

*Обслуживающий* – процесс труда по оказанию услуг, необходимых для осуществления основных и вспомогательных процессов (технический контроль, транспортировка, учёт, материально-техническое снабжение).

Основные, вспомогательные и обслуживающие процессы тесным образом взаимосвязаны и представляют собой единый комплекс, ведущая роль в котором принадлежит основным процессам.

Для осуществления производственного процесса и его отдельных частей требуется значительное время.

Время изготовления предмета от начала первой технологической операции до момента его полной готовности называется *длительностью производственного цикла* (дни, часы). Время выполнения технологических операций в производственном цикле составляет *длительность технологического цикла*. Весь производственный цикл включает время выполнения технологических операций, контрольных, транспортных и складских операций, естественных процессов и перерывов.

Существует три вида движений предметов труда при организации производственного процесса во времени: последовательный, параллельный и параллельно-последовательный.

**Последовательный.** Последовательное выполнение операций над партией деталей заключается в том, что каждая последующая операция выполняется по окончании изготовления всей партии деталей на предыдущей операции. Данный способ распространён в единичном и мелкосерийном производстве (рис. 1.1).

Длительность технологического цикла при последовательном виде движений предметов труда определяется по формуле

$$T_{\text{ц(посл)}}^{\text{тех}} = n \sum_{i=1}^m \frac{t_i}{C_{\text{пр.}i}}, \quad (1.1)$$

где  $n$  – количество деталей в партии, шт.;

$m$  – число операций в технологическом процессе;

$t_i$  – норма штучного времени на  $i$ -й операции, мин;

$C_{\text{пр.}i}$  – принятое число рабочих мест на  $i$ -й операции, шт.

Отличительные особенности:

1. Движение каждой отдельной детали зависит от движения всей партии.
2. В каждый отдельно взятый момент времени только одна деталь из всей партии обрабатывается на каждой операции.
3. Рабочий и оборудование не простаивают, но предмет труда имеет пролёживания.

Поэтому процесс производства является *прерывным*, что значительно увеличивает длительность производственного цикла.

**Параллельный.** Параллельный вид движения предметов труда характеризуется одновременным выполнением всех операций на различных рабочих местах и штучной передачей деталей с одного рабочего места на следующее *немедленно* по окончании их обработки на предыдущей операции. Данный вид движения предметов труда характерен для массового типа производства (рис. 1.2).

Длительность технологического цикла при параллельном виде движений предметов труда определяется по формуле

$$T_{ц(пар)}^{тех} = (n - p) \max \left[ \frac{t_1}{C_{пр.1}} : \frac{t_m}{C_{пр.m}} \right] + p \sum_{i=1}^m \frac{t_i}{C_{пр.i}}, \quad (1.2)$$

где  $p$  – размер транспортной партии, шт.;

$\max \left[ \frac{t_1}{C_{пр.1}} : \frac{t_m}{C_{пр.m}} \right]$  – норма времени  $i$ -й операции (максимальной по продолжительности) с учётом количества рабочих мест, мин.

Отличительные особенности:

1. Деталь в производственном процессе движется независимо от всей партии.
2. Одновременно в обработке находится несколько деталей данной партии, но на различных операциях.
3. Производственный процесс является прерывным, т. к. оборудование и рабочий имеют простои.

Данный вид движения предметов труда позволяет получить самый короткий производственный цикл. Эффективность тем выше, чем меньше разница в длительности отдельных операций и чем меньше они отличаются от главной операции.

Недостатком данного вида движения предметов труда по операциям является систематический простой оборудования и рабочих мест на ряде операций.

Построение графика начинается с главной (наиболее трудоёмкой) операции, поэтому параллельный вид движения предметов труда называют *теоретической* основой поточного производства. Г. Форд в 1913 г. пустил первый конвейер для сборки автомобилей и довёл его до совершенства. Применение параллельного вида движений предметов труда позволяет получить самый короткий производственный цикл, что позволило сократить время сборки автомо-

бия с 12 до 1,5 часов, цикл изготовления с 21 до 3 дней, затраты на изготовление с 750 до 300 долл. США.

**Параллельно-последовательный.** При данном виде движения предметов труда по операциям передача объектов производства с одной операции на другую организуется поштучно, либо небольшими группами (транспортными партиями), но так, чтобы процесс производства осуществлялся без перерывов, т. е. без простоев оборудования. Данный вид движения предметов труда характерен для серийного, крупносерийного и массового типов производства (рис. 1.3).

*Правило построения графика* заключается в следующем: если последующая операция по времени меньше, чем предыдущая, то построение графика начинается с конца (с последней детали из партии), т. е. создаётся запас деталей, позволяющий выполнить эту операцию непрерывно, и наоборот, если последующая операция больше, чем предыдущая, то построение графика начинается с первой детали из партии, т. е. запас деталей перед последующей операцией не создаётся, партия деталей немедленно передаётся на последующую операцию по окончании её обработки.

Длительность технологического цикла при параллельно-последовательном виде движений предметов труда определяется по формуле

$$T_{ц(пп)}^{\text{тех}} = n \sum_{i=1}^m \frac{t_i}{C_{\text{пр.}i}} - (n-p) \sum_{i=1}^{m-1} \min \left[ \frac{t_i}{C_{\text{пр.}i}}; \frac{t_{i+1}}{C_{\text{пр.}i+1}} \right], \quad (1.3)$$

где  $\min \left[ \frac{t_i}{C_{\text{пр.}i}}; \frac{t_{i+1}}{C_{\text{пр.}i+1}} \right]$  – наименьшая норма времени между каждой  $i$ -й парой смежных операций с учётом количества единиц оборудования, мин.

Отличительные особенности:

1. Каждая последующая операция не начинается до тех пор, пока на предыдущей операции не накопится достаточное количество деталей, обеспечивающее бесперебойную обработку на данной операции.

2. Предмет труда в процессе обработки имеет пролёживания, хотя рабочий и оборудование работают без простоев.

По сравнению с параллельным видом длительность производственного цикла больше, но при этом устраняется один из существенных недостатков – простой оборудования и рабочих на ряде операций в ходе производственного процесса.

### 1.4. Пример расчёта длительности технологического цикла при различных видах движений предметов труда по операциям

Для условного примера возьмём следующие исходные данные: партия деталей состоит из 3 шт. ( $n = 3$ ), технологический процесс обработки включает 4 операции ( $m = 4$ ), длительность которых соответственно составляет:  $t_1 = 2$ ,  $t_2 = 1$ ,  $t_3 = 1,5$ ,  $t_4 = 2$  мин. Размер транспортной партии равен 1 шт. Каждая операция выполняется на одном станке ( $C_{пр.i} = 1$ ).

#### Последовательный

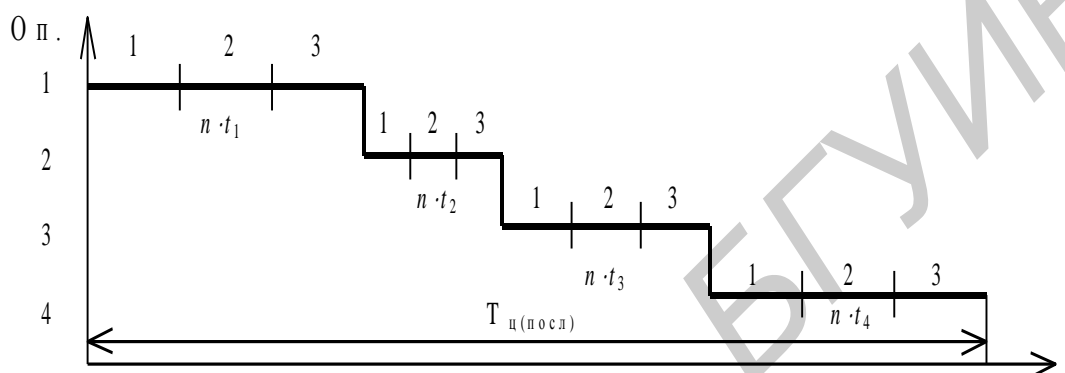


Рис. 1.1. График последовательного вида движения

$$T_{ц(посл)}^{тех} = n \sum_{i=1}^m \frac{t_i}{C_{пр.i}} = 3 \cdot \frac{2+1+1,5+2}{1} = 19,5 \text{ мин.}$$

#### Параллельный

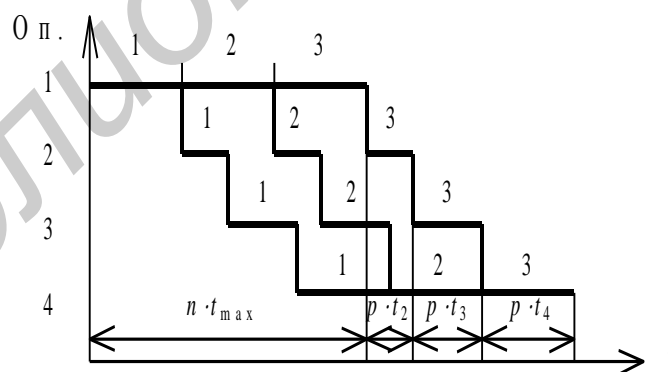


Рис. 1.2. График параллельного вида движения

$$T_{ц(пар)}^{тех} = (n - p) \max \left[ \frac{t_1}{C_{пр.1}} : \frac{t_m}{C_{пр.m}} \right] + p \sum_{i=1}^m \frac{t_i}{C_{пр.i}} =$$

$$= (3 - 1) \cdot \frac{2}{1} + 1 \cdot \frac{2+1+1,5+2}{1} = 10,5 \text{ мин.}$$

## Параллельно-последовательный

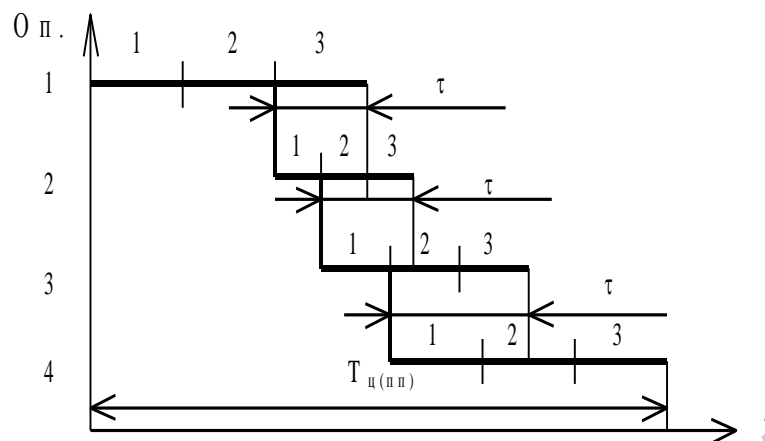


Рис. 1.3. График параллельно-последовательного вида движения

$$\tau = (n - p)t_{кор}: \tau_1 = \tau_2 = (3 - 1)1 = 2 \text{ мин}; \tau_3 = (3 - 1)1,5 = 3 \text{ мин};$$

$$T_{ц(п.п.)}^{тех} = n \sum_{i=1}^m \frac{t_i}{C_{пр.i}} - (n - p) \sum_{i=1}^{m-1} \min \left[ \frac{t_i}{C_{пр.i}}; \frac{t_{i+1}}{C_{пр.i+1}} \right] =$$

$$= 3 \cdot \frac{2+1+1,5+2}{1} - (3-1) \cdot \frac{1+1+1,5}{1} = 12,5 \text{ мин.}$$

### 1.5. Контрольные вопросы и задания

1. Поясните понятие «производственный процесс».
2. Поясните понятия «длительность производственного цикла», «длительность технологического цикла».
3. Поясните отличительные особенности последовательного и параллельного видов движения предметов труда по операциям.
4. Поясните, как строится график параллельно-последовательного вида движения предметов труда по операциям.
5. Поясните, как выбирается оптимальный вариант движения предметов труда по операциям.

### 1.6. Варианты заданий

Чтобы определить исходные данные для выполнения лабораторной работы, необходимо воспользоваться табл. 1.1.



## Исходные данные по вариантам

| Номер<br>варианта | Время обработки деталей, мин<br>принятое число рабочих мест, шт. |            |       |            |       |            |       |            |       |            |
|-------------------|--|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|
|                   | $t_1$  | $C_{пр.1}$ | $t_2$ | $C_{пр.2}$ | $t_3$ | $C_{пр.3}$ | $t_4$ | $C_{пр.4}$ | $t_5$ | $C_{пр.5}$ |
| 1                 | 2,0  | 1          | 3,0   | 3          | 3,0   | 1          | 2,0   | 1          | 5,0   | 2          |
| 2                 | 5,0  | 1          | 6,0   | 2          | 6,0   | 4          | 4,0   | 1          | 4,0   | 2          |
| 3                 | 6,0  | 2          | 4,0   | 2          | 5,0   | 1          | 7,0   | 2          | 4,0   | 1          |
| 4                 | 6,0  | 1          | 6,0   | 3          | 3,0   | 1          | 6,0   | 2          | 4,0   | 1          |
| 5                 | 6,0  | 3          | 7,5   | 5          | 8,0   | 2          | 6,0   | 1          | 5,0   | 5          |
| 6                 | 4,5  | 1          | 6,0   | 4          | 6,0   | 2          | 5,0   | 1          | 6,0   | 2          |
| 7                 | 7,5  | 1          | 5,0   | 1          | 8,0   | 4          | 6,0   | 2          | 5,0   | 1          |
| 8                 | 4,0  | 1          | 3,0   | 1          | 5,0   | 2          | 5,0   | 1          | 4,0   | 4          |
| 9                 | 5,0  | 5          | 3,0   | 1          | 4,0   | 1          | 5,5   | 1          | 4,0   | 2          |
| 10                | 6,0  | 3          | 4,5   | 1          | 6,0   | 2          | 5,0   | 5          | 5,0   | 2          |
| 11                | 7,0  | 2          | 7,0   | 1          | 8,0   | 2          | 5,0   | 1          | 6,0   | 3          |
| 12                | 5,0  | 1          | 6,0   | 2          | 6,0   | 1          | 4,5   | 1          | 6,0   | 3          |
| 13                | 8,0  | 1          | 8,0   | 2          | 6,5   | 1          | 6,0   | 3          | 4,0   | 1          |
| 14                | 7,5  | 3          | 5,5   | 1          | 6,0   | 2          | 6,0   | 4          | 4,0   | 1          |
| 15                | 7,0  | 1          | 7,0   | 2          | 5,5   | 1          | 6,0   | 3          | 6,0   | 4          |

$n = 5$  шт.,  $p = 1$  шт.

## Лабораторная работа №2

### Тема «Изучение затрат рабочего времени методом хронометражных наблюдений»

#### 2.1. Цель

Изучение сущности, значения и методов технического обоснования норм труда; приобретение навыков по расчёту норм времени методом хронометражных наблюдений.

#### 2.2. Порядок выполнения

Время выполнения работы – два часа.

Последовательность выполнения лабораторной работы:

1. Ознакомление с поставленной целью лабораторной работы (подразд. 2.1).
2. Изучение теоретического материала по рассматриваемой теме, знакомство с классификацией затрат рабочего времени (подразд. 2.3).
3. Знакомство с методикой проведения хронометражных наблюдений (подразд. 2.4).
4. Приобретение опыта проведения хронометража при наблюдении и изучении его с помощью учебного телевидения (используется учебный фильм «Хронометраж»).
5. Проведение анализа полученных результатов наблюдений и определение оперативного времени выполнения операции.
6. Защита лабораторной работы: обоснование полученных результатов проведения хронометражных наблюдений. Ответ на поставленные теоретические вопросы. Выполнение контрольных заданий.

#### 2.3. Краткие теоретические сведения

Под техническим обоснованием норм труда (техническим нормированием) понимается совокупность форм и методов, необходимых для установления норм времени или норм выработки на выполнение каких-либо работ при определённых организационно-технических условиях производства.

Техническое обоснование норм труда – одно из важнейших средств и условий организации и планирования процессов производства, важнейший фактор повышения производительности труда. В процессе технического обоснования норм труда изучаются передовые достижения производства для установления технически обоснованных норм времени, что способствует распространению передового опыта производства, расширению организационного уровня.

Так как мерой затрат труда является рабочее время, выраженное в минутах, часах или днях, то уровень производительности труда характеризуется количеством времени, затрачиваемым на выполнение данной работы. Чем оно меньше, тем выше производительность труда.

Экономия затрат труда при высоком уровне качества продукции является показателем совершенства технологии и организации производства. Поэтому особенно важное значение приобретает техническое обоснование норм труда, понимаемое как нормирование затрат рабочего времени.

Техническое обоснование норм труда является основой внутризаводского планирования, основой расчёта численности промышленно-производственного персонала, необходимого для выполнения производственного плана предприятия, основой для расчёта мощности производственных подразделений и др. Оно также необходимо и для правильной организации и расчёта заработной платы, т. к. без технически обоснованных норм времени нельзя обеспечить правильное распределение материальных благ в соответствии с количеством и качеством затраченного труда.

Основной задачей технического обоснования норм труда является установление для конкретных организационно-технических условий норм времени, т. е. затрат времени, необходимых для выполнения единицы заданной работы; норм выработки – количества единиц продукции, которое должно быть изготовлено в единицу времени (час, смену и т. д.); норм численности – регламентированной численности рабочих, ИТР, служащих, необходимой для выполнения определённого объёма работы.

Техническое обоснование норм труда не ограничивается расчётом норм времени. Содержание его значительно шире. Оно включает: а) анализ производственных возможностей каждого рабочего места; б) систематическое изучение организации производственных процессов, организации труда, структуры нормируемых операций и исследование затрат рабочего времени на их выполнение; в) разработку нормативов для установления технически обоснованных норм; г) организацию освоения разработанных норм путём систематического инструктажа рабочих; д) контроль и организацию анализа выполнения рабочими установленных норм времени; е) тарификацию работ и установление сдельных расценок; ж) разработку норм обслуживания и штатных нормативов для рабочих, оплачиваемых повременно; з) выявление резервов повышения производительности труда и др.

Все вопросы, связанные с техническим обоснованием норм труда, находятся в ведении отдела труда и заработной платы, отдела главного технолога и лаборатории научной организации труда (НОТ).

Нормы времени (выработки) разрабатываются на конкретные операции производственного процесса или комплексы операций при производстве продукции, поддающейся количественной оценке, контролю и учёту.

В практике промышленных предприятий разрабатываются технически обоснованные, опытно-статистические и временные нормы времени.

Технически обоснованные нормы времени устанавливаются на основе полного учёта производственных возможностей рабочих мест или выбора наиболее эффективных методов использования техники и организации труда, передового опыта производства.

Опытно-статистические нормы времени устанавливаются на основе отчётных (статистических) данных о выработке рабочих за прошлый период времени при выполнении аналогичных работ или на основе опыта нормировщика (мастера, технолога) без учёта и проверки производственных возможностей рабочих мест.

Временные нормы времени устанавливаются на период освоения технически обоснованных норм (на два-три месяца), они, как правило, несколько завышенные.

Так как технология, организация труда, навыки рабочих непрерывно улучшаются, то повышаются и производственные возможности рабочих мест, а следовательно, и нормы времени не могут быть стабильными в течение длительного периода времени. Они должны периодически пересматриваться и приводиться в соответствие с возрастающими производственными возможностями.

Изучение состава затрат времени и его анализ в значительной мере облегчаются применением общепринятой в машиностроении, в том числе и радиоэлектронной промышленности, классификации затрат рабочего времени.

По этой классификации все затраты рабочего времени на протяжении рабочего дня подразделяются на время работы и время перерывов в работе.

Время работы – время, в течение которого производятся действия, связанные с выполнением производственного задания. Оно может быть подразделено на следующие категории:

- подготовительно-заключительное время ( $t_{п.з}$ );
- оперативное время ( $t_{оп}$ );
- время обслуживания рабочего места ( $t_{см}$ ).

*Подготовительно-заключительное время.* Для выполнения заданного объёма работы необходимо предварительно осуществить ряд подготовительных, а после её окончания – ряд завершающих мероприятий. Время, затрачиваемое на эти мероприятия, называется подготовительно-заключительным.

Характерной особенностью этой категории рабочего времени является то, что эти затраты не повторяются с каждой обрабатываемой деталью (сборочной единицей) и не находятся в прямой зависимости от объёма заданной работы.

К подготовительному времени относится получение наряда, материала, чертежей, специальных инструментов, приспособлений, а при работе на станках к подготовительному времени также относится установка специальных приспособлений, наладка необходимого числа оборотов, подачи и т. д.

К заключительному времени относятся затраты на сдачу работы, документации, приспособлений и т. д.

*Оперативное время.* К оперативному времени относятся затраты на выполнение данного задания, выдаваемого рабочему. Оно складывается из основного ( $t_o$ ) и вспомогательного ( $t_b$ ) времени.

К основному времени относится время, затрачиваемое непосредственно на изменение предмета труда, являющееся конечной целью, поставленной данным заданием (ковка, штамповка, точение, сверление, строгание, закалка, отжиг, окраска, шлифовка, полировка, лужение, сборка и т. д.)

К вспомогательному времени относится время, затрачиваемое на выполнение работ вспомогательного характера, таких как установка, крапление, раскрепление и снятие детали; управление станком (включение и выключение подачи), подвод и отвод инструмента к детали; контроль размеров обработки и др.

Элементы основного (технологического) и вспомогательного (оперативного) времени могут быть машинными, аппаратными, машинно-ручными (механизированными), ручными.

Кроме того, вспомогательное время может быть неперекрываемым, частично-перекрываемым и перекрываемым основным временем.

Неперекрываемыми называются такие затраты вспомогательного времени, в течение которого основная работа не выполняется. При этом оперативное время ( $t_{оп}$ ) равняется сумме основного ( $t_o$ ) и неперекрываемого вспомогательного ( $t_{в.н}$ ).

Частично перекрываемым вспомогательным временем называется время вспомогательной работы, часть которой выполняется одновременно с основной работой (в  $t_{оп}$  эта часть времени не включается).

Перекрываемым вспомогательным временем называется время такой вспомогательной работы, которая полностью выполняется в период выполнения основной работы ( $t_{в.п}$  в  $t_{оп}$  не включается).

*Время обслуживания рабочего места.* Это время затрачивается рабочим на уход за своим рабочим местом и поддержание его в рабочем состоянии. В свою очередь это время подразделяется на время технического обслуживания ( $t_{т.о}$ ) и время организационного обслуживания ( $t_{о.о}$ ).

Ко времени технического обслуживания относятся затраты времени на смену затупившегося инструмента, его заточку, на подналадку и регулировку станка в процессе работы, на уборку стружки и т. д.

Ко времени организационного обслуживания относятся затраты времени на раскладку и уборку инструмента, документации и т. п.; на осмотр и опробование станка, чистку, смазку, обтирку механизмов оборудования и на передачу станка сменщику.

Время перерывов в работе – потери рабочего времени. Они подразделяются на непроизводительную работу; простои по организационно-техническим причинам, не зависящим от рабочего, и простои, зависящие от рабочего; потери рабочего времени на отдых и личные надобности.

*Время непроизводительной работы ( $t_{п.н}$ ).* К непроизводительным затратам рабочего времени относятся затраты времени на выполнение различных видов работ, не предусмотренных заданием. Типичными затратами времени та-

кого рода являются: хождение за инструментом, приспособлениями, материалами, заготовками; хождение за мастером, контролёром, подсобным рабочим; ремонт оборудования самим рабочим; поиски подкладок, клиньев, инструментов, материалов и т. п.

*Простои по организационно-техническим причинам, не зависящим от рабочего ( $t_{по}$ ).* К ним относятся: ожидание работы, чертежа, инструкций, материалов, заготовок, транспорта, инструмента, приспособлений; ожидание наладчика и наладки станка, энергии, ремонта, подсобного рабочего и др.

*Простои по организационно-техническим причинам, зависящим от рабочего ( $t_{пр}$ ).* К ним относятся: опоздание к началу работы; преждевременное окончание работы; посторонние разговоры в рабочее время; отлучки рабочего с рабочего места; курение и другие виды занятий посторонними делами.

*Время перерывов на отдых и личные надобности ( $t_{отд}$ ).* К нему относятся регламентированные перерывы на отдых, время на естественные надобности и время на производственную гимнастику.

Приведенная классификация затрат рабочего времени является основой для составления структуры и расчёта технически обоснованной нормы времени. Структура технически обоснованной нормы времени приведена на рис. 2.1.

Расчёт технически обоснованной нормы времени в серийном и единичном производствах осуществляется по формуле

$$T_{ш.к} = t_{шт} + \frac{t_{п.з}}{n}, \quad (2.1)$$

где  $t_{шт}$  – норма штучного времени, мин;

$t_{п.з}$  – подготовительно-заключительное время, мин;

$n$  – число деталей (изделий) в партии, шт.

Такая норма времени называется штучно-калькуляционной ( $T_{ш.к}$ ). Она используется при расчёте расценки ( $P$ ) на нормируемую работу. Расценка определяется по формуле

$$P = T_{ш.к} \cdot C_T, \quad (2.2)$$

где  $C_T$  – часовая тарифная ставка, соответствующего разряда нормируемой работы, р.

В условиях массового производства  $t_{п.з}$  отсутствует, т. к. рабочее место всегда налажено на какую-либо одну работу, поэтому

$$T_{ш.к} = t_{шт}. \quad (2.3)$$



Рис. 2.1. Структура технически обоснованной нормы времени

Норма штучного времени включает:

а) норму оперативного времени ( $t_{оп}$ ), состоящую из основного ( $t_o$ ) и непрерывяемого вспомогательного времени ( $t_{в.н}$ );

б) время обслуживания рабочего места ( $t_{ом}$ ), состоящее из времени технического обслуживания рабочего места ( $t_{т.о}$ ) и времени организационного (непрерывяемого) обслуживания рабочего места ( $t_{оо.н}$ );

в) время перерывов на отдых и личные надобности ( $t_{отд}$ ).

Структурная формула нормы штучного времени имеет вид

$$t_{шт} = t_o + t_{в.н} + t_{т.о} + t_{оо.н} + t_{отд} \quad (2.4)$$

Исходя из нормы времени на единицу продукции, определяется норма выработки ( $H_B$ ). Расчет ведётся по формулам:

– для массового производства

$$H_B = \frac{t_{см}}{t_{шт}}; \quad (2.5)$$

– для единичного и серийного производства

$$H_B = \frac{t_{см}}{T_{ш.к}}, \quad (2.6)$$

где  $t_{см}$  – продолжительность смены, мин.

Между процентом уменьшения нормы времени и процентом увеличения нормы выработки существует обратная зависимость. Если норма времени снижена на  $X$  процентов, то норма выработки возрастает на величину  $P$  процентов.

Пусть  $X = 20 \%$ :

$$P = \frac{100X}{100 - X} = \frac{100 \cdot 20}{100 - 20} = 25 \%$$

В настоящее время на промышленных предприятиях, как правило, для установления технически обоснованных норм времени используются два основных метода.

*Аналитически-расчётный метод.* В этом случае нормы времени рассчитываются по формулам с использованием нормативов времени на основные и вспомогательные операции, подготовительно-заключительную работу, нормативов на обслуживание рабочих мест, а также нормативов на отдых и личные надобности рабочих (используются действующие дифференцированные нормативы для различных видов работ по типам производства, укрупнённые нормативы, номограммы, таблицы). Этот метод применяется главным образом в условиях серийного и крупносерийного типов производства.

*Аналитически-исследовательский метод.* В этом случае нормы времени рассчитываются на основе изучения затрат рабочего времени наблюдением за ходом выполнения той или иной операции непосредственно в производственных условиях и затрат рабочего времени рабочими на рабочих местах.

Нормативы затрат рабочего времени по составным частям технически обоснованной нормы времени устанавливаются с помощью хронометражных



наблюдений, фотографий рабочего времени и данных паспортов оборудования. Этот метод применяется главным образом в условиях крупносерийного и массового типов производства.

Основанием для разработки нормативов на составные части нормы времени  $t_{п.з.}$ ,  $t_{ом}$  и  $t_{отд}$  служат данные проводимых фотографий рабочего времени после их тщательной обработки, а составная часть нормы времени  $t_{оп}$  определяется с помощью хронометража.

Хронометраж – метод изучения затрат рабочего времени на выполнение повторяющихся ручных и машинно-ручных элементов трудовых операций путём замеров их продолжительности и анализа условий их выполнения.

Конкретно хронометраж используется для следующих целей:

- разработки или корректировки нормативов на ручное и машинно-ручное время выполнения операции ( $t_{оп}$ ) – основное ( $t_o$ ) и вспомогательное ( $t_b$ ), перекрываемое и неперекрываемое;
- определения технически обоснованных норм времени или уточнения норм времени, определяемых по нормативам;
- изучение приёмов и методов работы передовых рабочих с целью распространения их среди других рабочих.

#### 2.4. Методика проведения хронометражных наблюдений

Проведение хронометража состоит из трех этапов: подготовка к проведению наблюдений, проведение наблюдений, обработка результатов наблюдений и проектирование оперативного времени ( $t_{оп}$ ).

На первом этапе наблюдатель в зависимости от цели наблюдения должен выбрать рабочего – объект наблюдения – и разъяснить ему цель и задачи проведения хронометража; изучить операцию, расчленив её на составные элементы (переходы) и установить фиксажные точки; оценить рациональность планировки рабочего места; определить необходимое количество замеров при хронометраже; подготовить секундомер и документацию (хронометражно-наблюдательный лист); обеспечить нормальные условия труда рабочего.

Количество замеров для получения результатов достаточной точности устанавливается в зависимости от продолжительности хронометрируемой операции (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Число замеров при одном хронометражном наблюдении

| Характер работы и степень участия в ней рабочего | Длительность элемента работы, с |             |              |           |
|--|---------------------------------|-------------|--------------|-----------|
|  | до 15                           | от 15 до 60 | от 60 до 120 | свыше 120 |
| Машинная   | 8–10                            | 8–10        | 5–9          | 3–5       |
| Машинно-ручная                                   | 22–26                           | 18–21       | 14–18        | 10–14     |
| Ручная   | 37–42                           | 26–30       | 21–26        | 15–20     |

Хронометражно-наблюдательный лист заполняется с двух сторон. На лицевой стороне листа заполняются сведения о рабочем (фамилия, имя, отчество, профессия, разряд, табельный номер, стаж работы); сведения об оборудовании (наименование, модель, инвентарный номер, состояние и др.); сведения об инструменте и обрабатываемом материале; краткая характеристика изготавливаемого изделия; наименование операции; эскиз рабочего места. Пример заполнения лицевой стороны хронометражно-наблюдательного листа приведен в табл. 2.2.

На обратной стороне листа до начала наблюдения фиксируются сведения об элементах операции, разделённой фиксированными точками, показывающими начало или конец выполнения какого-либо элемента операции (табл. 2.3).

На втором этапе наблюдатель производит замеры продолжительности выполнения элементов операции. Замеры производятся, как правило, по текущему времени. В этом случае против каждого элемента операции после его окончания записывается текущее время.

В процессе наблюдения наблюдатель отмечает все неполадки в работе и фиксирует рациональность и нерациональность выполнения элементов операции. Он должен хорошо знать наблюдаемую работу и уметь правильно оценить методы её выполнения.

После проведения соответствующего количества замеров времени по каждому элементу операции получают ряды замеров, которые называются хронорядами. Число членов хроноряда равно количеству замеров (в приведенном примере их десять), а хронорядов столько, сколько элементов в операции (в примере их пять).

На третьем этапе наблюдатель производит обработку данных наблюдения. Основная задача обработки данных хронометражного наблюдения заключается в определении искомой продолжительности каждого элемента операции по всем номерам наблюдений. Для этого из текущего времени выполнения данного элемента вычитается текущее время выполнения предыдущего элемента, а результат записывается в строку продолжительности выполнения данного элемента.

Продолжительность выполнения каждого данного элемента может немного колебаться. Поэтому для оценки устойчивости хроноряда определяется коэффициент устойчивости, который представляет собой отношение максимальной продолжительности данных хронорядов к минимальной продолжительности того же ряда:

$$K_{уст} = \frac{t_{max}}{t_{min}}. \quad (2.7)$$

Рассчитанный таким образом фактический коэффициент устойчивости хроноряда сопоставляется с нормативным, он не должен превышать нормативный коэффициент  $K_{уст.н}$  (табл. 2.4).

## Хронометражно-наблюдательный лист (лицевая сторона)

| А. Исполнитель               |                 | Е. Изделие   |         |                              |
|------------------------------|-----------------|--|---------|------------------------------|
| Фамилия, имя, отчество       | Иванова Н. И.   | Плата АРУ  |         |                              |
| Табельный номер              | 244             | Габаритные размеры   |         |                              |
| Специальность                | слесарь-сборщик | платы 45×70 мм   |         |                              |
| Разряд рабочего              | 3               | Вес – 0,18 кг  |         |                              |
| Стаж по специальности        | 5 лет           |  |         |                              |
| Выполнение норм времени      | 125 %           |  |         |                              |
| Б. Оборудование              |                 | Ж. Операция  |         |                              |
| Рабочее место                | верстак         | Сборка платы АРУ   |         |                              |
| Инвентарный номер            | 607             |  |         |                              |
| В. Инструмент                |                 | З. Характеристики операции   |         |                              |
| Наименование                 | Характеристика  | Установка на панели платы десяти резисторов  |         |                              |
| Пинцет                       | медицинский     |  |         |                              |
| Паяльник                     | 50 Вт           |  |         |                              |
| Кусачки                      | –               |  |         |                              |
| Г. Основные материалы        |                 | И. Эскиз рабочего места  |         |                              |
| Наименование                 | Профиль         |  |         |                              |
| Плата гетинаксовая           | ЮК66.72.111     |  |         |                              |
| Резистор                     | 1R10            |  |         |                              |
| Д. Вспомогательные материалы |                 | 1. Верстак<br>2. Рабочий-сборщик<br>3. Ящик для инструментов<br>4. Тумбочка для материалов |         |                              |
| Наименование                 | Характеристика  |  |         |                              |
| Припой                       | ПОС – 61        |  |         |                              |
| Флюс                         | ФКСН            |  |         |                              |
| Спирт                        | гидролизный     |  |         |                              |
| Вата                         | х/б             |  |         |                              |
| Наблюдатель                  |                 | Сидоров И. П.  |         |                              |
| Дата                         | Смена           | НАЧАЛО   | КОНЕЦ   | Продолжительность наблюдения |
| 19/II 2013                   | 1-я             | 10.00 ч  | 10.45 ч | 45 мин                       |

Хронометражно-наблюдательный лист (оборотная сторона)

| Элементы операции (переходы)                       | Текущее время T, продолжительность П, с | Номер наблюдений по деталям |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Коэффициент устойчивости, $K_{уст}$ | Суммарное время всех замеров, с | Среднеарифметическое время на переход, с |
|--|---|-----------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------------------------------|---------------------------------|--|
|  |   | 1                           | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |                                     |                                 |  |
| 1. Взять резистор и профлюсовать                   | $T_1$                                   | 7                           | 6  | 7  | 8  | 6  | 5  | 6  | 5  | 7  | 6  | $\frac{8}{5} = 1,60$                | 63                              | 6,30                                     |
|  | $P_1$                                   | 7                           | 6  | 7  | 8  | 6  | 5  | 6  | 5  | 7  | 6  |                                     |                                 |  |
| 2. Залудить и промыть                              | $T_2$                                   | 12                          | 13 | 15 | 14 | 13 | 12 | 15 | 14 | 15 | 13 | $\frac{9}{5} = 1,80$                | 73                              | 7,30                                     |
|  | $P_2$                                   | 5                           | 7  | 8  | 6  | 7  | 7  | 9  | 9  | 8  | 7  |                                     |                                 |  |
| 3. Загнуть выводы и вставить в плату               | $T_3$                                   | 17                          | 20 | 23 | 21 | 27 | 22 | 24 | 25 | 23 | 24 | $\frac{14}{5} = 2,80$               | 90                              | 9,00                                     |
|  | $P_3$                                   | 5                           | 7  | 8  | 7  | 14 | 10 | 9  | 11 | 8  | 11 |                                     |                                 |  |
| 4. Откусить выводы                                 | $T_4$                                   | 20                          | 24 | 28 | 26 | 30 | 27 | 27 | 30 | 33 | 29 | $\frac{5}{3} = 1,67^*$              | 38                              | 4,22                                     |
|  | $P_4$                                   | 3                           | 4  | 5  | 5  | 3  | 5  | 3  | 5  | 10 | 5  |                                     |                                 |  |
| 5. Запаять и промыть                               | $T_5$                                   | 30                          | 35 | 37 | 36 | 38 | 37 | 37 | 39 | 40 | 39 | $\frac{11}{7} = 1,57$               | 94                              | 9,41                                     |
|  | $P_5$                                   | 10                          | 11 | 9  | 10 | 8  | 10 | 10 | 9  | 7  | 10 |                                     |                                 |  |
| <b>Итого оперативное время <math>t_{оп}</math></b> |   |                             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                     |                                 | <b>36,23</b>                             |

\*  $K_{уст} = \frac{10}{3} = 3,33 >$  нормативного, поэтому из хроноряда №4 номер замера 9 исключается значение 10 и в дальнейшем расчёте не участвует.

## Нормативные коэффициенты устойчивости хронометражных рядов

| Тип производства          | Продолжительность элемента операции, с | Нормативный коэффициент устойчивости хроноряда |                       |               |
|---------------------------|--|--|-----------------------|---------------|
|                           |  | Работа машинная и автоматизированная           | Работа машинно-ручная | Работа ручная |
| Массовое                  | до 6                                   | 1,2  | 1,5                   | 2,0           |
|                           | 6–18                                   | 1,1  | 1,3                   | 1,7           |
|                           | более 18                               | 1,1  | 1,2                   | 1,5           |
| Крупносерийное            | до 6                                   | 1,2  | 1,8                   | 2,3           |
|                           | 6–18                                   | 1,1  | 1,5                   | 2,0           |
|                           | более 18                               | 1,1  | 1,3                   | 1,7           |
| Серийное                  | до 6                                   | 1,2  | 2,0                   | 2,5           |
|                           | 6 и более                              | 1,1  | 1,7                   | 2,3           |
| Мелкосерийное и единичное | любая                                  | 1,3  | 2,0                   | 3,0           |

Если фактический коэффициент устойчивости превышает нормативное значение, необходимо произвести очистку хроноряда методом исключения одного или обоих крайних значений – максимального или минимального. Затем определить новое значение фактического коэффициента устойчивости ряда и снова сравнить с нормативным и так до получения желаемого значения. Если для достижения желаемого значения коэффициента устойчивости приходится исключать более 15 процентов значений ряда, то считается, что хронометраж проведен неудовлетворительно, и его необходимо повторить.

По устойчивому хроноряду определяется количество учитываемых наблюдений и суммарная их продолжительность по элементам.

Нормативная продолжительность каждого элемента операции определяется как среднеарифметическая величина, т. е. как частное от деления суммарной продолжительности по каждому элементу, оставленному в устойчивом хроноряде, на их количество.

После определения среднеарифметических значений по каждому элементу операции определяется нормативная продолжительность операции. Она определяется как сумма среднеарифметических значений всех элементов операции.

Далее производится анализ и проектирование нормативной продолжительности оперативного времени ( $t_{оп}$ ). В процессе анализа сравнивается фактическая продолжительность каждого элемента операции с нормативной или с продолжительностью одинаковых элементов операции у разных рабочих. Это даёт возможность устанавливать наиболее производительные методы работы и

распространить их среди всех рабочих. Заключительным моментом хронометража является проектирование рационального режима работы и трудового процесса на хронометрируемой операции, которое сопровождается разработкой технически обоснованной нормы времени.

## **2.5. Контрольные вопросы и задания**

1. Поясните, что такое нормирование труда.
2. Поясните значение и задачи технического нормирования труда.
3. Кто занимается нормированием труда на предприятии?
4. Какие нормы времени имеют место на предприятиях радиоэлектронной промышленности, как они устанавливаются?
5. Поясните существующие методы установления технически обоснованных норм времени и их сущность.
6. Какова структура технически обоснованной нормы времени?
7. Для каких целей предназначается хронометраж?
8. Перечислите этапы проведения хронометража и их содержание.
9. Поясните, каким образом устанавливается оперативное время.

# Лабораторная работа №3

## Тема «Фотография рабочего времени»

### 3.1. Цель

Углубление знаний по всем видам затрат рабочего времени на основе одного из методов наблюдений «Фотография рабочего времени».

### 3.2. Порядок выполнения

Время выполнения работы – два часа.

Последовательность выполнения лабораторной работы:

1. Ознакомление с поставленной целью лабораторной работы (подразд. 3.1).

2. Изучение теоретического материала по рассматриваемой теме, знакомство со всеми видами фотографии рабочего времени и наиболее подробно с индивидуальной (подразд. 3.3).

3. Знакомство с методикой проведения фотографии рабочего времени и обработкой её результатов (подразд. 3.4).

4. Приобретение опыта проведения индивидуальной фотографии рабочего времени при наблюдении и изучении его с помощью учебного телевидения (используется учебный фильм «Фотография рабочего времени»).

5. Проведение анализа фактического баланса рабочего времени и проектирование улучшенного баланса на основе разработки различных организационно-технических мероприятий по устранению лишних потерь рабочего времени в течение смены.

6. Расчёт показателей возможного уплотнения рабочего дня и повышения производительности труда за счёт различных потерь рабочего времени.

7. Защита лабораторной работы: обоснование улучшенного баланса времени рабочего дня. Ответ на поставленные теоретические вопросы. Выполнение контрольных заданий.

### 3.3. Краткие теоретические сведения

Фотография рабочего времени (ФРВ) – это вид наблюдения, при котором измеряют все без исключения затраты времени исполнителя за определённый период работы. В результате получают точный срез: чем именно и в течение какого времени занимался конкретный работник.

ФРВ применяется для наблюдения замеров и фиксации всех без исключения затрат рабочего времени у одного или нескольких рабочих на протяжении какого-либо производственного процесса или отрезка времени. Обычно такое изучение производится на протяжении рабочей смены.

Этот способ изучения затрат рабочего времени позволяет выявлять как потери рабочего времени, не зависящие от рабочего ( $t_{по}$ ), зависящие от рабочего ( $t_{пр}$ ), так и непроизвольные затраты рабочего времени ( $t_{п.н.}$ ), а также затраты подготовительно-заключительного времени ( $t_{п.з.}$ ), времени обслуживания рабочего места ( $t_{ом}$ ) и времени, необходимого на отдых и естественные надобности рабочего ( $t_{отд}$ ). В этом состоит основное отличие данного метода изучения затрат рабочего времени от хронометража, задачей которого, как известно, является изучение только элементов оперативного времени ( $t_{оп}$ ).

Фотография рабочего времени проводится с целью:

- разработки нормативов подготовительно-заключительного времени, времени обслуживания рабочих мест и времени на отдых и личные надобности рабочего;
- выявления потерь рабочего времени, не зависящих и зависящих от рабочего;
- составления сводки одноименных затрат рабочего времени и фактического баланса рабочего времени путём выявления всех без исключения его затрат за этот период;
- проектирования нового баланса рабочего времени, предусматривающего улучшение использования его за счёт ликвидации потерь;
- определения численности рабочих, необходимых для обслуживания отдельных агрегатов и машин, либо числа единиц оборудования, обслуживаемого одним рабочим (т. е. установления норм обслуживания);
- анализа использования рабочего времени и выявления причин потерь и непроизводительных затрат времени с последующей разработкой различных организационно-технических мероприятий по их устранению;
- получения данных о фактической производительности труда и равномерности темпа работы;
- расчёта коэффициентов возможного уплотнения рабочего времени и возможного повышения производительности труда.

Для составления сводки одноименных затрат рабочего времени в соответствии с приведенной ранее классификацией (см. рис. 2.1) проводится индексация каждой категории затрат рабочего времени. Пример такой индексации приведен в табл. 3.1.

В зависимости от количества одновременно наблюдаемых объектов (исполнителей работы) ФРВ имеет несколько видов, в частности: индивидуальная, групповая, бригадная и самофотография.

Одной из разновидностей групповой фотографии рабочего времени является и метод моментных наблюдений.

В зависимости от характера наблюдений различают непрерывные (прерывные) виды наблюдений, при которых регистрация действий объектов наблюдения ведётся через сравнительно небольшие периоды времени.

По способу фиксации рабочего времени различают цифровые и графические ФРВ, а также ФРВ с использованием фотосъёмки.



## Классификация и индексация затрат рабочего времени

| Наименование категории затрат рабочего времени согласно классификации   | Индекс                 | Наименование элементов категории затрат рабочего времени  |
|---|------------------------|---|
| 1   | 2                      | 3   |
| 1. Подготовительно-заключительное время ( $t_{п.з}$ )   | ПЗ                     | Наладка оборудования (рабочего места) перед началом работы. Ознакомление с работой и технической документацией. Получение наряда, инструмента, приспособлений, заготовок. Осмотр материала, заготовок. Установка и снятие специального инструмента, приспособлений. Установление режима работы оборудования, включение станка. Оформление и сдача выполненной работы  |
| 2. Оперативное время ( $t_{оп}$ ):<br>– основное время ( $t_o$ )<br><br>– вспомогательное время ( $t_v$ )   | ОП<br><br>о<br><br>в   | Оперативное время:<br><br>– основное время – время, затрачиваемое непосредственно на изменение предмета труда (ковка, штамповка, точение, сверление, строгание, сборка и т. д.);<br><br>– вспомогательное время – время на выполнение работ вспомогательного характера (установка и съём заготовки, крепление и раскрепление заготовки, подвод и отвод инструмента, пуск и останов механизмов, измерение параметров детали и другие виды работ) |
| 3. Время обслуживания рабочего места ( $t_{ом}$ )<br>– время технического обслуживания ( $t_{т.о}$ )<br><br>– время организационного обслуживания ( $t_{о.о}$ ) | ОМ<br><br>ТО<br><br>ОО | Время обслуживания рабочего места:<br><br>– время технического обслуживания – время, затрачиваемое на смену инструмента, заточку инструмента, регулировку и подналадку станка, уборку стружки и др.<br><br>– время организационного обслуживания – время, затрачиваемое на раскладку и уборку инструмента, документации и т. д.; осмотр и опробование станка, чистку, смазку, обтирку механизмов оборудования; передачу станка сменщику         |

| 1   | 2                          | 3   |
|---|----------------------------|---|
| 4. Время перерывов на отдых и естественные надобности ( $t_{отд}$ )   | ОТД                        | Время на естественные надобности. Производственная гимнастика. Регламентированные перерывы на отдых   |
| 5. Время непроизводительной работы ( $t_{п.н}$ )  | ПН                         | Время непроизводительной работы – время, затрачиваемое на выполнение различных видов работ, не предусмотренных заданием: хождение за инструментом, материалами, заготовками, мастером, контролёром, подсобным рабочим и т. д.; ремонт оборудования самим рабочим и другие потери рабочего времени   |
| 6. Время перерывов, не зависящих от рабочего ( $t_{по}$ ):<br>– технологические перерывы ( $t_{пот}$ )<br><br>– организационно-технические перерывы ( $t_{по.от}$ ) | ПО<br><br>ПОТ<br><br>ПО.ОТ | Время перерывов, не зависящих от рабочего:<br><br>– технологические перерывы – перерывы в работе, предусмотренные технологическим процессом;<br>– организационно-технические перерывы;<br>– ожидание наладчика (электрика), наряда на выполняемую работу, чертежа, инструмента, транспорта, подсобного рабочего и т. д.; задержки в снабжении заготовками, инструментом и приспособлениями, электроэнергией и т. д. |
| 7. Время перерывов, зависящих от рабочего ( $t_{пр}$ )  | ПР                         | Допущенные перерывы рабочим: опоздание к началу работы; преждевременное окончание работы; отлучка рабочего с рабочего места; посторонние разговоры в рабочее время; занятие посторонним делом; время рабочих перерывов  |

Точность измерения затрат рабочего времени зависит от вида ФРВ. Наиболее высокую точность обеспечивает индивидуальная ФРВ, она составляет от 0,5 до 1 мин. При групповой ФРВ точность значительно снижается и зависит от выбранного интервала времени.

Индивидуальная фотография рабочего времени, суть которой заключается в изучении затрат рабочего времени у одного рабочего (объекта наблюдения) и даёт наиболее точные и подробные сведения об использовании рабочим своего рабочего времени, но требует наибольших затрат времени от наблюдателя – лица, проводившего эту фотографию.

### 3.4. Методика проведения фотографии рабочего времени и обработка её результатов

Проведение индивидуальной ФРВ осуществляется в четыре этапа: подготовка к наблюдению, проведение наблюдений, обработка результатов наблюдений, анализ и проектирование нового (улучшенного) баланса времени рабочего дня.

На первом этапе наблюдатель должен выбрать рабочего – объект наблюдения и разъяснить ему цель проведения ФРВ; ознакомиться с рабочим местом и условиями, в которых будет проводиться наблюдение; определить необходимое количество наблюдений; подготовить секундомер и наблюдательный лист ФРВ; обеспечить нормальные условия для труда рабочего.

Количество наблюдений, необходимое для установления обоснованных нормативов времени по категориям затрат, устанавливается в зависимости от сложности производственного процесса, как правило, проводится одна-три ФРВ.

Наблюдательный лист ФРВ заполняется с двух сторон. На лицевой стороне листа фиксируются сведения о рабочем (фамилия, имя, отчество, разряд, специальность, стаж работы, табельный номер), характеристика оборудования (наименование модели, инвентарный номер, состояние и др.), сведения об инструменте, об организации и обслуживании рабочего места (оборудования) и др. Пример заполнения лицевой стороны наблюдательного листа индивидуальной ФРВ токаря приведен в табл. 3.2.

На втором этапе наблюдатель является на рабочее место не позже чем за 10–15 мин до начала работы и с сигналом к началу работы записывает в наблюдательный лист ФРВ (табл. 3.3, колонки 1, 2):

- а) порядковый номер последовательно производимой записи;
- б) действие, совершаемое рабочим, характер перерыва или работы;
- в) текущее время – моменты начала и конца затраченного времени по всем без исключения видам работ и перерывам в работе в соответствии с наименованием категорий затрат рабочего времени.

При проведении ФРВ на станочную обработку деталей основное ( $t_o$ ) и вспомогательное ( $t_b$ ) время может фиксироваться отдельно, в зависимости от поставленной цели.

Каждая запись, указывающая, как и для какой надобности использует рабочий данный отрезок времени, поясняет, в каком состоянии в течение этого отрезка времени находится станок или механизм. Если, например, выполняется машинная работа, во время которой рабочий наблюдает за ходом процесса, то наблюдатель фиксирует: «Оперативная работа». Если же в процессе работы станка рабочий выполняет какую-либо работу, например, очищает станок от стружки, замеряет параметры детали и т. д., то наблюдатель записывает параллельное действие рабочего, а при обработке результатов наблюдения выделяет перекрываемое время по данному элементу.

## Наблюдательный лист ФРВ (лицевая сторона)

|                   |                   |   |                   |                       |
|-------------------|-------------------|---|-------------------|-----------------------|
| Завод             | Радиодеталей      | Наблюдательный лист<br>фотографии рабочего<br>времени |                   | Лист №1<br>к ФРВ<br>№ |
| Цех               | Механический      |   |                   |                       |
| Отделение №4      |                   |   |                   |                       |
| Дата наблюдений   | Начало наблюдений | Конец наблюдений                                      | Продолжительность | Фамилия наблюдателя   |
| 5 марта 2013 года | 8 ч 00 мин        | 16 ч 00 мин   | 8 ч 00 мин        | Иванов                |

## Характеристика рабочего

|              |                 |               |        |                       |
|--------------|-----------------|---------------|--------|-----------------------|
| Ф. И. О.     | Табельный номер | Специальность | Разряд | Стаж и характеристика |
| Петров И. И. | 648             | Токарь        | IV     | 5 лет                 |

## Характеристика оборудования

|  |   |           |                |                           |
|--|---|-----------|----------------|---------------------------|
| Тип станка   | Инвентарный номер   | Состояние | Приспособление | Инструмент                |
| Токарно-винторезный                                | 1252  | Хорошее   | Универсальное  | Нормальный (набор резцов) |
| Общая характеристика рабочего места                | Рабочее место обеспечено необходимым инвентарём   |           |                |                           |
| Порядок обслуживания рабочего места:<br>а) работой | Работой снабжается с перебоями, из-за чего возникают простои у рабочего (заготовки своевременно не доставляются на рабочее место) |           |                |                           |
| б) инструментом                                    | Необходимого инструмента не хватает.<br>Рабочий сам затачивает инструмент   |           |                |                           |

Таблица 3.3

## Наблюдательный лист ФРВ (оборотная сторона)

| Что наблюдалось                            | Текущее время, ч, мин | Продолжительность, мин | Перекрываемое время, мин | Индекс |
|--|-----------------------|------------------------|--------------------------|--------|
| 1  | 2                     | 3                      | 4                        | 5      |
| Начало наблюдения                          | 8.00                  | —                      | —                        | —      |
| 1. Опоздал на работу                       | 8.06                  | 6                      | —                        | ПР     |
| 2. Пошёл за инструментом                   | 8.12                  | 6                      | —                        | ПН     |
| 3. Получает инструмент                     | 8.16                  | 4                      | —                        | ПЗ     |
| 4. Знакомится с чертежами                  | 8.20                  | 4                      | —                        | ПЗ     |
| 5. Пошёл за мастером                       | 8.27                  | 7                      | —                        | ПН     |
| 6. Получает инструктаж                     | 8.35                  | 8                      | —                        | ПЗ     |
| 7. Раскладывает инструмент                 | 8.39                  | 4                      | —                        | ОО     |
| 8. Включает и налаживает станок            | 8.49                  | 10                     | —                        | ПЗ     |
| 9. Ожидает заготовки                       | 9.00                  | 11                     | —                        | ПО     |
| 10. Получает заготовки                     | 9.04                  | 4                      | —                        | ПЗ     |
| 11. Обрабатывает детали                    | 10.54                 | 110                    | —                        | ОП     |
| 12. Замеряет параметры детали              | 9.24                  | —                      | 20                       | в      |
| 13. Подналаживает станок                   | 11.00                 | 6                      | —                        | ТО     |
| 14. Перерыв на производственную гимнастику | 11.10                 | 10                     | —                        | ОТД    |
| 15. Обрабатывает детали                    | 11.55                 | 45                     | —                        | ОП     |
| 16. Ушёл на обед (преждевременно)          | 12.00                 | 5                      | —                        | ПР     |
| 17. Обеденный перерыв                      | 13.00                 | —                      | —                        | —      |
| 18. Затачивает инструмент                  | 13.10                 | 10                     | —                        | ТО     |
| 19. Меняет инструмент                      | 13.15                 | 5                      | —                        | ТО     |
| 20. Обрабатывает детали                    | 14.30                 | 75                     | —                        | ОП     |
| 21. Разговаривает с соседом                | 14.38                 | 8                      | —                        | ПР     |
| 22. Ушёл по естественным надобностям       | 14.43                 | 5                      | —                        | ОТД    |
| 23. Получает заготовки                     | 14.50                 | 7                      | —                        | ПЗ     |
| 24. Обрабатывает детали                    | 16.00                 | 70                     | —                        | ОП     |
| 25. Убирает документацию                   | 16.00                 | —                      | 5                        | ОО     |
| 26. Подналаживает станок                   | 16.06                 | 6                      | —                        | ТО     |
| 27. Обрабатывает детали                    | 16.40                 | 34                     | —                        | ОП     |
| 28. Сдаёт работу контролёру                | 16.50                 | 10                     | —                        | ПЗ     |
| 29. Убирает рабочее место                  | 16.55                 | 5                      | —                        | ОО     |
| 30. Передаёт станок сменщику               | 17.00                 | 5                      | —                        | ОО     |
| <b>Итого</b>                               | —                     | <b>480</b>             | <b>25</b>                | —      |

Наблюдения прерываются во время обеденного перерыва, после чего возобновляются и заканчиваются с окончанием рабочей смены.

На третьем этапе наблюдатель производит обработку данных наблюдения. Обработка данных производится в следующей последовательности:

1. Определяется фактическая продолжительность каждого зафиксированного элемента рабочего времени (работы и перерывов). Для этого из текущего времени данного элемента вычитается текущее время по предыдущему элементу, а результат записывается в колонку 3 табл. 3.3. Например, для второй записи из текущего времени 8.12 вычитается значение записи 8.06, а результат, равный 6 мин, записывается в колонку 3 напротив второй записи. Время обеденного перерыва в рабочее время смены не включается. Сумма продолжительностей всех категорий затрат рабочего времени (колонка 3) должна соответствовать времени наблюдения, т. е. 480 мин.

2. Определяется перекрываемое время. Например, запись 24 «обработка деталей» закончилась в 16.00, а запись 25 «уборка документации» началась в 15.55 и закончилась также в 16.00, следовательно, перекрываемое время составляет 5 мин, и результат записывается в колонку 4 табл. 3.3.

3. Производится присвоение индексов каждой затрате времени (см. колонку 5, табл. 3.3) согласно классификации и индексации затрат рабочего времени (см. табл. 3.1).

4. Составляется сводка одноименных затрат рабочего времени (табл. 3.4). Для этого все затраты времени, имеющие одинаковый индекс, складываются, а если проводилось несколько наблюдений, то вначале определяется среднеарифметическое значение каждой категории затрат рабочего времени, а затем определяется их общая сумма. Далее определяется процент затрат времени по данной категории работ по отношению ко времени наблюдения.

Таблица 3.4

Сводка одноименных затрат рабочего времени

| Номер строки по наблюдательному листу | Наименование затрат рабочего времени | Продолжительность, мин | Индекс |
|---------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|--------|
| 1                                     | 2                                    | 3                      | 4      |
| 3                                     | Получает инструмент                  | 4                      | ПЗ     |
| 4                                     | Знакомится с чертежами               | 4                      | ПЗ     |
| 6                                     | Получает инструктаж мастера          | 8                      | ПЗ     |
| 8                                     | Включает и налаживает станок         | 10                     | ПЗ     |
| 10, 23                                | Получает заготовки                   | 11                     | ПЗ     |
| 28                                    | Сдаёт работу контролёру              | 10                     | ПЗ     |

| 1  | 2                                     |     | 3     | 4   |
|--|---------------------------------------|-----|-------|-----|
| Итого<br>Подготовительно-заключительная работа       |                                       | мин | 47    |     |
|  |                                       | %   | 9,79  |     |
| 11, 15, 20,<br>24, 27                                | Обрабатывает детали                   |     | 334   | ОП  |
| Итого<br>Оперативная работа                          |                                       | мин | 334   |     |
|  |                                       | %   | 69,58 |     |
| 13, 26   | Подналаживает станок                  |     | 12    | ТО  |
| 18   | Затачивает инструмент                 |     | 10    | ТО  |
| 19   | Меняет инструмент                     |     | 5     | ТО  |
| Итого<br>Техническое обслуживание рабочего места     |                                       | мин | 27    |     |
|  |                                       | %   | 5,63  |     |
| 7  | Раскладывает инструмент               |     | 4     | ОО  |
| 29   | Убирает рабочее место                 |     | 5     | ОО  |
| 30   | Передаёт станок сменщику              |     | 5     | ОО  |
| Итого организационное<br>обслуживание рабочего места |                                       | мин | 14    |     |
|  |                                       | %   | 2,92  |     |
| 14   | Производственная гимнастика           |     | 10    | ОТД |
| 22   | Перерыв на естественные<br>надобности |     | 5     | ОТД |
| Итого<br>Время на отдых и естественные надобности    |                                       | мин | 15    |     |
|  |                                       | %   | 3,12  |     |
| 2  | Хождение за инструментом              |     | 6     | ПН  |
| 5  | Хождение за мастером                  |     | 7     | ПН  |
| Итого<br>Время непроизводительной работы             |                                       | мин | 13    |     |
|  |                                       | %   | 2,71  |     |
| 9  | Ожидание заготовок                    |     | 11    | ПО  |
| Итого<br>время перерывов, не зависящих от рабочего   |                                       | мин | 11    |     |
|  |                                       | %   | 2,29  |     |
| 1  | Опоздание на работу                   |     | 6     | ПР  |
| 16   | Преждевременный уход на обед          |     | 5     | ПР  |
| 21   | Разговор с соседом по работе          |     | 8     | ПР  |
| Итого<br>Время перерывов, зависящих от рабочего      |                                       | мин | 19    |     |
|  |                                       | %   | 3,96  |     |

5. На основании сводки одноименных затрат составляется фактический баланс времени рабочего дня, сопоставляется с нормативным балансом (если таковой имеется), определяются изменения затрат времени, табл. 3.5.

Фактический, нормативный и проектируемый баланс рабочего времени

| Категория затрат рабочего времени                     | Индекс | Фактический баланс рабочего времени |               | Нормативный баланс рабочего времени |               | Излишние затраты времени |        | Проектируемый баланс рабочего времени |               |
|---|--------|-------------------------------------|---------------|-------------------------------------|---------------|--------------------------|--------|---------------------------------------|---------------|
|   |        | мин                                 | %             | мин                                 | %             | мин                      | %      | мин                                   | %             |
| 1. Подготовительно-заключительное время               | ПЗ     | 47                                  | 9,79          | 27                                  | 5,63          | +20                      | +4,16  | 30                                    | 6,25          |
| 2. Время оперативной работы                           | ОП     | 334                                 | 69,58         | 418                                 | 87,10         | -84                      | -17,52 | 400                                   | 83,32         |
| 3. Время технического обслуживания рабочего места     | ТО     | 27                                  | 5,63          | 13                                  | 2,70          | +14                      | +2,93  | 15                                    | 3,12          |
| 4. Время организационного обслуживания рабочего места | ОО     | 14                                  | 2,92          | 7                                   | 1,45          | +7                       | +1,47  | 10                                    | 2,09          |
| 5. Время на отдых и естественные надобности           | ОТД    | 15                                  | 3,12          | 15                                  | 3,12          | -                        | -      | 15                                    | 3,12          |
| 6. Время непроизводительной работы                    | ПН     | 13                                  | 2,71          | -                                   | -             | +13                      | +2,71  | -                                     | -             |
| 7. Время перерывов, не зависящих от рабочего          | ПО     | 11                                  | 2,29          | -                                   | -             | +11                      | +2,29  | 10                                    | 2,10          |
| 8. Время перерывов, зависящих от рабочего             | ПР     | 19                                  | 3,96          | -                                   | -             | +19                      | +3,96  | -                                     | -             |
| <b>Итого</b>  |        | <b>480</b>                          | <b>100,00</b> | <b>480</b>                          | <b>100,00</b> | -                        | -      | <b>480</b>                            | <b>100,00</b> |



6. На основании фактического баланса рабочего времени определяется коэффициент использования рабочего времени

$$K_{\text{исп}} = \frac{t_{\text{п.з}} + t_{\text{оп}} + t_{\text{то}} + t_{\text{оо}} + t_{\text{отд}}}{t_c};$$

$$K_{\text{исп}} = \frac{47 + 334 + 27 + 14 + 15}{480} = \frac{437}{480} = 0,9104 \text{ или } 91,04 \%$$

7. На основании сопоставления фактического и нормативного балансов рабочего времени определяется коэффициент возможного уплотнения рабочего дня. Расчёт ведётся по формуле

$$K_{\text{уп}} = \frac{T_{\text{из}}}{t_c} \cdot 100 \%,$$

где  $T_{\text{из}}$  – сумма излишних (нерациональных) затрат рабочего времени (см. табл. 3.5).

Для рассматриваемого примера

$$K_{\text{уп}} = \frac{t_{\text{пр}} + t_{\text{по}} + t_{\text{пн}} + (t_{\text{оо.ф}} - t_{\text{оо.н}}) + (t_{\text{то.ф}} - t_{\text{то.н}}) + (t_{\text{отд.ф}} - t_{\text{отд.н}}) + (t_{\text{п.з.ф}} - t_{\text{п.з.н}})}{t_c} \times$$

$$\times 100 = \frac{19 + 11 + 13 + 7 + 14 + 20}{480} \cdot 100 = \frac{84}{480} \cdot 100 = 17,52 \%$$

8. Определяется максимально возможное повышение производительности труда

$$K_{\text{пр}} = \frac{K_{\text{уп}} \cdot 100}{100 - K_{\text{уп}}};$$

$$K_{\text{пр}} = \frac{17,52 \cdot 100}{100 - 17,52} = 21,24 \%$$

На четвёртом этапе наблюдатель анализирует фактические затраты рабочего времени и, исходя из условий организации труда рабочего, проектирует новый (улучшенный) баланс времени рабочего дня (он может быть несколько хуже нормативного, если таковой имеется, и лучше фактического), разрабатывает мероприятия по сокращению излишних затрат рабочего времени. Проектируемый баланс рабочего времени представлен в таблице 3.5. По проектируемому балансу наблюдатель определяет коэффициент использования рабочего времени; если имеется нормативный баланс, определяет излишние затраты рабочего времени; если же нормативного баланса нет, определяет сокращение непроизводительных затрат рабочего времени по сравнению с фактическим балансом и определяет коэффициент уплотнения рабочего дня и коэффициент повышения производительности труда.

Для рассматриваемого примера эти коэффициенты составляют:

$$K_{\text{исп}} = \frac{30 + 400 + 15 + 10 + 15}{480} \cdot 100 = 97,92 \%$$

$$K_{\text{уп}} = \frac{10 + (10 - 7) + (15 - 13) + (30 - 27)}{480} \cdot 100 = \frac{18}{480} \cdot 100 = 3,75 \% ;$$

$$K_{\text{пр}} = \frac{3,75 \cdot 100}{100 - 3,75} = 3,9 \% .$$

### 3.5. Контрольные вопросы и задания

1. Поясните, в чём состоит сущность метода ФРВ.
2. Поясните, в чём состоит отличие ФРВ от хронометража.
3. Поясните цель и задачи ФРВ.
4. Перечислите разновидности ФРВ.
5. Назовите этапы проведения ФРВ.
6. Поясните классификацию затрат рабочего времени.
7. Какие виды работ относятся к подготовительно-заключительному времени?
8. Что относится к оперативному времени?
9. Что включает в себя организационное и техническое обслуживание рабочего места?
10. В чём заключается анализ фактического баланса рабочего дня?
11. Какие организационно-технические мероприятия необходимо проводить для устранения потерь рабочего времени?
12. Как проектируется улучшенный баланс рабочего времени?
13. Как определяются коэффициенты использования рабочего времени, возможного уплотнения рабочего дня и роста производительности труда ( $K_{\text{исп}}$ ,  $K_{\text{уп}}$ ,  $K_{\text{пр}}$ )?

## Лабораторная работа №4

Тема «Выбор ресурсосберегающего технологического процесса»

### 4.1. Цель

Закрепление теоретических знаний по теме «Организация технологической подготовки производства»; изучение методики и приобретение навыков расчёта технологической себестоимости продукции и выбора наиболее оптимального варианта технологического процесса.

### 4.2. Порядок выполнения

Время выполнения работы – два часа.

Последовательность выполнения лабораторной работы:

1. Ознакомление с поставленной целью лабораторной работы (подразд. 4.1).
2. Изучение теоретического материала по рассматриваемой теме, знакомство с понятиями «технологическая себестоимость», «переменные расходы», «условно-постоянные расходы», «система уравнений относительно объёма производства», с правилами построения графиков и выбором оптимального варианта (подразд. 4.3).
3. Знакомство с приведенным примером расчёта и выбора оптимального варианта (подразд. 4.4).
4. Выполнение лабораторной работы в соответствии с полученным вариантом задания (подразд. 4.6).
5. Защита лабораторной работы: обоснование выбора ресурсосберегающего технологического процесса. Ответ на поставленные теоретические вопросы. Выполнение контрольных заданий.

### 4.3. Краткие теоретические сведения

Технологический процесс изготовления изделия (детали, узла) представляет собой строго определённую совокупность выполненных в заданной последовательности технологических операций. Эти операции меняют форму, размер и другие свойства детали, а также её состояние или взаимное расположение отдельных элементов. Одна и та же операция может производиться многими способами на различном оборудовании. Поэтому выбор ресурсосберегающего технологического процесса заключается в оптимизации каждой операции по минимуму потребления материальных, трудовых, энергетических ресурсов.

Важным показателем экономичности названных ресурсов является снижение себестоимости (экономия ресурсов), связанное с применением лучшего технологического процесса.

Для определения снижения себестоимости (экономии) необходим расчёт себестоимости для каждого из сравниваемых вариантов технологического процесса. Расчёт полной себестоимости продукции при применении каждого из вариантов сложен, требует большого количества исходных данных и времени. Для упрощения расчётов экономии предоставляется возможность без ущерба для точности определять и сопоставлять не полную, а так называемую технологическую себестоимость, которая включает только те элементы затрат на изготовление изделия, величина которых различна для сравниваемых вариантов. Элементы себестоимости, которые для этих процессов одинаковы или изменяются незначительно, в расчёт не включаются. Таким образом, *технологическая себестоимость* – условная себестоимость, состав её статей непостоянен и устанавливается в каждом отдельном случае.

Сопоставление вариантов технологической себестоимости даёт представление об экономичности каждого из них. Величина технологической себестоимости изготовления отдельных изделий (деталей, узлов) в значительной мере зависит от объёма производства. Следовательно, все затраты на изготовление изделий по степени их зависимости от объёма производства целесообразно подразделять на переменные ( $P_p$ ), годовая величина которых изменяется прямо пропорционально годовому объёму выпуска продукции ( $N$ ), и условно-постоянные ( $P_v$ ), годовая величина которых не зависит от изменения объёма производства.

К *переменным затратам* относятся:

– затраты на основные материалы за вычетом реализуемых отходов ( $P_m$ ), у. е.;

– затраты на топливо, предназначенное для технологических целей ( $P_{тг}$ ), у. е.;

– затраты на различные виды энергии, предназначенной для технологических целей ( $P_{тэ}$ ), у. е.;

– затраты на основную и дополнительную заработную плату основных производственных рабочих с отчислениями в фонд социальной защиты населения ( $P_z$ ), у. е.;

– затраты, связанные с эксплуатацией универсального технологического оборудования ( $P_{об}$ ), у. е.;

– затраты, связанные с эксплуатацией инструмента и универсальной оснастки ( $P_{и}$ ), у. е.

К *условно-постоянным затратам* относятся:

– затраты, связанные с эксплуатацией оборудования, оснастки и инструмента, специально сконструированных для осуществления технологического процесса по данному варианту ( $P_{с.об}$ ), у. е.;

– затраты на оплату подготовительно-заключительного времени ( $P_{п.з}$ ), у. е.

Общая формула технологической себестоимости ( $i - j$ )-й операции имеет вид

$$C_T = P_p \cdot N + P_v. \quad (4.1)$$

Подставив соответствующие значения переменных и условно-постоянных расходов в формулу, получим

$$C_T = (P_M + P_{ТТ} + P_{Т.З} + P_З + P_{об} + P_{и}) \cdot N + (P_{с.об} + P_{п.з}). \quad (4.2)$$

После определения технологической себестоимости по вариантам (если не более двух вариантов) для каждого из них устанавливаем годовой объём производства ( $N$ ), при котором сравниваемые варианты экономически равноценны.

Для этого решаем систему уравнений относительно объёма производства:

$$\begin{cases} C_{Т1} = P_{p1}N + P_{v1} \\ C_{Т2} = P_{p2}N + P_{v2} \end{cases} \quad (4.3)$$

При  $C_{Т1} = C_{Т2}$  получим

$$N_{кр} = \frac{P_{v2} - P_{v1}}{P_{p1} - P_{p2}}. \quad (4.4)$$

Эту величину годового объёма производства продукции принято называть *критической*. Если такое сопоставление вариантов технологического процесса выполнить графически, то станет очевидно, что критический объём производства продукции является абсциссой точки пересечения двух прямых с начальными ординатами  $P_{v1}$  и  $P_{v2}$ , выраженных для каждого варианта уравнением его технологической себестоимости.

Определение абсциссы этой «критической точки» служит, таким образом, завершающим этапом технико-экономических расчётов, устанавливающих области наиболее целесообразного применения каждого из сопоставимых вариантов, ограничиваемые определёнными размерами программ ( $N$ ).

В случае, если необходимо сделать выбор технологического процесса не из двух вариантов, а из трёх, четырёх и т. д., строится ориентированный граф, дуги которого представляют технологические операции. Любой вершине графа соответствует множество входящих и выходящих из неё дуг. Для оценки использования ресурсов при возможных вариантах изготовления детали (изделия) вводится целевая функция  $C_o$ , т. е. сумма технологических себестоимостей по каждой из запроектированных операций с тем, чтобы их сумма была минимальной.

$$C_T = \sum_{i=1}^m C_{ij} \rightarrow \min. \quad (4.5)$$

Таким образом, выбор *оптимального варианта* технологического процесса можно свести к выбору маршрута в заданном ориентированном графе, имеющем минимальную суммарную технологическую себестоимость.

Пусть имеется технологический процесс по изготовлению интегральных схем (табл. 4.1). Необходимо построить граф и выбрать оптимальный вариант технологического процесса.

Таблица 4.1

Технологические процессы сборки интегральных схем

| Номер опер. | Основные технологические операции и способы их выполнения         | Затраты                         |   |
|-------------|---|---------------------------------|---|
|             |   | переменные ( $P_p$ ), у. е./шт. | условно-постоянные ( $P_v$ ), у. е./шт. |
| 1           | Ориентированное разделение полупроводниковых пластин на кристаллы |                                 |   |
|             | Скрайбирование  | 0,33                            | 10                                      |
|             | Резка дисками   | 0,37                            | 15                                      |
|             | Лазерное разделение   | 0,27                            | 50                                      |
| 2           | Монтаж кристаллов   |                                 |   |
|             | Насадка на автектику  | 0,08                            | 5                                       |
|             | Присоединение к ситалловой подложке                               | 0,05                            | 5                                       |
| 3           | Разварка межсоединений  |                                 |   |
|             | Термокомпрессия   | 0,48                            | 30                                      |
|             | Ультразвуковая сварка   | 0,58                            | 40                                      |
|             | Сварка сдвоенным электродом                                       | 0,68                            | 20                                      |
|             | Групповая полуавтоматическая разварка                             | 0,02                            | 30                                      |
| 4           | Герметизация интегральной схемы                                   |                                 |   |
|             | Пластмассовый корпус  | 0,04                            | 5                                       |
|             | Керамический корпус   | 0,07                            | 10                                      |
|             | Металло-стеклянный корпус   | 0,09                            | 5                                       |
| 5           | Контроль параметров интегральной схемы                            |                                 |   |
|             | Ручной вариант  | 0,73                            | 5                                       |
|             | На специальном измерительном комплексе                            | 0,03                            | 20                                      |
| 6           | Маркировка и передача на участок упаковки                         | 0,08                            | 10                                      |

Первая операция может быть выполнена тремя способами технологии. Следовательно, из начальной вершины графа  $q_1$  выходит три дуги  $x_{1-2}$ ,  $x_{1-3}$ ,  $x_{1-4}$ , заканчивающиеся вершинами  $q_2$ ,  $q_3$ , и  $q_4$ . Вторая операция может быть выполнена двумя способами, следовательно, из вершин  $q_2$ ,  $q_3$  и  $q_4$  выходят по две дуги  $x_{2-5}$ ,  $x_{2-6}$ ,  $x_{3-6}$ ,  $x_{4-5}$ ,  $x_{4-6}$ . Третья операция может быть выполнена четырьмя способами технологии. Следовательно, из вершин  $q_5$ ,  $q_6$  выходят по четыре дуги:  $x_{5-7}$ ,  $x_{5-8}$ ,  $x_{5-9}$ ,  $x_{5-10}$ ,  $x_{6-7}$ ,  $x_{6-8}$ ,  $x_{6-9}$ ,  $x_{6-10}$ . Четвёртую операцию можно выполнить тремя способами. Следовательно, из вершин  $q_7$ ,  $q_8$ ,  $q_9$  и  $q_{10}$  выходят по три дуги, кото-

рые заканчиваются вершинами  $q_{11}, q_{12}, q_{13}$ . Пятая операция может быть выполнена двумя способами, поэтому каждая из шестой операции граф заканчивается вершиной  $q_{16}$ .

При нумерации вершин графа необходимо соблюдать правило, по которому номер каждой следующей вершины должен быть больше предыдущей. Исходной вершине графа присваиваем номер 1, который проставляем в верхней части кружка.

#### 4.4. Пример расчёта и выбора ресурсосберегающего технологического процесса

В качестве примера осуществим выбор ресурсосберегающего технологического процесса, состоящего из пяти операций (табл. 4.2), каждую из которых можно выполнить двумя способами. Для этого рассчитаем объём производства по каждой операции, при котором сравниваемые варианты экономически равноценны, построим графики изменения технологической себестоимости с минимальными затратами используемых ресурсов.

Таблица 4.2

Технологический процесс изготовления пассивной части тонкоплёночных структур

| Номер опер. | Технологическая операция и варианты её выполнения | $P_p$ ,<br>у. е./шт. | $P_v$ ,<br>у. е./год |
|-------------|---|----------------------|----------------------|
| 1           | Изготовление паст                                 |                      |                      |
|             | Вариант А   | 0,15                 | 120                  |
|             | Вариант Б   | 0,12                 | 150                  |
| 2           | Трафаретная печать                                |                      |                      |
|             | Бесконтактный метод                               | 0,20                 | 170                  |
|             | Контактный метод                                  | 0,15                 | 200                  |
| 3           | Термообработка паст                               |                      |                      |
|             | В печах под инфракрасными лучами                  | 0,12                 | 250                  |
|             | В муфельных печах непрерывного действия           | 0,07                 | 300                  |
| 4           | Подгонка толстоплёночных элементов                |                      |                      |
|             | Лазерный метод                                    | 0,35                 | 310                  |
|             | Подгонка анодированием                            | 0,25                 | 350                  |
| 5           | Защита толстоплёночных элементов                  | 0,19                 | 120                  |

Заданная программа  $N = 800$  шт.

Расчёт критического объёма выпуска продукции по первой операции «Изготовление паст»:

$$N_{\text{кр1}} = \frac{P_{v2} - P_{v1}}{P_{p1} - P_{p2}} = \frac{150 - 120}{0,15 - 0,12} = 1000 \text{ шт.}$$

Расчёт технологической себестоимости продукции по данной операции при полученном объёме  $N_{кр} = 1000$  шт.

$$C_{Т1} = 0,15 \cdot 1000 + 120 = 270 \text{ у. е.};$$

$$C_{Т2} = 0,12 \cdot 1000 + 150 = 270 \text{ у. е.}$$

*Построение графика изменения технологической себестоимости продукции и определение зон с наименьшими затратами.* График строим на основе полученных расчётных данных. Задавшись значением  $N < N_{кр}$  и  $N > N_{кр}$ , строим график в осях координат, одной из которых является (ордината) значение технологической себестоимости  $C_T$ , а другой (абсцисса) – значение годового объёма производства  $N$  (рис. 4.1). При годовом объёме производства  $N = 800$  шт. выбираем зону 1 и, как следствие, – первый вариант технологического процесса, так как  $C_{Т1} < C_{Т2}$ .

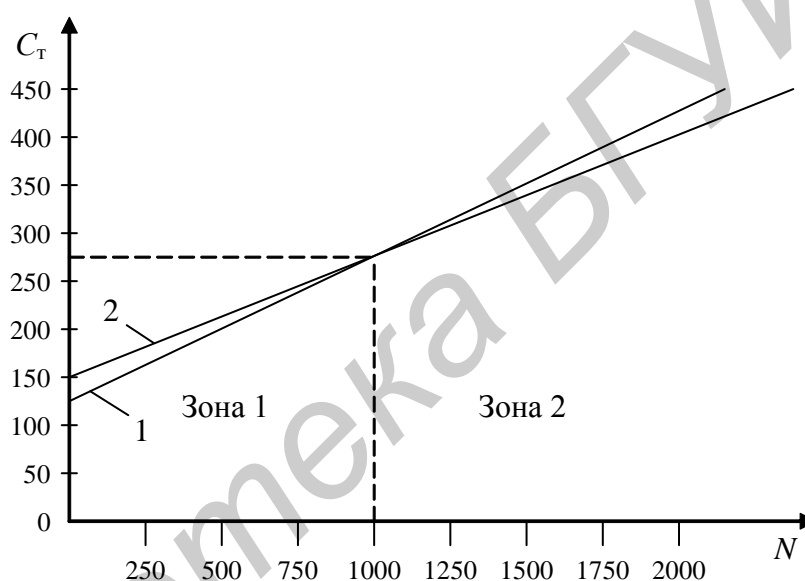


Рис. 4.1. График изменения технологической себестоимости по первой операции технологического процесса:  
1 – I вариант; 2 – II вариант

Аналогично расчёт критического объёма выпуска продукции ведётся по всем остальным операциям, строятся графики для определения зон с наименьшими затратами, выбираются варианты технологических процессов.

Для пятой операции предлагается один вариант технологического процесса «Защита толстоплёночных элементов», поэтому при калькулировании себестоимости продукции используются переменные затраты, равные 0,19 у. е., и условно-постоянные – 120 у. е.

Далее, исходя из заданной программы  $N = 800$  шт. и выбранных вариантов (для первой операции – I вариант, для второй операции – II вариант, для третьей операции – I вариант, для четвёртой операции – II вариант, для пятой операции – предложенный вариант технологического процесса), определяется технологическая себестоимость продукции заданной программы:



$$C_T = (0,15 + 0,15 + 0,12 + 0,25 + 0,19) \cdot 800 + (120 + 200 + 250 + 350 + 120) = 1728 \text{ у. е.}$$

Себестоимость единицы продукции составляет

$$C_{T.ед} = \frac{1728}{800} = 2,16 \text{ у. е.}$$

Для случая, если технологический процесс необходимо выбрать из трёх вариантов и более (см. табл. 4.1), строится граф выбора оптимального варианта (рис. 4.2).

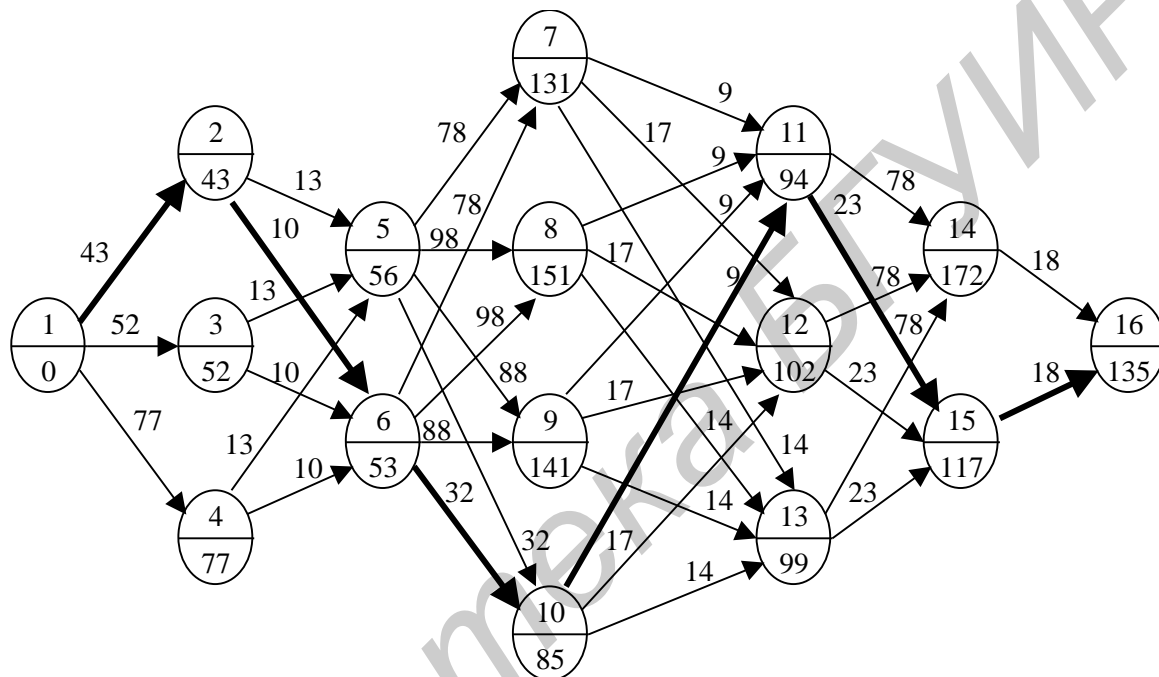


Рис. 4.2. Граф выбора оптимального варианта изготовления ИС

Для каждой дуги (операции) определяем технологическую себестоимость  $C_{T(i-j)}$  по формуле (4.1). Пусть  $N = 100$  шт. Тогда:

$$C_{T(1-2)} = 0,33 \cdot 100 + 10 = 43 \text{ у. е.};$$

$$C_{T(1-3)} = 0,37 \cdot 100 + 15 = 52 \text{ у. е.};$$

$$C_{T(1-4)} = 0,27 \cdot 100 + 50 = 77 \text{ у. е.};$$

$$C_{T(2-5)} = C_{T(3-5)} = C_{T(4-5)} = 0,08 \cdot 100 + 5 = 13 \text{ у. е.};$$

$$C_{T(2-6)} = C_{T(3-6)} = C_{T(4-6)} = 0,05 \cdot 100 + 5 = 10 \text{ у. е.};$$

$$C_{T(5-7)} = C_{T(6-7)} = 0,48 \cdot 100 + 30 = 78 \text{ у. е.};$$

$$C_{T(5-8)} = C_{T(6-8)} = 0,58 \cdot 100 + 40 = 98 \text{ у. е.};$$

$$C_{T(5-9)} = C_{T(6-9)} = 0,68 \cdot 100 + 20 = 88 \text{ у. е.};$$

$$C_{T(5-10)} = C_{T(6-10)} = 0,02 \cdot 100 + 30 = 32 \text{ у. е.};$$

$$C_{T(7-11)} = C_{T(8-11)} = C_{T(9-11)} = C_{T(10-11)} = 0,04 \cdot 100 + 5 = 9 \text{ у. е.};$$

$$C_{T(7-12)} = C_{T(8-12)} = C_{T(9-12)} = C_{T(10-12)} = 0,07 \cdot 100 + 10 = 17 \text{ у. е.};$$

$$C_{T(7-13)} = C_{T(8-13)} = C_{T(9-13)} = C_{T(10-13)} = 0,09 \cdot 100 + 5 = 14 \text{ у. е.};$$

$$C_{T(11-14)} = C_{T(12-14)} = C_{T(13-14)} = 0,73 \cdot 100 + 5 = 78 \text{ у. е.};$$

$$C_{T(11-15)} = C_{T(12-15)} = C_{T(13-15)} = 0,03 \cdot 100 + 20 = 23 \text{ у. е.};$$

$$C_{T(14-16)} = 0,08 \cdot 100 + 10 = 18 \text{ у. е.};$$

$$C_{T(15-16)} = 0,08 \cdot 100 + 10 = 18 \text{ у. е.}$$

В результате использования описанного алгоритма имеем:

$$Z_{(1)} = 0;$$

$$Z_{(2)} = \min[Z_{(1)} + C_{T(1-2)}] = 0 + 43 = 43 \text{ у. е.};$$

$$Z_{(3)} = \min[Z_{(1)} + C_{T(1-3)}] = 0 + 52 = 52 \text{ у. е.};$$

$$Z_{(4)} = \min[Z_{(1)} + C_{T(1-4)}] = 0 + 77 = 77 \text{ у. е.};$$

$$Z_{(5)} = \min[Z_{(2)} + C_{T(2-5)}] = 43 + 13 = 56 \text{ у. е.};$$

$$Z_{(6)} = \min[Z_{(2)} + C_{T(2-6)}] = 43 + 10 = 53 \text{ у. е.}$$

и т. д. для всех вершин графа, а полученные значения записываем в нижнюю половину кружка графа.

Технологический процесс с минимальной себестоимостью проходит только через те события, для которых выполняется условие

$$C_T = \sum_{i=1}^m C_{T(i-j)} \rightarrow \min.$$

Для приведенного примера такой путь проходит через события 1–2–6–10–11–15–16.

#### 4.5. Контрольные вопросы и задания

1. Поясните понятие «технологическая себестоимость продукции».
2. Поясните понятия «переменные расходы», «условно-постоянные расходы».
3. Какие виды затрат включаются в переменные и условно-постоянные расходы?
4. При сравнении двух вариантов технологических процессов определяется критический объём производства. Что это за объём?
5. Поясните, как строится график изменения технологической себестоимости при сравнении двух вариантов и выбирается оптимальный вариант.
6. Поясните, как выбирается оптимальный вариант, если рассматривается более двух вариантов технологических процессов.

#### 4.6. Варианты заданий

Чтобы определить исходные данные для выполнения лабораторной работы, необходимо воспользоваться табл. 4.3–4.16.

##### Вариант 1

Таблица 4.3

Технологический процесс формирования Р-кармана в пластине при изготовлении КМДП-ИМ

| Номер опер. | Технологическая операция и варианты её выполнения | $P_p$ ,<br>у. е./шт. | $P_v$ ,<br>у. е./год |
|-------------|---|----------------------|----------------------|
| 1           | Локальное анизотропное травление                  |                      |                      |
|             | Жидкостное  | 0,05                 | 120                  |
|             | Сухое   | 0,06                 | 100                  |
| 2           | Эпитаксиальное заравливание канавок               |                      |                      |
|             | Гетероэпитаксия из жидкой фазы                    | 0,06                 | 150                  |
|             | Гомоэпитаксия                                     | 0,065                | 140                  |
| 3           | Поликристаллическое удаление                      |                      |                      |
|             | Механический метод                                | 0,03                 | 160                  |
|             | Химический метод                                  | 0,04                 | 140                  |
| 4           | Локальное анизотропное травление                  |                      |                      |
|             | Жидкостное  | 0,05                 | 120                  |
|             | Сухое   | 0,06                 | 100                  |
| 5           | Контроль электрических параметров                 | 0,03                 | 110                  |

Заданная программа  $N = 1500$  шт.

##### Вариант 2

Таблица 4.4

Технологический процесс изготовления тонкоплёночного конденсатора на основе окиси тантала

| Номер опер. | Технологическая операция и варианты её выполнения     | $P_p$ ,<br>у. е./шт. | $P_v$ ,<br>у. е./год |
|-------------|---|----------------------|----------------------|
| 1           | 2   | 3                    | 4                    |
| 1           | Напыление тантала на поверхность алюминия             |                      |                      |
|             | Катодное распыление                                   | 0,06                 | 150                  |
|             | Электронно-лучевое испарение с окислением на подложке | 0,07                 | 130                  |
| 2           | Фотолитография под нижние обкладки конденсатора       |                      |                      |
|             | Проекционная  | 0,09                 | 180                  |
|             | Контактная  | 0,08                 | 200                  |

| 1 | 2   | 3    | 4   |
|---|---|------|-----|
| 3 | Нанесение танталовой плёнки                                   |      |     |
|   | Анодирование в электрической ванне                            | 0,04 | 200 |
|   | Химическое осаждение из раствора                              | 0,03 | 250 |
| 4 | Нанесение металла для верхней обкладки                        | 0,03 | 100 |
| 5 | Фотолитография под верхние электроды конденсатора             |      |     |
|   | Проекционная  | 0,09 | 180 |
|   | Контактная  | 0,08 | 200 |
| 6 | Удаление электродов, которые были необходимы для анодирования | 0,03 | 110 |

Заданная программа  $N = 3000$  шт.

### Вариант 3

Таблица 4.5

Технологический процесс изготовления пластинчатых магнитопроводов

| Номер опер. | Технологическая операция и варианты её выполнения | $P_p$ ,<br>у. е./шт. | $P_v$ ,<br>у. е./год |
|-------------|---|----------------------|----------------------|
| 1           | Штамповка-вырубка магнитопроводов                 |                      |                      |
|             | Совмещённым штампом                               | 0,012                | 100                  |
|             | Последовательным штампом                          | 0,008                | 120                  |
| 2           | Снятие заусенцев                                  |                      |                      |
|             | Шлифованием                                       | 0,060                | 110                  |
|             | Вальцеванием                                      | 0,070                | 100                  |
| 3           | Правка пластин магнитопровода                     |                      |                      |
|             | Пропусканием через валики                         | 0,050                | 150                  |
|             | Штампами  | 0,060                | 110                  |
| 4           | Отжиг пластин и нанесение изоляции                |                      |                      |
|             | Отжиг с ограниченным доступом воздуха             | 0,011                | 100                  |
|             | Отжиг в вакууме                                   | 0,016                | 70                   |
| 5           | Сборка магнитопровода                             | 0,010                | 50                   |

Заданная программа  $N = 2000$  шт.

### Вариант 4

Таблица 4.6

Технологический процесс изготовления керамических изоляторов

| Номер опер. | Технологическая операция и варианты её выполнения | $P_p$ ,<br>у. е./шт. | $P_v$ ,<br>у. е./год |
|-------------|---|----------------------|----------------------|
| 1           | Грубое дробление сырьевого материала              | 0,060                | 150                  |
|             | Щековым оборудованием                             | 0,080                | 100                  |
| 2           | Помол   | 0,011                | 120                  |
|             | В шаровых мельницах                               | 0,012                | 100                  |
| 3           | Гранулирование пресс-порошка                      | 0,014                | 200                  |
|             | Распылительной сушкой с центробежным распылением  | 0,016                | 150                  |
| 4           | Формовка заготовок керамических изоляторов        | 0,010                | 120                  |
|             | Пластинчатая формовка                             | 0,009                | 150                  |
| 5           | Штамповочная                                      | 0,070                | 50                   |

Заданная программа  $N = 20\ 000$  шт.

### Вариант 5

Таблица 4.7

Технологический процесс механической обработки изоляционных материалов

| Номер опер. | Технологическая операция и варианты её выполнения | $P_p$ ,<br>у. е./шт. | $P_v$ ,<br>у. е./год |
|-------------|---|----------------------|----------------------|
| 1           | 2   | 3                    | 4                    |
| 1           | Штамповка   | 0,06                 | 150                  |
|             | С помощью вырубных штампов                        | 0,07                 | 110                  |
| 2           | Разрезание  | 0,06                 | 120                  |
|             | С помощью дисковой пилы                           | 0,05                 | 140                  |
| 3           | С помощью ленточной пилы                          | 0,10                 | 80                   |
|             | Обработка поверхностей                            | 0,09                 | 100                  |
|             | На токарном станке                                |                      |                      |
|             | На фрезерном станке                               |                      |                      |

| 1 | 2   | 3    | 4   |
|---|---|------|-----|
| 4 | Пропитка  |      |     |
|   | В холодном льняном масле                                  | 0,04 | 60  |
|   | В горячем льняном масле с применением вакуумного давления | 0,06 | 40  |
| 5 | Сушка   |      |     |
|   | В обычных электропечах                                    | 0,02 | 150 |
|   | В электропечах с принудительной циркуляцией воздуха       | 0,03 | 110 |

Заданная программа  $N = 2500$  шт.

### Вариант 6

Таблица 4.8

Технологический процесс подготовки плат к пайке

| Номер опер. | Технологическая операция и варианты её выполнения   | $P_p$ ,<br>у. е./шт. | $P_v$ ,<br>у. е./год |
|-------------|---|----------------------|----------------------|
| 1           | Предварительная очистка поверхностей                |                      |                      |
|             | Химическая  | 0,070                | 120                  |
|             | Механическая  | 0,050                | 160                  |
| 2           | Нанесение защитного покрытия                        |                      |                      |
|             | Ручным способом                                     | 0,050                | 50                   |
|             | Полуавтоматическим способом                         | 0,025                | 100                  |
| 3           | Защита участков печатных плат, не подлежащих пайке  |                      |                      |
|             | Масками из алюминия                                 | 0,120                | 60                   |
|             | Масками из никелевой бумаги                         | 0,020                | 160                  |
| 4           | Лужение контактных площадок                         |                      |                      |
|             | С нанесением дозированного количества припоя        | 0,130                | 50                   |
|             | Методом погружения с последующим удалением избытков | 0,090                | 70                   |
| 5           | Подготовка к пайке выводов деталей                  | 0,040                | 30                   |

Заданная программа  $N = 1500$  шт.

### Вариант 7

Таблица 4.9

Технологический процесс контроля производства структур тонкоплёночных микросхем

| Номер опер. | Технологическая операция и варианты её выполнения        | $P_p$ ,<br>у. е./шт. | $P_v$ ,<br>у. е./год |
|-------------|--|----------------------|----------------------|
| 1           | Контроль вакуума в камере                                |                      |                      |
|             | Термопарным вакуумметром                                 | 0,020                | 100                  |
|             | Ионизированным вакуумметром                              | 0,030                | 80                   |
| 2           | Контроль порционного давления и состава остаточных газов | 0,020                | 40                   |
| 3           | Контроль температуры подложек                            |                      |                      |
|             | Термопарами  | 0,060                | 80                   |
|             | Термисторами   | 0,080                | 60                   |
| 4           | Контроль толщины и скорости роста плёнок                 |                      |                      |
|             | Резистивным методом                                      | 0,020                | 80                   |
|             | Ионизационным методом                                    | 0,025                | 60                   |
| 5           | Контроль структур  |                      |                      |
|             | Измерением электрических параметров вручную              | 0,010                | 40                   |
|             | Автоматическим измерением                                | 0,006                | 60                   |

Заданная программа  $N = 2500$  шт.

### Вариант 8

Таблица 4.10

Технологический процесс фотолитографии

| Номер опер. | Технологическая операция и варианты её выполнения | $P_p$ ,<br>у. е./шт. | $P_v$ ,<br>у. е./год |
|-------------|---|----------------------|----------------------|
| 1           | Нанесение фоторезиста                             |                      |                      |
|             | Центрифугированием                                | 0,050                | 100                  |
|             | Распылением                                       | 0,040                | 120                  |
| 2           | Сушка фоторезиста                                 |                      |                      |
|             | В электропечи                                     | 0,070                | 50                   |
|             | В лучах инфракрасной лампы                        | 0,090                | 40                   |
| 3           | Совмещение фоторезиста с подложкой                |                      |                      |
|             | Базовое   | 0,050                | 80                   |
|             | Визуальное  | 0,040                | 100                  |
| 4           | Травление   |                      |                      |
|             | В парогазовых смесях                              | 0,065                | 60                   |
|             | Электронно-лучевое                                | 0,060                | 80                   |
| 5           | Снятие фоторезиста и контроль                     | 0,052                | 25                   |

Заданная программа  $N = 2500$  шт.

### Вариант 9

Таблица 4.11

Технологический процесс изготовления ленточных витых сердечников

| Номер опер. | Технологическая операция и варианты её выполнения          | $P_p$ ,<br>у. е./шт. | $P_v$ ,<br>у. е./год |
|-------------|--|----------------------|----------------------|
| 1           | Нарезка ленты заданной ширины<br>С помощью дисковой пилы   | 0,6                  | 120                  |
|             | С помощью ленточной пилы                                   | 0,5                  | 150                  |
| 2           | Обезжиривание ленты<br>С помощью ультразвука               | 1,1                  | 100                  |
|             | В органическом растворе                                    | 0,6                  | 150                  |
| 3           | Нанесение изоляционного слоя<br>Погружением                | 0,4                  | 80                   |
|             | Электрофорезным методом                                    | 0,8                  | 60                   |
| 4           | Навивка сердечника и пропитка лаками<br>На токарном станке | 1,2                  | 300                  |
|             | С помощью специальной навивочной установки                 | 1,0                  | 350                  |
| 5           | Резка сердечника<br>На специальной установке               | 1,0                  | 120                  |
|             | На горизонтально-фрезерном станке                          | 0,8                  | 140                  |

Заданная программа  $N = 200$  шт.

### Вариант 10

Таблица 4.12

Технологический процесс изготовления элементов волноводных трактов

| Номер опер. | Технологическая операция и варианты её выполнения                         | $P_p$ ,<br>у. е./шт. | $P_v$ ,<br>у. е./год |
|-------------|---|----------------------|----------------------|
| 1           | 2   | 3                    | 4                    |
| 1           | Нарезка заготовок<br>С помощью дисковой пилы                              | 0,2                  | 4                    |
|             | С помощью ленточной пилы  | 0,3                  | 2                    |
|             | На фрезерном станке   | 0,4                  | 4                    |
| 2           | Изгибание заготовок<br>С заполнением легкоплавким сплавом                 | 0,9                  | 15                   |
|             | С заполнением стальными пластинами  | 0,9                  | 8                    |
|             | Без заполнения внутреннего пространства                                   | 0,2                  | 11                   |
| 3           | Покрытие серебром внутренней поверхности<br>Методом химического осаждения | 4,0                  | 10                   |
|             | Электрохимическим методом   | 3,8                  | 4                    |



| 1 | 2                                 | 3   | 4 |
|---|-----------------------------------|-----|---|
| 4 | Полировка внутренних поверхностей |     |   |
|   | Пневматическим полированием       | 1,5 | 6 |
|   | Абразивным порошком               | 1,5 | 3 |
|   | Пастой ГОИ                        | 1,5 | 7 |

Заданная программа  $N = 10$  шт.

### Вариант 11

Таблица 4.13

Технологический процесс изготовления структур тонкоплёночных микросхем

| Номер опер. | Технологическая операция и варианты её выполнения | $P_p$ ,<br>у. е./шт. | $P_v$ ,<br>у. е./год |
|-------------|---|----------------------|----------------------|
| 1           | Изготовление свободных масок                      |                      |                      |
|             | Методом электролитического осаждения              | 0,10                 | 46                   |
|             | Методом химического травления                     | 0,15                 | 46                   |
|             | Методом лучевой обработки                         | 0,32                 | 46                   |
| 2           | Получение плёнок                                  |                      |                      |
|             | Термовакuumным напылением                         | 0,20                 | 35                   |
|             | Ионным распылением                                | 0,20                 | 30                   |
|             | Электролитическим оксидированием                  | 0,20                 | 23                   |
| 3           | Подгонка номиналов плёночных элементов            |                      |                      |
|             | Воздушно-абразивная                               | 0,10                 | 13                   |
|             | Лазерным методом                                  | 0,15                 | 26                   |
|             | Импульсная токовая                                | 0,20                 | 10                   |
|             | Анодированием                                     | 0,10                 | 14                   |
| 4           | Защита тонкоплёночных элементов                   | 0,20                 | 4                    |

Заданная программа  $N = 100\ 000$  шт.

### Вариант 12

Таблица 4.14

Технологический процесс получения  
исходного полупроводникового материала

| Номер опер. | Технологическая операция и варианты её выполнения  | $P_p$ ,<br>у. е./шт. | $P_v$ ,<br>у. е./год |
|-------------|--|----------------------|----------------------|
| 1           | Очистка материала  |                      |                      |
|             | Химическая   | 0,50                 | 4                    |
|             | Направленная кристаллизация  | 0,50                 | 15                   |
|             | Зонная плавка  | 0,50                 | 13                   |
|             | Плавка с градиентом температуры  | 0,50                 | 16                   |
| 2           | Изготовление монокристаллов  |                      |                      |
|             | Вытягиванием из большого количества расплава   | 0,70                 | 3                    |
|             | Вытягиванием из постоянного объёма жидкой фазы   | 0,45                 | 4                    |
| 3           | Получение $p$ - $n$ -перехода путём использования зависимости эффективных коэффициентов распределения от условий вытягивания | 0,75                 | 6                    |
| 4           | Резка  |                      |                      |
|             | Дисковой пилой   | 0,10                 | 4                    |
|             | Полотнами  | 0,10                 | 6                    |
|             | Ультразвуком   | 0,10                 | 3                    |
| 5           | Шлифовка и контроль  | 0,50                 | 8                    |

Заданная программа  $N = 20$  шт.

### Вариант 13

Таблица 4.15

Технологический процесс промышленного контроля качества  
кремниевых эпитаксиальных структур

| Номер опер. | Технологическая операция и варианты её выполнения      | $P_p$ ,<br>у. е./шт. | $P_v$ ,<br>у. е./год |
|-------------|--|----------------------|----------------------|
| 1           | 2  | 3                    | 4                    |
| 1           | Методы контроля удельного поверхностного сопротивления |                      |                      |
|             | Четырёхзондовый  | 0,3                  | 4                    |
|             | Воль-фарадный  | 0,3                  | 6                    |
|             | Трёхзондовый   | 0,3                  | 7                    |
|             | ИК-интерференция                                       | 0,2                  | 6                    |

| 1 | 2  | 3                 | 4              |
|---|--|-------------------|----------------|
| 2 | Контроль толщины эпитаксиального слоя<br>Методом ИК-эллипсометрии<br>Методом измерения размеров дефектов упаковки                      | 0,5<br>0,7        | 8<br>12        |
| 3 | Методы контроля профиля распределения концентрации примеси<br>Измерение сопротивления растекания<br>Шаровый шлиф<br>Металлографический | 0,9<br>0,3<br>0,5 | 13<br>11<br>25 |
| 4 | Контроль количества годной поверхности<br>Визуальный просмотр в рассеянном свете<br>Просмотр под микроскопом                           | 0,01<br>0,02      | 1,9<br>2,8     |
| 5 | Визуальный контроль соответствия контура рельефа заданной технологии   | 0,3               | 3              |

Заданная программа  $N = 10$  шт.

### Вариант 14

Таблица 4.16

Технологический процесс изготовления  
металлосерийных корпусов микросхем серии 133

| Номер опер. | Технологическая операция и варианты её выполнения   | $P_p$ ,<br>у. е./шт. | $P_v$ ,<br>у. е./год |
|-------------|---|----------------------|----------------------|
| 1           | Входной контроль материалов<br>Металлографический анализ<br>Рентгеновская дефектоскопия<br>Визуальный контроль                  | 0,05<br>0,01<br>0,03 | 9<br>31<br>–         |
| 2           | Изготовление металлических деталей корпусов<br>Метод холодной штамповки<br>Метод объёмной штамповки                             | 0,03<br>0,03         | 6<br>8               |
| 3           | Очистка деталей и снятие заусенцев<br>Обработка в барабанах с галтовочной смесью<br>Химическое травление<br>Абразивная шлифовка | 0,02<br>0,01<br>0,04 | 5<br>9<br>2          |
| 4           | Спайка металлостеклянных узлов методом оксидного диффузионного соединения   | 0,11                 | 3                    |
| 5           | Гальваническое покрытие корпусов<br>Химическое никелирование<br>Электролитическое меднение                                      | 0,07<br>0,05         | 2<br>3               |

Заданная программа  $N = 200$  шт.

## Лабораторная работа №5

Тема «Выбор оптимального варианта обслуживания технологического оборудования промышленным роботом»

### 5.1. Цель

Закрепление теоретических знаний по теме «Особенности организации автоматизированного производства»; ознакомление с особенностями проектирования, организации и создания компоновочных схем роботизированных технологических комплексов (РТК); изучение методики и приобретение навыков расчёта длительности цикла обслуживания промышленным роботом (ПР) станков при линейном их расположении.

### 5.2. Порядок выполнения

Время выполнения работы – два часа.

Последовательность выполнения лабораторной работы:

1. Ознакомление с поставленной целью лабораторной работы (подразд. 5.1).
2. Изучение теоретического материала по рассматриваемой теме, знакомство с особенностями проектирования, формирования компоновочных схем при индивидуальном и групповом обслуживании ПР технологического оборудования (линейные и круговые компоновочные схемы), выбор наилучших вариантов группового обслуживания оборудования, расположенного в линейной системе координат при последовательной форме обслуживания (подразд. 5.3).
3. Знакомство с приведенным примером расчёта длительности цикла обслуживания технологического оборудования, расположенного по линейной компоновочной схеме, ПР и коэффициентом загрузки оборудования по вариантам (подразд. 5.4).
4. Расчёт в соответствии с полученным вариантом задания (подразд. 5.6) длительности цикла обслуживания оборудования ПР, коэффициента загрузки оборудования и определение наиболее оптимального варианта.
5. Построение графиков обслуживания станков ПР по вариантам.
6. Защита лабораторной работы: обоснование выбора оптимального варианта обслуживания ПР технологического оборудования. Ответ на поставленные теоретические вопросы. Выполнение контрольных заданий.

### 5.3. Краткие теоретические сведения

*Промышленный робот (ПР)* – перепрограммируемая автоматическая машина, применяемая в производственном процессе для выполнения двигательных функций, аналогичных функциям человека. ПР способен воспроизводить

некоторые двигательные и умственные функции человека при выполнении им основных и вспомогательных производственных операций без непосредственного участия человека. Для этого его наделяют некоторыми способностями: слухом, зрением, осязанием, памятью и др., а также способностью к самоорганизации, самообучению и адаптации к внешней среде.

Уже сегодня ПР заменяют людей у станков с числовым программным управлением (ЧПУ), там, где затрачивается монотонный труд, где работают с радиоактивными, токсичными, взрывоопасными веществами, в сложных температурных условиях, в условиях повышенной вибрации, шума, загрязнённости воздуха, в стеснённых местах и т. д.

Разнообразие производственных процессов и условий производства предопределяют наличие различных типов роботов и соответственно различных РТК.

Простейшим типом РТК является роботизированная технологическая ячейка (единица роботизированного оборудования), в которой выполняется некоторое количество вспомогательных технологических операций.

Более крупным РТК является роботизированный технологический участок (от 3 до 10 единиц технологического оборудования). На нём ПР выполняет ряд вспомогательных технологических операций. Если операции осуществляются на оборудовании, расположенном в строгой последовательности технологических операций, комплекс представляет собой роботизированную технологическую линию.

При проектировании различных видов РТК обычно выделяются два этапа.

*На первом этапе* рассматриваются проблемы производства, выбираются объекты роботизации, состав основного технологического оборудования, вид движений деталей, система рационального автоматизированного управления технологическим процессом и функциональными задачами.

*На втором этапе* осуществляется непосредственное проектирование РТК, формируется структура, определяется количество и характеристики ПР и технологического оборудования, разрабатываются рациональные планировки оборудования РТК в производственном помещении, выбираются компоновочные схемы РТК, составляются и отлаживаются алгоритмы и программы системы управления РТК, необходимые в период функционирования.

Компоновочные схемы РТК зависят от решаемых технологических задач, уровня автоматизации, количества и типа ПР, их технических и функциональных возможностей. Различают индивидуальное и групповое обслуживание технологического оборудования ПР.

*Индивидуальное обслуживание* оборудования – ПР встроен в единицу технологического оборудования; ПР размещён рядом с единицей технологического оборудования; несколько ПР обслуживают единицу технологического оборудования.

*Групповое обслуживание* оборудования – обслуживание одним ПР нескольких единиц технологического оборудования при линейном или круговом

расположении оборудования (при линейной или цилиндрической системе координат).

Важнейшим направлением при создании РТК является использование компоновочных схем, основанных на групповом обслуживании технологического оборудования.

При формировании участка с линейной формой компоновки технологического оборудования оно располагается вдоль прямооточно-возвратной трассы в одну или несколько линий, а ПР перемещается по напольным или подвесным направляющим этой трассы. Предположим, что в качестве средства, осуществляющего транспортировку деталей от одного станка к другому и обслуживанию станков, используется напольный подвижной ПР, тогда компоновка участка будет выглядеть, как это показано на рис. 5.1.

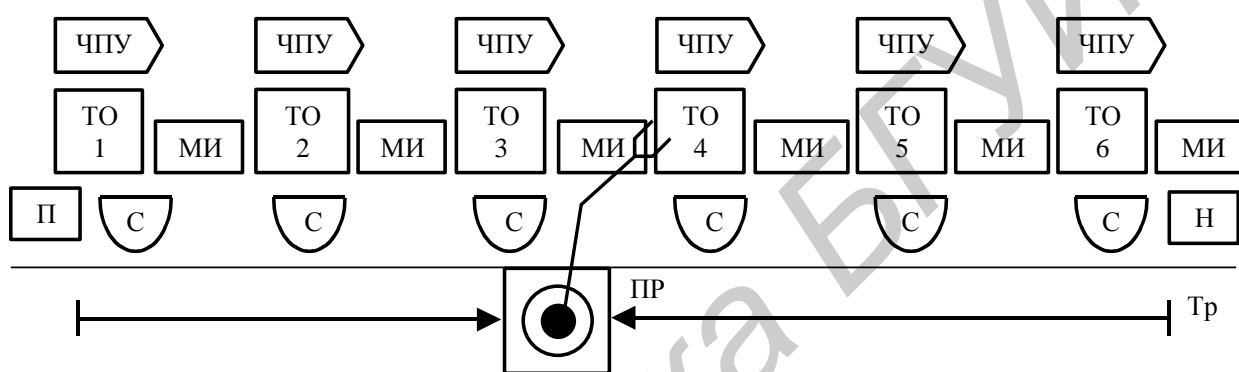


Рис. 5.1. Линейная компоновочная схема расположения оборудования, обслуживаемого промышленным роботом:

ТО – технологическое оборудование; ЧПУ – устройство числового программного управления; МИ – магазин инструментов; С – стол для деталей; ПР – подвижной промышленный робот; Т<sub>р</sub> – трасса ПР; П – питатель заготовками; Н – накопитель готовых деталей

При формировании участка с круговой формой компоновки технологического оборудования оно располагается по окружности, в центре которой устанавливается ПР для выполнения транспортной и обслуживающей операций. Используется при компоновке малогабаритного оборудования и обработке мелких деталей.

Оптимальным вариантом следует считать такую форму обслуживания технологического оборудования ПР, которая обеспечивает минимальную длительность цикла и максимальную загрузку оборудования.

*Длительность цикла обслуживания* оборудования ПР – это период времени от начала обслуживания первого станка по ходу технологического процесса до последнего и возвращения к первому станку. Длительность цикла зависит от времени обработки деталей на каждой операции, алгоритма транспортировки и времени обслуживания станков.

Расчёт длительности цикла обслуживания оборудования ПР рассмотрим на примере использования линейной компоновочной схемы расположения оборудования, как наиболее широко используемой. Пусть производственная система для обработки деталей состоит из  $m$  станков, расположенных в линейной системе координат, и одного ПР при последовательной форме обслуживания.

Суть такой формы обслуживания состоит в следующем: любая деталь (изделие) должна пройти последовательную обработку на каждом из станков согласно технологическому процессу. Перед каждым станком есть стол, где может находиться не более одной заготовки, ожидающей своей очереди на обработку. Время обработки деталей (машинное время и время, необходимое для загрузки – разгрузки) на  $1, \dots, m$  станках обозначим соответственно  $t_1, t_2, \dots, t_m$  (от  $i = 1$  до  $m$ ); время, необходимое для переноса (транспортировки) деталей от 1-го станка ко 2-му –  $t_{тр.1}$ , от 2-го к 3-му –  $t_{тр.2}$  и т. д. к  $m$ -му –  $t_{тр.m}$ .

Допустим, что время, необходимое ПР для переноса заготовки из питателя (п) к 1-му станку и детали с  $m$ -го станка к накопителю (н), достаточно мало и им можно пренебречь.

Выбор наилучшего варианта группового обслуживания оборудования заключается в следующем: найти такой вариант обслуживания станков ПР при последующей форме обслуживания, который бы обеспечил минимальную длительность цикла и максимальную загрузку оборудования.

При этом возможны следующие варианты обслуживания оборудования.

1. ПР, двигаясь от 1-го к  $m$ -му станку, поочередно их загружает, двигаясь в обратную сторону, поочередно разгружает. В этом случае длительность цикла ( $T_{ц.1}$ ) обслуживания технологического оборудования определяется по формуле

$$T_{ц.1} = 2 \sum_{i=1}^{m-1} t_{тр.i} + \sum_{i=1}^m t_{пр.i}, \quad (5.1)$$

где  $2 \sum_{i=1}^{m-1} t_{тр.i}$  – время, которое ПР затрачивает на транспортировку деталей от

1-го станка к  $m$ -му станку и возвращение в исходную позицию к 1-му станку, мин;

$t_{пр.i}$  – время простоя ПР в ожидании окончания обработки деталей на каждой операции, следующей за  $i$ -й, определяется по формуле

$$t_{пр.i} = t_i - 2 \sum_{k=i}^{m-1} t_{тр.k} - \sum_{k=i+1}^{m-1} t_{пр.k}, \quad (5.2)$$

где  $2 \sum_{k=i}^{m-1} t_{тр.k}$  – время, которое ПР тратит на перемещение от  $m$ -го станка к  $i$ -му

станку и возвращение его в исходную позицию, мин;

$\sum_{k=i+1}^{m-1} t_{пр.k}$  – время простоя ПР на каждой  $k$ -й операции в ожидании ее окончания, мин.

2. ПР, двигаясь от 1-го к  $m$ -му станку, одновременно разгружает и загружает станки, затем от  $m$ -го станка возвращается к 1-му, и процесс повторяется. В этом случае длительность цикла ( $T_{ц.2}$ ) определяется по формуле

$$T_{ц.2} = 2 \sum_{i=1}^{m-1} t_{тр.i} + 2 \sum_k^n t_{тр.k} + \sum_{i=1}^m t_{пр.i}, \quad (5.3)$$

$$t_{пр.i} = t_i - 2 \sum_{k=1}^{m-1} t_{тр.k} - 2 \sum_k^n t_{тр.k} - \sum_{k=1}^{i-1} t_{пр.k}, \quad (5.4)$$

где  $2 \sum_k^n t_{тр.k}$ , – время, которое ПР тратит на повторные перемещения между станками, мин.

3. Смешанный случай, при котором часть оборудования может быть обслужена по первому варианту, а часть – по второму. Тогда длительность цикла обслуживания оборудования определяется по формуле

$$T_{ц.3} = T'_{ц.1} + T'_{ц.2}, \quad (5.5)$$

где  $T'_{ц.1}$ ,  $T'_{ц.2}$  – часть длительности цикла при обслуживании оборудования соответственно по первому и второму вариантам.

Коэффициент загрузки оборудования определяется по формуле

$$K_{з.о} = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{m \cdot T_{ц}}. \quad (5.6)$$

#### 5.4. Пример расчёта длительности цикла обслуживания технологического оборудования промышленным роботом

Для условного примера возьмём следующие исходные данные:  $t_1 = 20$  мин,  $t_2 = 55$  мин,  $t_3 = 25$  мин,  $t_4 = 25$  мин,  $t_5 = 10$  мин,  $t_6 = 50$  мин;  $t_{тр.1} = 5,0$  мин,  $t_{тр.2} = 3,0$  мин,  $t_{тр.3} = 4,0$  мин,  $t_{тр.4} = 4,0$  мин,  $t_{тр.5} = 5,0$  мин. Расчёт произведём по каждому из выше описанных вариантов.

*Первый вариант.* Алгоритм работы: ПР берёт деталь из питателя и загружает 1-й станок, затем берёт деталь со стола 1-го станка и загружает 2-й станок и так до 6-го станка. Причём, загрузив 6-й станок, ПР не ждёт окончания обработки детали на этом станке, а движется к 5-му станку и разгружает его, далее он передвигается к 4, 3, 2, 1-му и выполняет аналогичную операцию. После чего процесс обслуживания повторяется.

Определяем время простоя ПР на каждой  $i$ -й операции в ожидании её окончания.

$$t_{пр.5} = 10 - 2 \cdot 5 = 0;$$



$$t_{\text{пр.4}} = 25 - 2 \cdot (5 + 4) - 0 = 7;$$

$$t_{\text{пр.3}} = 25 - 2 \cdot (5 + 4 + 4) - 0 - 7 = -8,$$

следовательно,  $t_{\text{пр.3}} = 0$ ;

$$t_{\text{пр.2}} = 55 - 2 \cdot (5 + 4 + 4 + 3) - 0 - 7 - 0 = 16;$$

$$t_{\text{пр.1}} = 20 - 2 \cdot (5 + 4 + 4 + 3 + 5) - 0 - 7 - 0 - 16 = -45,$$

следовательно,  $t_{\text{пр.1}} = 0$ ;

$$t_{\text{пр.6}} = 50 - 2 \cdot (5 + 4 + 4 + 3 + 5) - 0 - 7 - 0 - 16 - 0 = -15,$$

следовательно,  $t_{\text{пр.6}} = 0$ .

Определяем длительность цикла обслуживания технологического оборудования ПР по первому варианту:

$$T_{\text{ц.1}} = 2 \cdot (5 + 3 + 4 + 4 + 5) + (0 + 7 + 0 + 16 + 0 + 0) = 2 \cdot 21 + 23 = 65 \text{ мин.}$$

Коэффициент загрузки оборудования по первому варианту составил

$$K_{\text{з.о.1}} = \frac{20 + 55 + 25 + 25 + 10 + 50}{6 \cdot 65} = 0,47.$$

*Второй вариант.* В этом случае ПР, перемещаясь от 1-го к 6-му станку, одновременно загружает и разгружает станки. Обслужив последний, ПР возвращается к 1-му, и процесс обслуживания повторяется снова.

Алгоритм работы: ПР сначала разгружает 1-й станок на стол перед ним; затем, взяв заготовку из питателя, загружает 1-й станок, после чего берет деталь со стола 1-го станка и переносит ее на стол перед 2-м станком. Далее ПР без детали двигается к 3-му станку, разгружает его на стол перед ним, возвращается ко 2-му станку, берет деталь со 2-го станка, перемещается к 3-му станку и загружает его, снова возвращается ко 2-му станку и загружает его со 2-го стола. Таким образом уже обслужены 1, 2 и 3-й станки, и ПР перемещается к 4-му станку, захватив деталь с 3-го стола, помещает ее на стол перед 4-м станком. Далее ПР без детали двигается к 5-му станку, разгружает его на стол перед ним, возвращается к 4-му станку, берет деталь с 4-го станка, перемещается к 5-му станку и загружает его, снова возвращается к 4-му станку и загружает его с 4-го стола. Таким образом ПР загрузил ещё 4-й и 5-й станки. Далее ПР перемещается к 5-му столу, берет деталь и переносит ее к 6-му столу, затем разгружает 6-й станок в накопитель готовых деталей и загружает его с 6-го стола. Обслужив все станки, ПР возвращается в исходную позицию к 1-му станку, и цикл повторяется.

Определяем время простоя ПР на каждой  $i$ -й операции в ожидании её окончания:

$$t_{\text{пр.1}} = 20 - 2 \cdot (5 + 3 + 4 + 4 + 5) - 2 \cdot (3 + 3 + 4 + 4) = -50,$$

следовательно,  $t_{\text{пр.1}} = 0$ ;

$$t_{\text{пр.2}} = 55 - 2 \cdot (5 + 3 + 4 + 4 + 5) - 2 \cdot (3 + 3 + 4 + 4) - 0 = -15,$$

следовательно,  $t_{пр.2} = 0$ ;

$$t_{пр.3} = 25 - 2 \cdot (5 + 3 + 4 + 4 + 5) - 2 \cdot (3 + 3 + 4 + 4) - 0 - 0 = -45,$$

следовательно,  $t_{пр.3} = 0$ ;

$$t_{пр.4} = 25 - 2 \cdot (5 + 3 + 4 + 4 + 5) - 2 \cdot (3 + 3 + 4 + 4) - 0 - 0 - 0 = -45,$$

следовательно,  $t_{пр.4} = 0$ ;

$$t_{пр.5} = 10 - 2 \cdot (5 + 3 + 4 + 4 + 5) - 2 \cdot (3 + 3 + 4 + 4) - 0 - 0 - 0 - 0 = -60,$$

следовательно,  $t_{пр.5} = 0$ ;

$$t_{пр.6} = 50 - 2 \cdot (5 + 3 + 4 + 4 + 5) - 2 \cdot (3 + 3 + 4 + 4) - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 = -20,$$

следовательно,  $t_{пр.6} = 0$ .

Определяем длительность цикла обслуживания технологического оборудования ПР по второму варианту:

$$T_{ц.2} = 2 \cdot (5 + 3 + 4 + 4 + 5) + 2 \cdot (3 + 3 + 4 + 4) + (0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0) = 70 \text{ мин.}$$

Коэффициент загрузки оборудования по второму варианту составил

$$K_{з.о.2} = \frac{20 + 55 + 25 + 25 + 10 + 50}{6 \cdot 70} = 0,44.$$

*Третий вариант.* Примем, что в этом случае ПР обслуживает станки с 1-го по 2-й по методике второго варианта, а начиная с 3-го по 6-й – по методике первого варианта.

Алгоритм работы: ПР, разгрузив 1-й станок на стол перед ним, берет заготовку из питателя и загружает ею 1-й станок. Затем берет деталь с 1-го стола и переносит ее на стол 2-го станка. Дождавшись конца обработки детали на 2-м станке, берет деталь и перемещается к 3-му станку и загружает его, затем возвращается ко 2-му станку и загружает его. После чего перемещается к 3-му станку, берет деталь со стола 3-го станка и движется к 4-му станку и загружает его. Затем берет деталь со стола 4-го станка и перемещается к 5-му станку и загружает его, далее берет деталь со стола 5-го станка и переносит ее на стол 6-го станка. Разгружает 6-й станок в накопитель готовых деталей, берет деталь со стола 6-го станка и загружает 6-й станок. Затем ПР движется к 5-му станку и разгружает его на 5-й стол. Затем движется к 4-му станку и разгружает его на 4-й стол, затем движется к 3-му станку и разгружает его на 3-й стол, а затем движется сразу к 1-му станку, и цикл повторяется.

Определяем время простоя ПР на каждой  $i$ -й операции в ожидании её окончания:

$$t_{пр.5} = 10 - 2 \cdot 5 = 0;$$

$$t_{пр.4} = 25 - 2 \cdot (5 + 4) - 0 = 7;$$

$$t_{пр.3} = 25 - 2 \cdot (5 + 4 + 4) - 0 - 7 = -8,$$

следовательно,  $t_{пр.3} = 0$ .

$$T'_{ц.1} = 2 \cdot (4 + 4 + 5) + 0 + 7 + 0 = 33;$$

$$t_{\text{пр.1}} = 20 - 33 - 2 \cdot (5 + 3) - 2 \cdot 3 = -35,$$

следовательно,  $t_{\text{пр.1}} = 0$ ;

$$t_{\text{пр.2}} = 55 - 33 - 2 \cdot (5 + 3) - 2 \cdot 3 - 0 = 0;$$

$$t_{\text{пр.6}} = 50 - 33 - 2 \cdot (5 + 3) - 2 \cdot 3 - 0 - 0 = -5,$$

следовательно,  $t_{\text{пр.6}} = 0$ .

$$T'_{\text{ц.2}} = 2 \cdot (5 + 3) + 2 \cdot 3 + 0 + 0 + 0 = 22;$$

$$T_{\text{ц.3}} = 33 + 22 = 55.$$

Коэффициент загрузки оборудования по третьему варианту составил

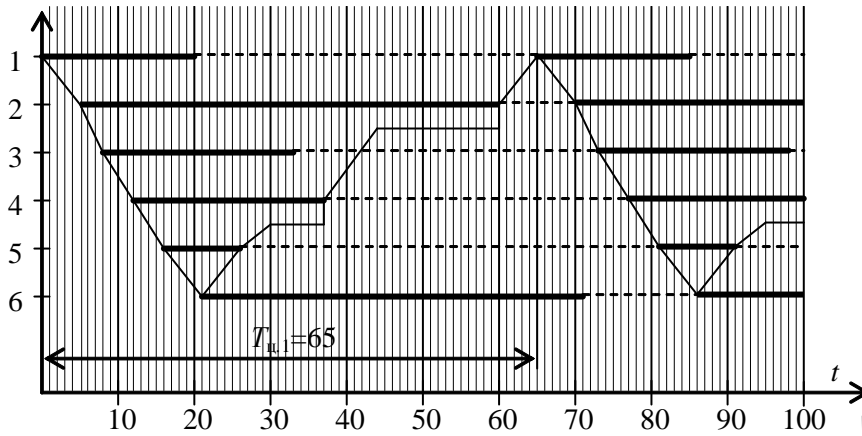
$$K_{3.0.3} = \frac{185}{6 \cdot 55} = 0,56.$$

Рассчитав длительность цикла обслуживания станков ПР по каждому из трех вариантов и сравнив полученные результаты, приходим к выводу, что наилучшим вариантом обслуживания станков ПР, который обеспечил бы максимальный коэффициент загрузки оборудования и минимальную длительность цикла обслуживания станков ПР, является третий, смешанный вариант.

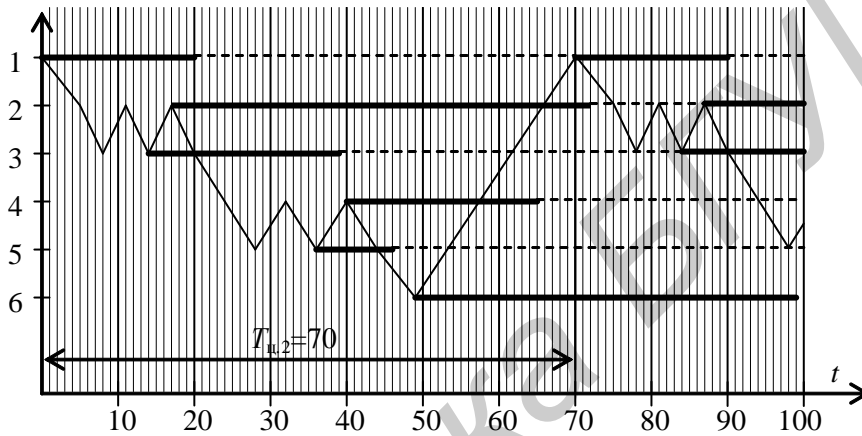
Кроме аналитического метода выбора минимальной длительности цикла обслуживания промышленным роботом технологического оборудования приведем графический метод, позволяющий наглядно проиллюстрировать технологический процесс и показать наиболее эффективный вариант обслуживания с наименьшей длительностью цикла (рис. 5.2).

Графический метод позволяет наглядно показать преимущества по длительности обслуживания станков промышленным роботом, а также пояснить порядок и логику различных вариантов обслуживания. Графический метод наглядно подтвердил вывод, сделанный на основе аналитического метода, о предпочтении для рассматриваемых исходных данных выбора третьего, смешанного варианта.

1 вариант



2 вариант



3 вариант

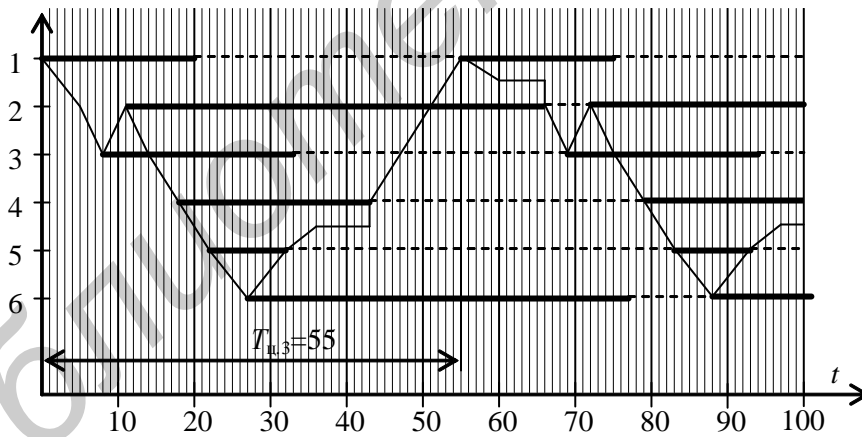


Рис. 5.2. Варианты организации обслуживания станков промышленным роботом:

- — время обработки деталей, мин;
- — время переноса деталей, мин;
- - - - время простоя оборудования, мин.

## 5.5. Контрольные вопросы и задания

1. Что представляют собой ПР и каково их назначение?
2. Поясните, что представляет собой роботизированный технологический комплекс.
3. Что представляет собой индивидуальное обслуживание оборудования ПР?
4. Что представляет собой групповое обслуживание оборудования ПР?
5. Поясните, что представляет собой компоновочная схема РТК при линейной или цилиндрической системе координат.
6. Что представляет собой длительность цикла обслуживания оборудования ПР?
7. Почему наилучшим вариантом обслуживания оборудования ПР является тот, при котором будет минимальная длительность цикла?

## 5.6. Варианты заданий

Чтобы определить исходные данные для выполнения лабораторной работы, необходимо воспользоваться табл. 5.1.

Таблица 5.1

Исходные данные по вариантам

| Номер вар. | Время обработки деталей, мин |       |       |       |       |       | Время транспортировки деталей, мин |            |            |            |            |
|------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|------------|------------|------------|------------|
|            | $t_1$                        | $t_2$ | $t_3$ | $t_4$ | $t_5$ | $t_6$ | $t_{тр.1}$                         | $t_{тр.2}$ | $t_{тр.3}$ | $t_{тр.4}$ | $t_{тр.5}$ |
| 1          | 25                           | 50    | 25    | 30    | 15    | 45    | 4,0                                | 2,0        | 3,0        | 3,0        | 4,0        |
| 2          | 30                           | 50    | 30    | 30    | 15    | 45    | 5,0                                | 2,0        | 2,0        | 4,0        | 4,0        |
| 3          | 25                           | 55    | 20    | 25    | 10    | 40    | 4,0                                | 3,0        | 2,0        | 4,0        | 4,0        |
| 4          | 25                           | 45    | 30    | 30    | 10    | 40    | 4,0                                | 2,0        | 2,0        | 3,0        | 4,0        |
| 5          | 30                           | 40    | 20    | 25    | 15    | 50    | 4,0                                | 3,0        | 3,0        | 4,0        | 5,0        |
| 6          | 2                            | 10    | 3     | 5     | 3     | 15    | 2,0                                | 0,8        | 1,2        | 1,5        | 2,0        |
| 7          | 4                            | 6     | 5     | 3     | 4     | 6     | 0,8                                | 0,7        | 1,5        | 0,8        | 1,5        |
| 8          | 7                            | 18    | 8     | 20    | 7     | 10    | 1,0                                | 1,2        | 2,0        | 1,0        | 1,5        |
| 9          | 2                            | 6     | 3     | 2     | 4     | 10    | 0,5                                | 0,3        | 0,4        | 0,5        | 0,5        |
| 10         | 1                            | 5     | 5     | 3     | 3     | 5     | 0,5                                | 0,2        | 0,3        | 0,3        | 0,5        |
| 11         | 15                           | 40    | 30    | 20    | 15    | 30    | 7,5                                | 4,5        | 6,0        | 7,5        | 4,5        |
| 12         | 10                           | 3     | 6     | 20    | 3     | 10    | 2,0                                | 1,0        | 4,0        | 2,0        | 3,0        |
| 13         | 5                            | 10    | 5     | 10    | 4     | 7     | 1,5                                | 1,0        | 2,0        | 1,0        | 1,5        |
| 14         | 15                           | 30    | 10    | 15    | 10    | 20    | 4,0                                | 2,5        | 3,0        | 2,5        | 2,5        |
| 15         | 20                           | 15    | 25    | 5     | 9     | 18    | 3,5                                | 2,0        | 1,5        | 3,0        | 1,0        |

## Лабораторная работа №6

Тема «Организация многостаночного обслуживания»

### 6.1. Цель

Закрепление теоретических знаний по теме «Основы организации труда»; изучение методики и приобретение навыков расчётов, выполняемых при организации многостаночного обслуживания.

### 6.2. Порядок выполнения

Время выполнения работы – два часа.

Последовательность выполнения лабораторной работы:

1. Ознакомление с поставленной целью лабораторной работы (подразд. 6.1).
2. Изучение теоретического материала по рассматриваемой теме, знакомство с понятием «многостаночное обслуживание» и условиями его организации (подразд. 6.3).
3. Знакомство с приведенным примером расчёта и построения графиков многостаночной работы (подразд. 6.4).
4. Выполнение лабораторной работы в соответствии с полученным вариантом задания (подразд. 6.6).
5. Защита лабораторной работы: обоснование конечных и вспомогательных расчётов по выбору оптимального числа станков и расчёта нормы штучного времени. Ответ на поставленные теоретические вопросы. Выполнение контрольных заданий.

### 6.3. Краткие теоретические сведения

Одной из эффективных форм организации труда, способствующей значительному повышению его производительности, является многостаночное обслуживание.

Многостаночное обслуживание – форма организации труда, при которой один рабочий или бригада исполнителей работают одновременно на нескольких станках (машинах, агрегатах), выполняя ручные приёмы на каждом из них в период автоматической работы всех остальных\*. Возможность многостаночного обслуживания основывается на том, что рабочий практически занят только во время выполнения ручных приёмов. Время ручных приёмов перемежается со временем машинной работы этого же станка, которое рабочий может использовать для выполнения ручных приёмов на других станках.

---

\* В дальнейшем для краткости будем употреблять единые понятия исполнитель (рабочий) и станок, имея при этом в виду, что это могут быть как исполнитель, так и бригада, а также как станки, так и машины, установки.

В заводской практике применяются различные варианты многостаночного обслуживания: обслуживание станков-дублёров, выполняющих одинаковые операции; обслуживание станков, занятых последовательными операциями по обработке одной и той же детали; обслуживание однотипных и разнотипных станков, загруженных различными деталями операциями.

В зависимости от соотношения длительности совмещаемых операций возможны различные сочетания работы станков, в частности:

1) станков-дублёров, на которых выполняются операции равной длительности, а время занятости рабочего на одном станке ( $t_3$ ) равно времени машинной работы ( $t_M$ ) данного станка (рис. 6.1, а); станков-дублёров, на которых выполняются операции равной длительности, но время занятости рабочего на одном станке меньше машинного времени данного станка в кратное число раз (рис. 6.1, б);

2) станков-дублёров, на которых выполняются операции равной длительности, но время занятости рабочего несколько больше машинного времени данного станка (рис. 6.1, в);

3) различных станков, на которых выполняются операции равной длительности, но время занятости рабочего на каждом станке различное и меньше машинного времени на каждом из обслуживаемых станков в некратное число раз (рис. 6.1, г, д);

4) различных станков, на которых выполняются операции неравной длительности, и время занятости рабочего на каждом станке, различное и меньшее или равное машинному (рис. 6.1, е).

Из рис. 6.1 видно, что в первом и во втором случаях рабочий и оборудование полностью загружены, в третьем случае частично простаивают станки, в четвёртом случае может частично простаивать оборудование (см. рис. 6.1, г) или рабочий (см. рис. 6.1, д), а в пятом случае частично простаивает и оборудование, и рабочий (см. рис. 6.1, е).

Рациональное построение многостаночного обслуживания заключается в таком подборе операций, при котором обеспечивается наиболее полная загрузка оборудования при полной занятости рабочего-многостаночника.

В этой связи необходимым является: построение графиков обслуживания оборудования, расчёт длительности цикла многостаночного обслуживания, расчёт коэффициента загрузки оборудования, расчёт коэффициента загрузки рабочего-многостаночника, определение расходов на единицу оперативного времени работы станка при различных вариантах числа обслуживаемого оборудования.

Кроме того, организация многостаночного обслуживания требует решения следующих задач:

- создание организационных условий для его внедрения;
- установление норм времени на выполнение технологических операций с выделением времени на выполнение всех ручных приёмов и активное наблюдение за работой станка;
- установление маршрута движения для многостаночника и определение времени на переход рабочего от одного станка к другому.

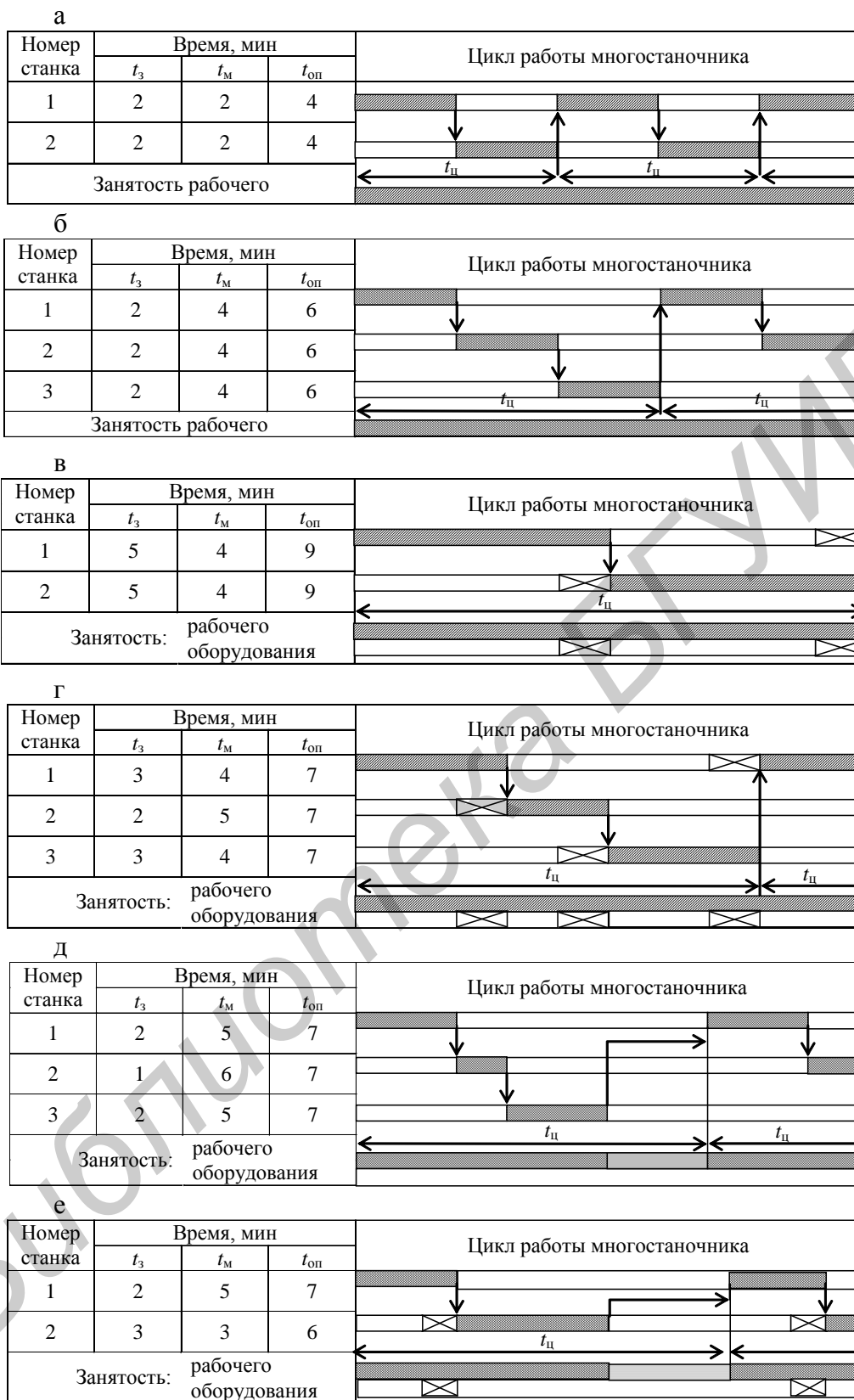

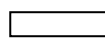

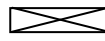


Рис. 6.1. Варианты графиков многостаночного обслуживания:

-   $t_3$  – время занятости рабочего на обслуживаемом станке;
-   $t_M$  – время машинно-автоматической работы станка;
-   $t_{пр.р}$  – свободное от работы время рабочего;
-   $t_{пр.об}$  – время простоя оборудования.



Исходя из этого основными организационными условиями развития многостаночного обслуживания являются:

1. Рациональная планировка участка, обеспечивающая хороший обзор станков и кратчайшие маршруты перехода рабочего от одного станка к другому.

2. Совершенствование форм разделения и кооперации труда (передача ряда обслуживающих функций вспомогательным рабочим и введение регламентированного обслуживания, переход к коллективным формам организации труда и т. д.).

3. Рациональный набор деталей, подлежащих обработке на многостаночном комплексе с точки зрения конструктивных форм и размеров, общности технологических операций и переходов.

4. Увеличение размеров партий обрабатываемых деталей на основе специализации рабочих мест многостаночников.

5. Совершенствование структуры затрат времени на выполнение операции путём автоматизации технологического процесса, изменение режимов обработки и т. д.

Не рассматривая классификацию вариантов многостаночного обслуживания, следует отметить, что для организации наиболее существенную роль играют структура, длительность и повторяемость операций.

Данная лабораторная работа построена для классического и наиболее распространённого варианта многостаночной работы – работе на станках-дублёрах, когда длительность и структура операций на обслуживаемых станках является относительно постоянной.

В этом случае число станков ( $n$ ), на которых может одновременно работать исполнитель, в общем виде определяется по формуле

$$n = \frac{t_M}{t_3} + 1, \quad (6.1)$$

где  $t_M$  – время машинно-автоматической работы станка, мин;

$t_3$  – время занятости рабочего на обслуживаемом станке, оно состоит из следующих элементов:

$$t_3 = \sum t_B + \sum t_H + t_{\text{пер}}, \quad (6.2)$$

где  $\sum t_B$  – суммарное время, необходимое для выполнения всех ручных приёмов на станке (установка, снятие детали, включение станка, подвод резца и т. д.), мин;

$\sum t_H$  – суммарное время активного наблюдения за работой станка, требующее присутствия рабочего-многостаночника, мин;

$t_{\text{пер}}$  – время, затрачиваемое рабочим на переход от одного станка к другому, согласно установленному маршруту движения, мин.

Однако следует иметь в виду, что при расчёте количества станков, на которых должен будет работать рабочий, не всегда получается целое число. Поэтому, если число станков получилось целое, можно считать, что получен

наиболее желательный вариант многостаночной работы, а если получилось дробное число, то его необходимо округлить в большую или меньшую сторону.

Если принятое число станков ( $n_{пр}$ ) меньше, чем расчётное ( $n_{расч}$ ), тогда  $(n - 1) t_3 < t_M$ . При этом рабочий имеет свободное время ( $t_{пр.р}$ ) в цикле обслуживания, величина которого может быть рассчитана по формуле

$$t_{пр.р} = t_M - (n - 1) \cdot t_3. \quad (6.3)$$

Если принятое число станков ( $n_{пр}$ ) больше, чем расчётное ( $n_{расч}$ ), тогда  $(n - 1) t_3 > t_M$ . При этом рабочий не успевает за время цикла обслужить все станки и они будут определённое время простаивать ( $t_{пр.об}$ ). Это время можно определить по формуле

$$t_{пр.об} = (n - 1) \cdot t_3 - t_M. \quad (6.4)$$

После расчёта количества станков и времени простоя оборудования или рабочего-станочника строятся графики многостаночного обслуживания по выбранным вариантам (см. рис. 6.1). Далее рассчитывается длительность цикла многостаночного обслуживания.

Длительность цикла многостаночного обслуживания – это период времени от начала обслуживания первого по маршруту станка до момента возвращения рабочего к этому же станку.

Определяется длительность цикла многостаночного обслуживания по формуле

$$t_{ц} = \max t_{оп} + t_{пр.об} \quad (6.5)$$

или

$$t_{ц} = \sum_{i=1}^n t_{3,i} + t_{пр.р}, \quad (6.6)$$

где  $\max t_{оп}$  – максимальная продолжительность одной из выполняемых операций при многостаночном обслуживании. С точки зрения структуры затрат времени

$$t_{оп} = t_3 + t_M. \quad (6.7)$$

Коэффициент загрузки оборудования рассчитывается по формуле

$$K_{з.об} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{оп,i}}{n t_{ц}}. \quad (6.8)$$

Коэффициент загрузки рабочего-многостаночника рассчитывается по формуле

$$K_{з.р} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{3,i}}{t_{ц}}. \quad (6.9)$$

Выбор первого или второго варианта обслуживания станков определяется конкретными организационно-техническими условиями и затратами, связанными с простоями рабочего и станков. Оптимальное число станков можно определить, сравнивая расходы на единицу оперативного времени работы станка при различных вариантах числа обслуживаемого оборудования. При этом в качестве целевой функции, соответствующей критерию минимума затрат на единицу продукции, используется функция

$$\varphi = \frac{nC + 1}{I}, \quad (6.10)$$

где  $C$  – коэффициент, показывающий отношения затрат, связанных с простоем оборудования, к затратам на содержание одного рабочего;

$I$  – среднее количество работающих станков в течение цикла многостаночного обслуживания.

При определении коэффициента  $C$  в расходах на эксплуатацию станка учитываются затраты, которые меняются с изменением числа станков, необходимых для выпуска одинакового объёма продукции. К ним в основном относятся амортизационные расходы, расходы на текущий ремонт станков, электроэнергию, эксплуатацию производственных помещений и т. д. Они рассчитываются или устанавливаются по таблицам, разрабатываемым отраслевыми институтами. Расходы на заработную плату определяются по данным предприятия с учётом квалификации рабочего, обслуживающего данные станки.

Среднее количество работающих станков в течение цикла определяется исходя из графика многостаночной работы.

Вариант числа обслуживаемых станков, при котором значение функции  $\varphi$  будет минимальным, является оптимальным. При установлении же нормы обслуживания необходимо учитывать потребности и возможности производства. Здесь возможны два варианта отклонений от нормальных условий:

- число рабочих данной специальности и квалификации меньше необходимого для выполнения плана;
- имеет место недостаток оборудования.

В первом случае норма обслуживания устанавливается с учётом более полной занятости рабочего, во втором – с учётом более полной загрузки оборудования.

#### **6.4. Пример расчёта и построения графиков многостаночной работы**

Для условного примера возьмём следующие исходные данные: пусть имеется  $i$ -я операция, выполняемая на станках-дублёрах, в которой  $t_m = 5$  мин, а  $t_3 = 2$  мин. При определении оптимального значения числа станков ( $n$ ) и нормы штучного времени ( $t_{шт}$ ), принимается значение  $C_1 = 1,0$ ,  $C_2 = 0,5$ ,  $C_3 = 0,2$ .

1. Рассчитаем число станков, на которых может одновременно работать многостаночник:

$$n = \frac{t_M}{t_3} + 1 = \frac{5}{2} + 1 = 3,5.$$

Получим дробное число, которое необходимо округлить до целого значения, т. е.  $n_1 = 3$  станка или  $n_2 = 4$  станка.

2. Рассчитаем время простоя рабочего-многостаночника и время простоя оборудования (станков-дублёров) при обслуживании рабочим 3-х и 4-х станков:

$$t_{\text{пр.р.1}} = t_M - (n - 1) \cdot t_3 = 5 - (3 - 1) \cdot 2 = 1 \text{ мин.}$$

Машинное время на первом станке больше на одну минуту, чем время занятости рабочего на всех остальных обслуживаемых станках, следовательно,  $t_{\text{пр.р.1}} = 1$  мин, а  $t_{\text{пр.об.1}} = 0$  мин.

$$t_{\text{пр.р.2}} = 5 - (4 - 1) \cdot 2 = -1 \text{ мин.}$$

Машинное время на первом станке оказалось меньше (-1), чем время занятости рабочего на всех остальных обслуживаемых станках, следовательно,  $t_{\text{пр.р.2}} = 0$  мин, а  $t_{\text{пр.об.2}} = 1$  мин.

3. Построим графики многостаночной работы по первому и второму вариантам (рис. 6.2 и 6.3) при  $n_1 = 3$  и  $n_2 = 4$  станка.

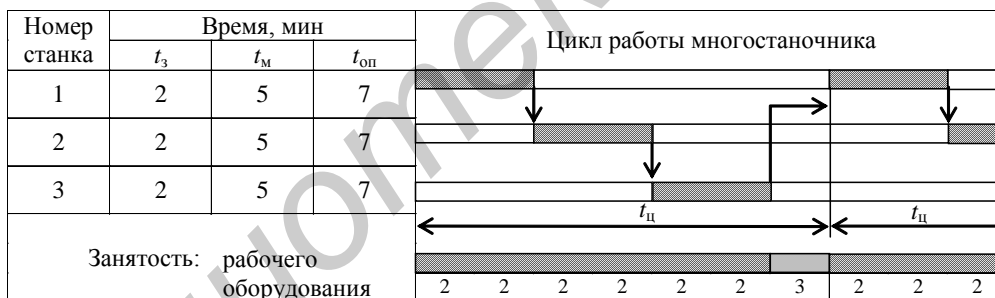


Рис. 6.2. График многостаночной работы при  $n = 3$

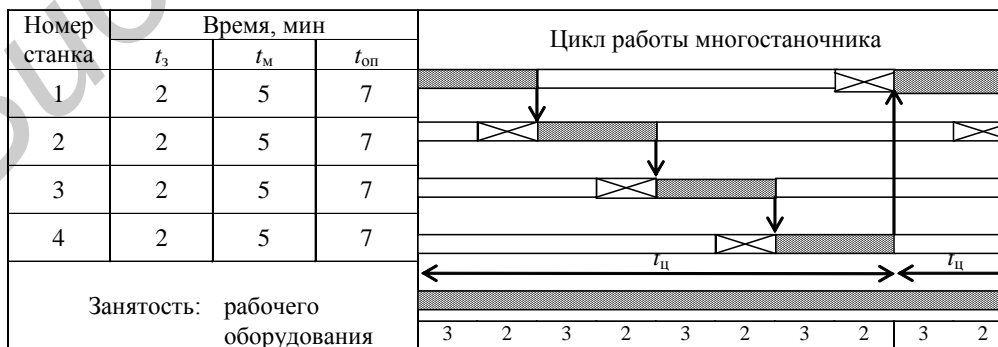


Рис. 6.3. График многостаночной работы при  $n = 4$

4. Рассчитаем длительность цикла многостаночного обслуживания по обоим вариантам:

$$t_{ц.1} = \sum_{i=1}^3 t_{3,i} + t_{пр.р.1} = 2 + 2 + 2 + 1 = 7 \text{ мин};$$

$$t_{ц.2} = \sum_{i=1}^4 t_{3,i} + t_{пр.р.2} = 2 + 2 + 2 + 2 + 0 = 8 \text{ мин}.$$

5. Рассчитаем коэффициент загрузки оборудования по обоим вариантам:

$$K_{3.об.1} = \frac{\sum_{i=1}^3 t_{оп.i}}{nt_{ц.1}} = \frac{7 + 7 + 7}{3 \cdot 7} = 1; \quad K_{3.об.2} = \frac{\sum_{i=1}^4 t_{оп.i}}{nt_{ц.2}} = \frac{7 + 7 + 7 + 7}{4 \cdot 8} = 0,875.$$

6. Рассчитаем коэффициент загрузки рабочего-многостаночника по обоим вариантам:

$$K_{3.р.1} = \frac{\sum_{i=1}^3 t_{3,i}}{t_{ц.1}} = \frac{2 + 2 + 2}{7} = 0,86; \quad K_{3.р.2} = \frac{\sum_{i=1}^4 t_{3,i}}{t_{ц.2}} = \frac{2 + 2 + 2 + 2}{8} = 1.$$

7. Определим оптимальное количество обслуживаемых станков. Для этого предварительно найдём значение  $I$ .

В нижней части рис. 6.2 и 6.3 приведены количества действующих станков в первую, вторую, третью и т. д. минуты цикла многостаночной работы. Среднее значение  $I$  за цикл будет равно:

$$\text{при } n=3 \quad I = \frac{2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 3}{7} = \frac{15}{7} = 2,14;$$

$$\text{при } n=4 \quad I = \frac{3 + 2 + 3 + 2 + 3 + 2 + 3 + 2}{8} = \frac{20}{8} = 2,5.$$

Определяем значение функции  $\varphi$  при различных значениях коэффициента  $C$ .

$$\text{При } C=1,0 \quad \varphi_{(n=3)} = \frac{3 \cdot 1 + 1}{2,14} = 1,87; \quad \varphi_{(n=4)} = \frac{4 \cdot 1 + 1}{2,5} = 2,0.$$

$$\text{При } C=0,5 \quad \varphi_{(n=3)} = \frac{3 \cdot 0,5 + 1}{2,14} = 1,17; \quad \varphi_{(n=4)} = \frac{4 \cdot 0,5 + 1}{2,5} = 1,2.$$

$$\text{При } C=0,2 \quad \varphi_{(n=3)} = \frac{3 \cdot 0,2 + 1}{2,14} = 0,75; \quad \varphi_{(n=4)} = \frac{4 \cdot 0,2 + 1}{2,5} = 0,72.$$

Таким образом, если исходить из критерия минимума затрат на единицу продукции, то при  $C=1,0$  и  $C=0,5$  число станков ( $n$ ) следует принять равным 3, а при  $C=0,2$  – равным 4.

Наряду с выбором оптимального количества обслуживаемых станков ( $n$ ) важным параметром многостаночного обслуживания является расчёт нормы штучного времени.

Рассчитаем норму штучного времени ( $t_{шт}$ ) при организации многостаночного обслуживания исходя из заданных процентов от времени цикла на организационное ( $A_{орг}$ ) и техническое ( $A_{тех}$ ) обслуживание рабочих мест (станков) и времени, затрачиваемого на отдых и личные надобности ( $A_{отд}$ ).

При расчёте  $t_{шт}$  можно принять  $A_{орг} = 3\%$ ,  $A_{тех} = 7\%$ ,  $A_{отд} = 5\%$ , тогда

$$t_{шт.1} = \frac{t_{ц.1}}{n} \cdot \left( 1 + \frac{A_{орг} + A_{тех} + A_{отд}}{100} \right) = \frac{7}{3} \cdot \left( 1 + \frac{3 + 7 + 5}{100} \right) = 2,7 \text{ мин};$$

$$t_{шт.2} = \frac{t_{ц.2}}{n} \cdot \left( 1 + \frac{A_{орг} + A_{тех} + A_{отд}}{100} \right) = \frac{8}{4} \cdot \left( 1 + \frac{3 + 7 + 5}{100} \right) = 2,3 \text{ мин}.$$

Как видно из формулы расчёта, структура нормы времени при многостаночной работе отличается от нормы штучного времени в условиях работы на одном станке тем, что здесь вместо оперативного времени ( $t_{оп}$ ) берётся время цикла многостаночного обслуживания, делённое на число обслуживаемых станков.

## 6.5. Контрольные вопросы и задания

1. Понятие многостаночного обслуживания и условий его организации.
2. Перечислите элементы затрат труда, включаемые во время занятости рабочего ( $t_3$ ) при организации многостаночного обслуживания.
3. Условия развития многостаночного обслуживания.
4. Как определяется расчётное число станков при работе на станках-дублёрах?
5. Как выбирается оптимальное число обслуживаемых станков?
6. Как определяется длительность цикла многостаночного обслуживания при работе на станках-дублёрах, различных станках, загруженных разными деталями операциями?
7. Как определяется коэффициент загрузки оборудования при организации многостаночного обслуживания?
8. Как определяется коэффициент загрузки рабочего-многостаночника?
9. Как определяется время простоя (свободное время) рабочего-многостаночника?
10. Как определяется время простоя оборудования при организации многостаночного обслуживания?
11. Перечислите элементы затрат, включаемые в расходы по эксплуатации станка при расчёте коэффициента, показывающего отношение затрат, связанных с простоем оборудования, к затратам на содержание одного рабочего ( $C$ ).

12. Как определяется среднее количество работающих станков в течение цикла многостаночного обслуживания и где используется этот показатель?

13. Приведите формулу расчёта нормы штучного времени ( $t_{шт}$ ) при многостаночном обслуживании.

### 6.6. Варианты заданий

Таблица 6.1

Варианты заданий по расчёту оптимального числа обслуживаемых станков и норм времени при многостаночном обслуживании

| Наименование задания             | Номера вариантов |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----------------------------------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                                  | 1                | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1. Обслуживаются станки-дублиеры |                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| $t_M$                            | 8                | 8  | 10 | 10 | 12 | 12 | 12 | 14 | 14 | 15 | 15 | 16 | 16 | 16 | 18 |
| $t_3$                            | 2                | 4  | 2  | 5  | 2  | 3  | 4  | 2  | 7  | 3  | 5  | 2  | 4  | 8  | 2  |
| 2. Обслуживаются станки-дублиеры |                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| $t_M$                            | 10               | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 |
| $t_3$                            | 3                | 4  | 6  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 5  | 7  | 4  | 5  | 6  | 3  | 5  |

## Лабораторная работа №7

Тема «Расчёт календарно-плановых нормативов и построение стандарт-плана однопредметной непрерывно-поточной линии»

### 7.1. Цель

Закрепление теоретических знаний по теме «Особенности организации процессов поточного производства»; ознакомление с особенностями организации однопредметной непрерывно-поточной линии (ОНПЛ); изучение методики и освоение навыков расчёта календарно-плановых нормативов (КПН) и построения стандарт-плана ОНПЛ.

### 7.2. Порядок выполнения

Время выполнения работы – два часа.

Последовательность выполнения лабораторной работы:

1. Ознакомление с поставленной целью лабораторной работы (подразд. 7.1).
2. Изучение теоретического материала по рассматриваемой теме (подразд. 7.3).
3. Знакомство с приведенным примером расчёта КПН и построением стандарт-плана ОНПЛ (подразд. 7.4).
4. Расчёт КПН и построение стандарт-плана ОНПЛ в соответствии с полученным вариантом задания (подразд. 7.6).
5. Защита лабораторной работы: представление рассчитанных КПН и разработанного стандарт-плана ОНПЛ. Ответ на поставленные теоретические вопросы. Выполнение контрольных заданий.

### 7.3. Краткие теоретические сведения

Поточное производство – форма организации производства, при которой технологический процесс совершается непрерывно и ритмично на расположенных в технологической последовательности рабочих местах с закреплением за каждым определённых операций.

Это наиболее прогрессивный метод организации производства, позволяющий обеспечить высокий уровень непрерывности и параллельности процесса, что снижает длительность производственного цикла, повышает производительность труда, уменьшает себестоимость изготовления продукции.

Наиболее широко поточные методы организации производства применяются в массовом и крупносерийном производстве, хотя они могут применяться и в серийном, и в мелкосерийном производствах.



Первичным звеном поточного производства является поточная линия, которая представляет собой предметно-замкнутый участок по обработке (сборке) одного или нескольких наименований конструктивно и технологически однородных предметов.

Классическим типом линии, несущим в себе все основные признаки поточного производства, является однопредметная непрерывно-поточная линия (ОНПЛ) с применением распределительного конвейера. Такие линии находят наибольшее применение на предприятиях машиностроения в сборочных цехах (в том числе и на предприятиях радиоэлектронного приборостроения).

Расчленение процесса на простые операции и закрепление их за определёнными рабочими местами способствует высокому уровню их специализации, применению специализированного и специального оборудования и оснастки. Расположение рабочих мест по ходу технологического процесса обеспечивает его прямооточность. Немедленная передача деталей с одной операции на другую обеспечивает высокую степень непрерывности и параллельности процесса.

Транспортными средствами на линиях являются транспортные рабочие и распределительные конвейеры, причём распределительный конвейер служит не только средством перемещения изделий между операциями, но и средством распределения этих изделий между параллельными рабочими местами в соответствии с принятой системой адресования.

Для выполнения операций предмет труда снимается с конвейера на рабочее место и снова возвращается на конвейер после обработки (сборки).

Ритмичность производства в условиях поточной линии обеспечивается выпуском предметов труда через определённый промежуток времени, называемый ритмом (или тактом) поточной линии.

Под тактом поточной линии понимают одинаковый отрезок времени, через который с данной поточной линии выпускается (и на неё запускается) очередной предмет; а ритмом, когда изделия выпускаются транспортными партиями. Ритмичность работы означает выполнение одинакового объёма работы в каждый период такта (ритма).

Величина такта (ритма) зависит от заданной производственной программы, а технологический процесс проектируется под этот такт (ритм).

На ОНПЛ обеспечивается синхронность операций, которая определяется равенством или кратностью длительности операций такту (ритму) линии.

Выравнивание продолжительности выполнения операций по отношению к расчётному такту (ритму) называется синхронизацией операций.

Так как на радиоэлектронных предприятиях большинство сборочных и монтажных операций выполняется вручную, то проектирование технологических операций по времени равными или кратными расчётному такту является сравнительно несложным процессом. Синхронизация процесса осуществляется путём распределения работ (расчленения или укрупнения операций) между рабочими местами.

Расчётное количество рабочих мест на поточной линии устанавливается на основе синхронизированного технологического процесса для каждой операции и по всей линии в целом.

Так как на отдельных операциях ввиду их значительной продолжительности имеются параллельные рабочие места (места-дублиеры), устанавливают систему адресования на линии, обеспечивающую правильное распределение предметов труда по рабочим местам. Это достигается путём деления ленты конвейера на отдельные части, каждая из которых адресует предмет к определённому рабочему месту. Благодаря этому достигается равномерная загрузка рабочих мест и поддерживается регламентация ритма работы.

Разметка конвейера осуществляется по его периоду –  $\Pi$ , который определяется как наименьшее общее кратное (НОК) всех чисел параллельных рабочих мест по операциям:  $\Pi = \text{НОК} [C_1, C_2, \dots, C_n]$ .

Период конвейера означает, что через каждую группу предметов, равную периоду  $\Pi$ , порядок следования предметов труда на линии будет повторяться. Если ленту конвейера разделить на части по числу периодов, пронумеровать каждую часть и закрепить определённые номера за каждым рабочим местом, можно обеспечить равномерное распределение предметов труда по операциям.

При разметке ленты конвейера нужно принимать во внимание следующее:

- одно деление разметки ленты конвейера равно шагу конвейера ( $l_{\text{пр}}$ );
- число повторений периода на общей длине ленты конвейера должно быть целым.

В процессе работы линии рабочий снимает очередное изделие с подходящего к нему участка ленты, маркированного за ним номером (индексом), и помещает взамен другой экземпляр изделия, над которым данная операция уже произведена.

Предметы труда на конвейере устанавливаются на равных расстояниях друг от друга, называемых шагом конвейера.

Величина шага зависит от габаритов изделия и рабочих мест, от расстояния между ними. При расчёте скорости движения и длины конвейера необходимо принимать во внимание способ расположения рабочих мест по отношению к ленте конвейера – одностороннее расположение рабочих мест или двухстороннее в «шахматном порядке».

Расстояние между смежно расположенными предметами на линии ( $l_{\text{пр}}$ ), равное шагу конвейера, можно принять:

- при одностороннем расположении рабочих мест – 1,2–1,5 м;
- при двухстороннем – 0,6–0,8 м.

Скорость движения конвейера однозначно связана с шагом конвейера и тактом (ритмом). Для ленточных распределительных конвейеров скорость движения колеблется в пределах 0,5–2 м/мин.

Длительность производственного цикла на поточной линии, включающая время от момента поступления предмета труда на линию до выхода с неё готового изделия, определяется графически и аналитически.

Одним из важных факторов, влияющих на организацию бесперебойной работы на поточной линии, является создание необходимых внутрилинейных заделов на линии. На ОНПЛ различают заделы трёх видов: технологический, транспортный и резервный.

Технологический задел ( $Z_{\text{техн}}$ ) представляет собой предметы, находящиеся на рабочих местах поточной линии.

Транспортный задел ( $Z_{\text{тр}}$ ) – те предметы, которые в каждый данный момент времени находятся на конвейере в транспортировке.

Резервный задел ( $Z_{\text{рез}}$ ) создаётся на наиболее ответственных и нестабильных операциях, на контрольных пунктах. Необходимость образования этого вида внутрилинейного задела вызвана тем, что на поточной линии в процессе работы на отдельных рабочих местах могут быть опоздания с выполнением данной операции за регламентированное время равное такту (ритму). Такие случаи оказываются наиболее частыми для рабочих мест, где коэффициент их загрузки находится в максимально допустимых пределах. Очевидно, что опоздание с выполнением операции на данном рабочем месте неизбежно приводит к вынужденному простоя последующих рабочих мест на линии. Случаи простоя могут быть и при возникновении брака. Для ликвидации подобных явлений и создаются резервные заделы, величина которых определяется вероятностными расчётами и составляет не более 4–12 % сменного выпуска.

Такт (ритм) выпуска изделий ( $r_{\text{н.л}}$ ;  $R_{\text{н.л}}$ ) определяются по формулам:

$$r_{\text{н.л}} = \frac{F_3}{N_3}, \text{ мин/шт.}; \quad R_{\text{н.л}} = r_{\text{н.л}} \cdot p, \quad (7.1)$$

где  $N_3$  – программа выпуска (запуска) изделий на плановый период, шт.;

$F_3$  – эффективный фонд времени работы линии на плановый период;

$p$  – размер транспортной партии, шт.

Расчёт необходимого количества единиц оборудования (рабочих мест) для ОНПЛ по данной операции производится по формуле

$$C_{\text{р.}i} = \frac{t'_{\text{шт.}i}}{r_{\text{н.л}}} \text{ шт.}, \quad (7.2)$$

где  $t'_{\text{шт.}i}$  – норма штучного времени на данной  $i$ -й операции с учётом коэффициента выполнения норм, мин;

$r_{\text{н.л}}$  – такт (поштучный ритм) поточной линии, мин/шт.

Число рабочих мест на поточной линии определяется по формуле

$$C_{\text{л}} = \sum_{i=1}^m C_{\text{пр.}i}. \quad (7.3)$$

Коэффициент загрузки рабочих мест (оборудования) на каждой  $i$ -й операции определяется по формуле

$$K_3 = \frac{C_{p.i}}{C_{пр.i}}, \quad (7.4)$$

где  $C_{p.i}$  – расчётное количество рабочих мест (единиц оборудования) на  $i$ -й операции;

$C_{пр.i}$  – принятое количество рабочих мест (единиц оборудования) на  $i$ -й операции.

Средний коэффициент загрузки рабочих мест по поточной линии определяется по формуле

$$K_{з.ср} = \frac{\sum_{i=1}^m C_{p.i}}{\sum_{i=1}^m C_{пр.i}}. \quad (7.5)$$

Скорость непрерывно движущихся конвейеров (для выполнения операций предметы труда снимаются с ленты) определяется по формуле

$$V_{н.л} = \frac{l_{пр}}{r_{н.л}} \text{ м/мин}, \quad (7.6)$$

где  $l_{пр}$  – шаг конвейера (расстояние между осями смежно-расположенных на конвейере предметов труда), зависит от габаритов изделия, м;

$r_{н.л}$  – такт поточной линии, мин/шт.

Рабочая длина ленты распределительного конвейера определяется по формуле

$$L_p = \sum_{i=1}^m C_{пр.i} l_{пр} \text{ м}, \quad (7.7)$$

где  $C_{пр.i}$  – принятое количество рабочих мест на  $i$ -й операции;

$l_{пр}$  – шаг конвейера, м.

Полная длина ленты конвейера определяется по формуле

$$L_{п} = 2L_p + \pi D \leq K\Pi_{пр} \text{ м}, \quad (7.8)$$

где  $\pi$  – постоянное число, равное 3,14;

$D$  – диаметр натяжного и приводного барабанов, м;

$\Pi$  – период конвейера;

$K$  – число повторений периода в полной длине ленты конвейера (всегда целое число).

Число повторений периода в ленте конвейера определяется по формуле

$$K = \frac{L_{п}}{\Pi_{пр}}. \quad (7.9)$$

Если оба условия не удовлетворяются, то корректируется шаг конвейера ( $l_{пр}$ ).

Часовая производительность конвейера ( $\rho$ , шт./ч и  $q$ , кг/ч) определяется по формулам:

$$\rho = \frac{1 \cdot 60}{r_{н.л}}; \quad q = \rho \cdot Q, \quad (7.10)$$

где  $Q$  – масса единицы изделия, изготавливаемого на ОНПЛ, кг.

Мощность приводного двигателя конвейера ( $P_{уст.к}$ ) определяется по формуле

$$P_{уст.к} = 0,736 \cdot 1,2 \left( \frac{0,16 \cdot L_{п} \cdot V_{н.л} \cdot Q_{к}}{36} + \frac{0,16 \cdot L_{п} \cdot q}{270} \right), \text{ кВт}, \quad (7.11)$$

где  $Q_{к}$  – масса ленты конвейера (в расчёте можно принять в пределах 4–8 кг/м).

Производственный цикл – отрезок времени от поступления предмета труда на первую операцию поточной линии до выхода с неё. Определяется длительность производственного цикла аналитическим способом по формулам в зависимости от движения предмета труда перед первой и после последней операций.

Если обработка изделия начинается непосредственно с первого рабочего места без лишнего интервала движения после последней операции, длительность цикла определяется по формуле

$$t_{ц} = (2C_{л} - 1)r_{н.л} \text{ мин.} \quad (7.12)$$

Если имеет место движение предмета перед первой операцией или после последней, длительность цикла определяется по формуле

$$t_{ц} = 2C_{л}r_{н.л} \text{ мин.} \quad (7.13)$$

Если движение предмета после его последней операции продолжается, длительность цикла определяется по формуле

$$t_{ц} = (2C_{л} + 1)r_{н.л} \text{ мин.} \quad (7.14)$$

На ОНПЛ создаются заделы трёх видов: технологический, транспортный, резервный (страховой).

Технологический задел соответствует тому числу изделий, которое в каждый данный момент времени находится в процессе обработки на рабочих местах. При поштучной передаче изделий он соответствует числу рабочих мест и определяется по формуле

$$Z_{техн} = C_{л} \text{ шт.} \quad (7.15)$$

Транспортный задел – количество изделий, которое в каждый данный момент находится на конвейере в процессе транспортировки. При поштучной передаче изделий задел равен

$$Z_{тр} = C_{л} - 1 \text{ шт.} \quad (7.16)$$

Резервный задел создаётся на линиях на наиболее ответственных и нестабильных по времени выполнения операциях, а также на контрольных пунктах. Величина задела определяется по формуле

$$Z_{\text{рез}} = \frac{t_{\text{рез}}}{r_{\text{н.л}}} \text{ шт.}, \quad (7.17)$$

где  $t_{\text{рез}}$  – время, на которое создаётся резервный запас предметов труда, мин.

Для установок и оборудования поточной линии, которые могут выйти из строя,  $t_{\text{рез}}$  можно принять на этих рабочих местах равной 4–5 % сменного задания.

Общая величина задела на ОНПЛ определяется по формуле

$$Z_{\text{об}} = Z_{\text{техн}} + Z_{\text{тр}} + Z_{\text{рез}} \text{ шт.} \quad (7.18)$$

Величина незавершённого производства на ОНПЛ в нормо-часах (без учёта затрат труда в предыдущих цехах) определяется по формуле

$$H_{\text{в}} = Z_{\text{об}} \cdot \frac{\sum_{i=1}^m t_{\text{шт.}i}}{2}. \quad (7.19)$$

#### 7.4. Пример расчёта КПН и построения стандарт-плана ОНПЛ

На участке производится сборка платы. Технологический процесс (существующий) не синхронизированный, нормы времени выполнения операций и технологический процесс после проведения синхронизации представлены соответственно в табл. 7.1 и 7.2.

Таблица 7.1

Технологический процесс сборки платы до проведения синхронизации

| Номер опер. | Содержание операции   | Норма штучного времени ( $t_{\text{шт}}$ ), мин |
|-------------|---|---|
| 1           | 2   | 3   |
| 1           | Клеммы 1–4 уложить на плату, закрепить, запаять, промыть                          | 0,50  |
| 2           | Клеммы 5–8 уложить на плату, закрепить, запаять, промыть                          | 0,50  |
| 3           | Сопротивление $P15$ установить на плату, загнуть выводы, запаять, промыть         | 0,91  |
| 4           | Сопротивления $P10$ и $P1$ установить на плату, отогнуть выводы, запаять, промыть | 1,10  |
| 5           | Трансформатор ТР-1 установить на плату, загнуть выводы, запаять, промыть          | 1,10  |

Окончание табл. 7.1

| 1            | 2   | 3           |
|--------------|---|-------------|
| 6            | Трансформатор ТР-2 установить на плату, загнуть выводы, запаять, промыть            | 1,10        |
| 7            | Конденсатор С7 установить на плату, закрепить, загнуть выводы, запаять, промыть     | 0,85        |
| 8            | Провод 3, конденсаторы С1 и С5 закрепить на плате, загнуть выводы, запаять, промыть | 1,50        |
| 9            | Диод Д1 закрепить на плате  | 0,50        |
| 10           | Конденсатор С3 установить на плату, закрепить, залудить выводы, запаять, промыть    | 1,00        |
| <b>Итого</b> |   | <b>9,06</b> |

Таблица 7.2

Технологический процесс сборки платы после проведения синхронизации

| Номер опер.  | Содержание операции   | Норма штучного времени ( $t_{шт}$ ), мин |
|--------------|---|--|
| 1            | Клеммы 1–8 уложить на плату, закрепить, запаять, промыть  | 1,00                                     |
| 2            | Соппротивления Р15, Р10 и Р1 установить на плату, загнуть выводы, запаять, промыть                          | 2,01                                     |
| 3            | Трансформаторы ТР-1, ТР-2 и конденсатор С7 установить на плату, закрепить, загнуть выводы, запаять, промыть | 3,05                                     |
| 4            | Провод 3, конденсаторы С1 и С5, диод Д1 закрепить на плате, загнуть выводы, запаять, промыть                | 2,00                                     |
| 5            | Конденсатор С3 установить на плату, закрепить, залудить выводы, запаять, промыть                            | 1,00                                     |
| <b>Итого</b> |   | <b>9,06</b>                              |

Месячная программа  $N_b = 18\ 000$  шт.; количество рабочих дней в месяце  $D_p = 21$  день; режим работы участка сборки изделий  $K_{см} = 2$  смены; масса изделия  $Q = 0,15$  кг; потери рабочего времени на проведение ремонтных работ, обслуживание и настройку оборудования, а также на регламентированные перерывы ( $a_p$  и  $a_n$ ) составляют 10,7 % от номинального фонда времени; коэффициент выполнения норм времени на всех операциях  $K_b = 1$ ; исходный шаг ленты конвейера  $l_{пр} = 1,1$  м; диаметр натяжного и приводного барабанов  $D = 0,35$  м; масса ленты конвейера  $Q_k = 4$  кг/м; время, на которое создается резервный запас предметов труда, ( $t_{рез}$ ) принять равной 4 % сменного задания.

1. Определение эффективного фонда времени работы участка за месяц

$$F_3 = F_n \cdot K_{см} \left( 1 - \frac{a_p + a_{п}}{100} \right) = 21 \cdot 8 \cdot 2 \left( 1 - \frac{10,7}{100} \right) = 300 \text{ ч.}$$

2. Определение такта поточной линии (формула (7.1))

$$r_{н.л} = \frac{300 \cdot 60}{18000} = 1 \text{ мин/шт.}$$

3. Определение количества рабочих мест на линии и коэффициента их загрузки. Расчёт ведётся по формулам (7.2), (7.3), (7.4) и (7.5), в табличной форме (табл. 7.3).

Таблица 7.3

Расчёт количества и коэффициента загрузки рабочих мест на линии

| Номер операции | Норма штучного времени ( $t_{шт}$ ), мин | Коэффициент выполнения норм времени ( $K_v$ ) | Норма штучного времени с учётом $K_v$ , мин | Такт поточной линии ( $r_{н.л}$ ), мин/шт. | Количество рабочих мест |                       | Коэффициент загрузки рабочих мест |
|----------------|--|---|---|--|-------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
|                |  |   |   |  | Расчётное ( $C_p$ )     | Принятое ( $C_{пр}$ ) |                                   |
| 1              | 1,00                                     | 1,00  | 1,00  | 1  | 1,00                    | 1                     | 1,000                             |
| 2              | 2,01                                     | 1,00  | 2,01  | 1  | 2,01                    | 2                     | 1,005                             |
| 3              | 3,05                                     | 1,00  | 3,05  | 1  | 3,05                    | 3                     | 1,015                             |
| 4              | 2,00                                     | 1,00  | 2,00  | 1  | 2,00                    | 2                     | 1,000                             |
| 5              | 1,00                                     | 1,00  | 1,00  | 1  | 1,00                    | 1                     | 1,000                             |
| <b>Итого</b>   | <b>9,06</b>                              | <b>1,00</b>                                   | <b>9,06</b>                                 | –  | <b>9,06</b>             | <b>9</b>              | <b>1,007</b>                      |

4. Определение периода конвейера и системы адресования.

Исходя из расчёта количества рабочих мест по операциям и по линии в целом:

$$C_1 = 1; C_2 = 2; C_3 = 3; C_4 = 2; C_5 = 1.$$

Период конвейера составит величину

$$\Pi = \text{НОК}[1,2,3,2,1] = 6.$$

Определив период конвейера ( $\Pi = \text{НОК}$ ), производят разметку ленты конвейера по периоду путём нанесения на неё цифровых индексов следующим образом (рис. 7.1).



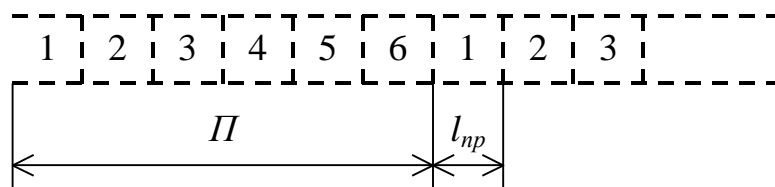


Рис. 7.1. Разметка ленты конвейера

На основании такой разметки осуществляется закрепление номеров за рабочими местами (табл. 7.4).

Таблица 7.4  
Закрепление номеров за рабочими местами

| Номер операции | Число рабочих мест на операции | Номера рабочих мест | Последовательность закреплённых знаков за каждым рабочим местом |
|----------------|--------------------------------|---------------------|---|
| 1              | 1                              | 1                   | 1, 2, 3, 4, 5, 6  |
| 2              | 2                              | 2                   | 1, 3, 5   |
|                |                                | 3                   | 2, 4, 6   |
| 3              | 3                              | 4                   | 1, 4  |
|                |                                | 5                   | 2, 5  |
|                |                                | 6                   | 3, 6  |
| 4              | 2                              | 7                   | 1, 3, 5   |
|                |                                | 8                   | 2, 4, 6   |
| 5              | 1                              | 9                   | 1, 2, 3, 4, 5, 6  |

Схема взаимосвязи рабочих мест в процессе работы на линии показана на рис. 7.2.

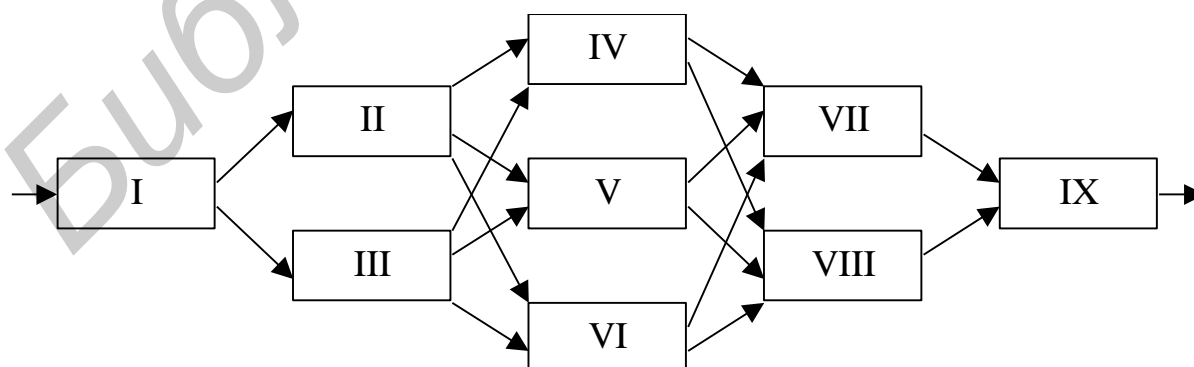


Рис. 7.2. Схема взаимосвязи рабочих мест на линии

5. Определение рабочей длины ленты конвейера (формула (7.7))

$$L_p = 1,1 \cdot 9 = 9,9 \text{ м.}$$

6. Определение полной длины ленты конвейера (формула (7.8))

$$L_{\text{п}} = 2 \cdot 9,9 + 3,14 \cdot 0,35 = 20,899 \text{ м.}$$

В ленте должно укладываться целое число периодов, поэтому необходимо определить число повторений периода в полной длине ленты (формула (7.9))

$$K = \frac{20,899}{1,1 \cdot 6} = 3,17 \text{ (принимаем } K = 3),$$

тогда полная длина ленты составит:

$$L_{\text{п}} = 3 \cdot 6 \cdot 1,1 = 19,8 \text{ м.}$$

Поскольку условие (7.8) не соблюдается, необходимо скорректировать шаг конвейера:

$$19,8 = 2 \cdot 9 \cdot l_{\text{пр}} + 3,14 \cdot 0,35;$$
$$l_{\text{пр}} = \frac{19,8 - 3,14 \cdot 0,35}{2 \cdot 9} = 1,04 \text{ м.}$$

7. Определение скорости движения конвейера (формула (7.6))

$$V_{\text{н.л}} = \frac{1,04}{1} = 1,04 \text{ м/мин.}$$

8. Определение часовой производительности конвейера (формула (7.10), шт./ч, кг/ч)

$$\rho = \frac{1}{1} \cdot 60 = 60 \text{ шт./ч;}$$
$$q = 60 \cdot 0,15 = 9 \text{ кг/ч.}$$

9. Определение мощности двигателя конвейера (формула (7.11))

$$P_{\text{уст}} = 0,736 \cdot 1,2 \left( \frac{0,16 \cdot 19,8 \cdot 1,04 \cdot 4}{36} + \frac{0,16 \cdot 19,8 \cdot 9}{270} \right) = 0,42 \text{ кВт.}$$

10. Определение заделов на ОНПЛ (формулы (7.15), (7.16), (7.17), (7.18))

$$Z_{\text{техн}} = 9 \text{ шт.}; \quad Z_{\text{тр}} = 9 - 1 = 8 \text{ шт.}; \quad Z_{\text{рез}} = \frac{18000 \cdot 4}{21 \cdot 2 \cdot 100} = 17 \text{ шт.}$$

$$Z_{\text{об}} = 9 + 8 + 17 = 34 \text{ шт.}$$

11. Определение величины незавершённого производства (формула (7.19))

$$H_{\text{в}} = 34 \cdot \frac{9,06}{2 \cdot 60} = 2,57 \text{ ч.}$$

12. Определение длительности производственного цикла (формула (7.12))

$$t_{ц} = (2 \cdot 9 - 1) \cdot 1 = 17 \text{ мин.}$$

Графически расчёт длительности производственного цикла представлен на рис. 7.3. В данном случае сборка изделия начинается непосредственно с первого рабочего места без лишнего интервала движения и заканчивается на последнем рабочем месте, что соответствует формуле (7.12).

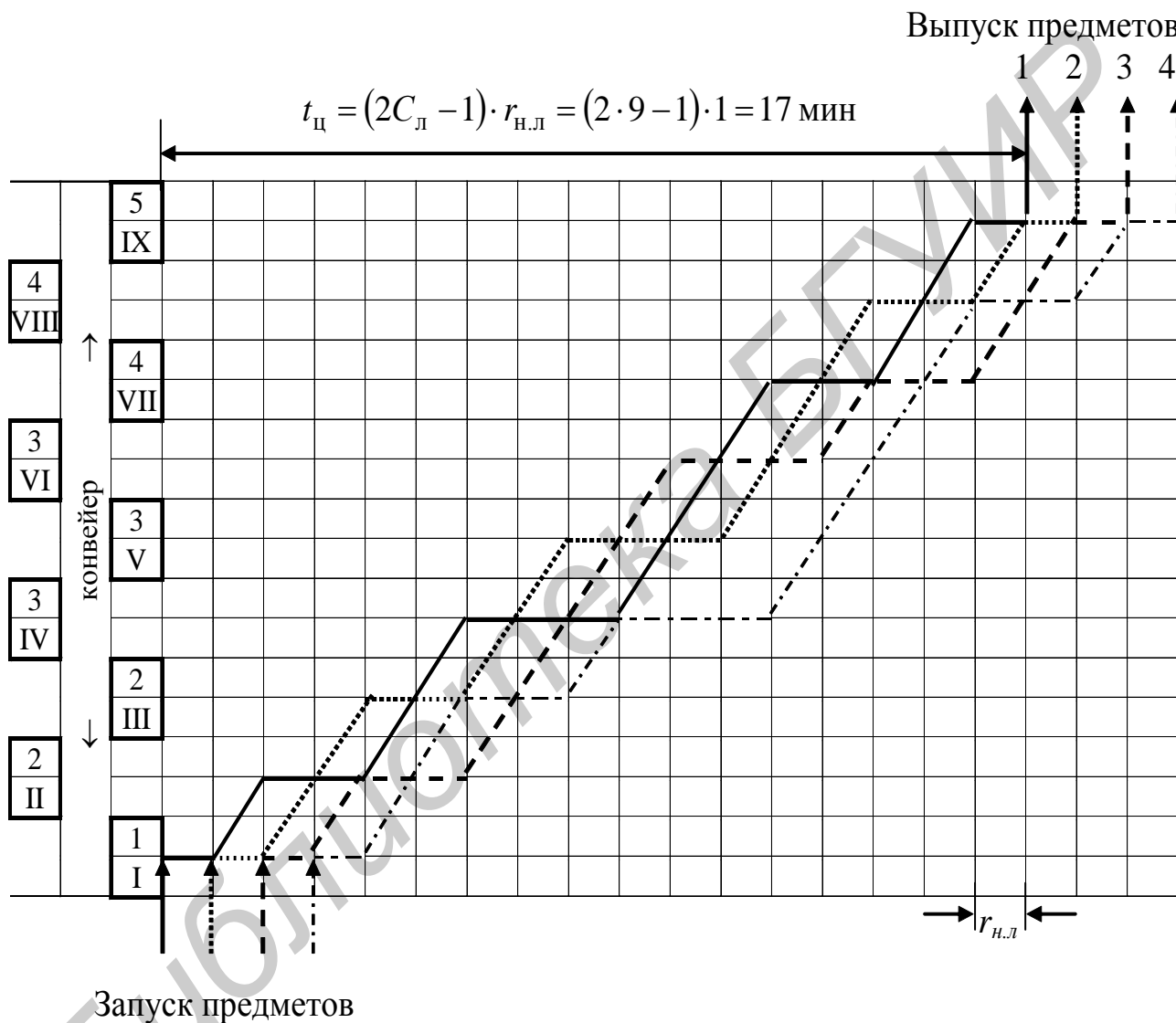


Рис. 7.3. График поточного процесса на ОНПЛ с распределительным конвейером:

- — изготовление первого изделия;
- ..... — изготовление второго изделия;
- — изготовление третьего изделия;
- · - · - · — изготовление четвертого изделия.

После построения графика поточного процесса и определения длительности производственного цикла рассчитываются все внутрилинейные заделы на поточной линии.

### 7.5. Контрольные вопросы и задания

1. В чём сущность и основные признаки организации поточного производства?
2. Как осуществляется выбор и обоснование вида поточной линии?
3. Понятие о синхронизации производственного процесса.
4. Особенности организации однопредметной непрерывно-поточной линии.
5. Поясните методику расчёта КПН ОНПЛ.
6. Поясните понятие «заделы на ОНПЛ».
7. Поясните порядок расчёта незавершённого производства на ОНПЛ.
8. Поясните методику расчёта длительности производственного цикла аналитическим и графическим методами.

### 7.6. Варианты заданий

#### Вариант 1

Таблица 7.5

Технологический процесс сборки и монтажа платы генератора

| Существующий технологический процесс |  |  |
|--------------------------------------|--|--|
| Номер опер.                          | Содержание операции                            | Норма штучного времени ( $t_{шт}$ ), мин |
| 1                                    | Запаять внешние выводы                         | 1,82                                     |
| 2                                    | Установить и запаять конденсаторы С1, С2, С3   | 1,38                                     |
| 3                                    | Установить и запаять Д1, Д2, Р1, Р2            | 1,60                                     |
| 4                                    | Установить и запаять Д3, Д4, Р3, Р4            | 1,60                                     |
| 5                                    | Установить и запаять Р5, Р6, Р7                | 1,60                                     |
| 6                                    | Установить и запаять С4, С5, С6                | 1,60                                     |
| 7                                    | Установить и запаять Р6, Р9, Р10               | 1,60                                     |
| 8                                    | Установить и запаять С7, С8, С9                | 1,60                                     |
| 9                                    | Установить и запаять Р11, Р12, Р13             | 1,60                                     |
| 10                                   | Установить и запаять Т1, Т2                    | 1,00                                     |
| 11                                   | Установить и запаять Р14, Р15, Р16, Р17, Р18   | 0,50                                     |
| 12                                   | Установить и запаять Т3, Т4, Т5, Р19, Р20, Р21 | 1,75                                     |
| <b>Итого</b>                         |  | <b>17,65</b>                             |

$$N_{см} = 300 \text{ шт.}, T_{см} = 480 \text{ мин}, Q = 0,96 \text{ кг.}$$

## Вариант 2

Таблица 7.6

Технологический процесс сборки усилителя промежуточной частоты

| <b>Существующий технологический процесс</b> |   |  |
|---|---|--|
| <b>Номер опер.</b>                          | <b>Содержание операции</b>                                      | <b>Норма штучного времени (<math>t_{шт}</math>), мин</b> |
| 1   | Установить на плату контрольные штыри                           | 1,20   |
| 2   | Установить лепестки на панель                                   | 1,67   |
| 3   | Укрепить панель на плате  | 0,73   |
| 4   | Установить клеммы 1, 3, 5                                       | 1,65   |
| 5   | Установить клеммы 2, 4, 6, 10                                   | 1,95   |
| 6   | Установить клеммы 7, 8, 9                                       | 1,20   |
| 7   | Установить на плату элементы R228, C201, C202, R201             | 1,20   |
| 8   | Установить на плату элементы R202, C203, C205                   | 1,20   |
| 9   | Установить на плату элементы C204, R204, C206, R206             | 1,20   |
| 10  | Установить на плату элементы C207, C208, R105, Д201             | 1,20   |
| 11  | Установить на плату элементы R207, C209, C202, R209, C210, C257 | 2,40   |
| 12  | Установить элементы R211, C212, C213, C214                      | 1,20   |
| 13  | Запаять элементы  | 1,20   |
| 14  | Очистить, промыть и осушить плату                               | 1,20   |
| <b>Итого</b>                                |   | <b>19,20</b>   |

$N_{см} = 400$  шт.,  $T_{см} = 480$  мин,  $Q = 1,5$  кг.

## Вариант 3

Таблица 7.7

Технологический процесс сборки электронных часов

| <b>Существующий технологический процесс</b> |   |  |
|---|---|--|
| <b>Номер опер.</b>                          | <b>Содержание операции</b>                                | <b>Норма штучного времени (<math>t_{шт}</math>), мин</b> |
| <b>1</b>                                    | <b>2</b>  | <b>3</b>   |
| 1   | Обработать плату спиртом                                  | 1,00   |
| 2   | Наклеить две поролоновые прокладки                        | 0,49   |
| 3   | Произвести монтаж двух контактов                          | 0,51   |
| 4   | Собрать плату в стакан и произвести монтаж двух контактов | 0,82   |

Окончание табл. 7.7

| 1            | 2  | 3            |
|--------------|--|--------------|
| 5            | Проверить внешний вид                                  | 0,18         |
| 6            | Маркировать стакан                                     | 1,00         |
| 7            | Произвести посадку кристаллов                          | 2,00         |
| 8            | Произвести разварку выводов золотой проволокой         | 1,53         |
| 9            | Проверить прочность сварочных соединений               | 0,30         |
| 10           | Произвести контроль внешнего вида разварных соединений | 0,17         |
| 11           | Произвести контроль внешнего вида                      | 1,00         |
| 12           | Проверить функционирование электронного блока          | 2,00         |
| 13           | Проверить диапазон настройки частот                    | 1,00         |
| 14           | Произвести защиту кристаллов лаком                     | 0,42         |
| 15           | Установить стекло                                      | 0,58         |
| 16           | Установить элементы питания и прижимов                 | 1,00         |
| <b>Итого</b> |  | <b>14,00</b> |

$N_{\text{см}} = 480$  шт.,  $T_{\text{см}} = 480$  мин,  $Q = 0,035$  кг.

#### Вариант 4

Таблица 7.8

Технологический процесс сборки и монтажа платы блока ВЧ-ПЧ

| Существующий технологический процесс |  |   |
|--------------------------------------|--|---|
| Номер опер.                          | Содержание операции  | Норма штучного времени ( $t_{\text{шт}}$ ), мин |
| 1                                    | 2  | 3   |
| 1                                    | Установить плату в лодочку   | 0,60  |
| 2                                    | Взять 20 резисторов и установить их в отверстия согласно чертежу           | 1,20  |
| 3                                    | Взять 10 резисторов и установить их в отверстия согласно чертежу           | 0,60  |
| 4                                    | Взять 13 резисторов и 1 конденсатор, установить в отверстия платы          | 1,20  |
| 5                                    | Взять 2 конденсатора и 2 транзистора, установить в отверстия               | 0,30  |
| 6                                    | То же (для других конденсаторов и транзисторов)                            | 0,30  |
| 7                                    | Взять транзисторы, стабилитрон и 10 конденсаторов и установить в отверстия | 0,60  |

| 1            | 2  | 3            |
|--------------|--|--------------|
| 8            | Взять дроссель, конденсаторы, транзистор и установить на плату | 1,80         |
| 9            | Установить диоды и конденсаторы на плату                       | 1,20         |
| 10           | Взять трансформаторы и установить на плату                     | 1,20         |
| 11           | Поправить радиоэлементы на плате                               | 0,61         |
| 12           | Произвести пайку на установке «Волна»                          | 0,59         |
| <b>Итого</b> |  | <b>10,20</b> |

$$N_{\text{см}} = 800 \text{ шт.}, T_{\text{см}} = 480 \text{ мин}, Q = 0,48 \text{ кг.}$$

### Вариант 5

Таблица 7.9

Технологический процесс сборки платы блока  
широотно-импульсного модулятора

| Существующий технологический процесс |   |   |
|--------------------------------------|---|---|
| Номер опер.                          | Содержание операции   | Норма штучного времени ( $t_{\text{шт}}$ ), мин |
| 1                                    | Запрессовать в плату 12 выводов                               | 1,20  |
| 2                                    | Установить на плату 6 держателей и расклепать                 | 1,10  |
| 3                                    | Установить в отверстия 13 резисторов и концы выводов отогнуть | 1,30  |
| 4                                    | Установить 2 транзистора, одеть трубку и отогнуть концы       | 1,20  |
| 5                                    | Установить транзисторы, одеть выводы, отогнуть их             | 1,00  |
| 6                                    | Установить 4 конденсатора и 5 диодов                          | 1,40  |
| 7                                    | Установить 6 резисторов и 2 дросселя, надеть на выводы шайб   | 2,56  |
| 8                                    | Установить 4 конденсатора                                     | 1,04  |
| 9                                    | Установить 5 перемычек и 1 трансформатор                      | 1,20  |
| 10                                   | Произвести пайку платы окунанием через трафарет               | 1,20  |
| 11                                   | Установить транзистор с радиатором и 3 резистора              | 2,40  |
| 12                                   | Распаять 2 транзистора, надев предварительно на выводы трубку | 1,20  |
| 13                                   | Проверить качество паек, очистить, промыть и просушить плату  | 2,40  |
| <b>Итого</b>                         |   | <b>19,20</b>                                    |

$$N_{\text{см}} = 400 \text{ шт.}, T_{\text{см}} = 480 \text{ мин}, Q = 0,32 \text{ кг.}$$

## Вариант 6

Таблица 7.10

Технологический процесс сборки блока ВЧ-ПЧ

| <b>Существующий технологический процесс</b> |   |  |
|---|---|--|
| <b>Номер опер.</b>                          | <b>Содержание операции</b>  | <b>Норма штучного времени (<math>t_{шт}</math>), мин</b> |
| 1   | Взять клемму 1, положить на плату, закрепить, запаять, промыть                          | 0,25   |
| 2   | Взять клеммы 2–4, положить на плату, закрепить, запаять, промыть                        | 0,75   |
| 3   | Взять клеммы 5–8, положить на плату, закрепить, запаять, промыть                        | 1,00   |
| 4   | Взять сопротивление R15, установить на плату, загнуть выводы, запаять, промыть          | 0,90   |
| 5   | Взять сопротивления R1, R10, провод 2, вставить в отверстия, отогнуть, запаять, промыть | 1,10   |
| 6   | Трансформатор ТР-1 установить на плату, загнуть концы, запаять выводы, промыть          | 1,10   |
| 7   | Трансформатор ТР-2 установить на плату, загнуть концы, запаять выводы, промыть          | 1,10   |
| 8   | Конденсатор С7 установить на плату, закрепить, запаять                                  | 0,80   |
| 9   | Взять провод 3, конденсатор С5, диод Д1, закрепить выводы в отверстия, загнуть          | 2,00   |
| 10  | Установить на плату конденсатор С1, загнуть концы, запаять, профлюсовать                | 0,85   |
| 11  | Клеммы 8–12 закрепить, залудить, промыть  | 1,15   |
| 12  | Конденсатор С3 установить на плату, закрепить, залудить, промыть                        | 1,00   |
| <b>Итого</b>                                |   | <b>12,00</b>   |

$N_{см} = 480$  шт.,  $T_{см} = 480$  мин,  $Q = 0,56$  кг.



### Вариант 7

Таблица 7.11

Технологический процесс сборки электромагнита

| <b>Существующий технологический процесс</b> |   |  |
|---|---|--|
| <b>Номер опер.</b>                          | <b>Содержание операции</b>  | <b>Норма штучного времени (<math>t_{шт}</math>), мин</b> |
| 1   | Установить плату и прокладку на поверхность корпуса, совместить отверстия | 0,63   |
| 2   | Закрепить планку и прокладку винтами                                      | 0,37   |
| 3   | Установить катушку в корпусе, вставить выводы катушки в отверстия корпуса | 0,50   |
| 4   | Ввернуть крышку в резьбовые отверстия корпуса                             | 0,22   |
| 5   | Вставить якорь в отверстие катушки  | 0,28   |
| 6   | Запрессовать штифт в отверстие корпуса                                    | 1,00   |
| 7   | Снять с концов выводов катушки изоляцию на длину 8–10 мм обжигом          | 0,50   |
| 8   | Зачистить концы выводов   | 0,50   |
| 9   | Нанести флюс, залудить концы выводов                                      | 1,00   |
| 10  | Механически закрепить выводы на стойках планки                            | 1,50   |
| 11  | Нанести флюс и запаять выводы   | 1,02   |
| 12  | Удалить остатки флюса спиртом   | 0,48   |
| <b>Итого</b>                                |   | <b>8,00</b>  |

$$N_{см} = 960 \text{ шт.}, T_{см} = 480 \text{ мин}, Q = 0,51 \text{ кг.}$$

### Вариант 8

Таблица 7.12

Технологический процесс сборки блока ВЧ-ПЧ

| <b>Существующий технологический процесс</b> |  |  |
|---|--|--|
| <b>Номер опер.</b>                          | <b>Содержание операции</b>                                       | <b>Норма штучного времени (<math>t_{шт}</math>), мин</b> |
| <b>1</b>                                    | <b>2</b>   | <b>3</b>   |
| 1   | Взять клемму 1, положить на плату, закрепить, запаять, промыть   | 0,2  |
| 2   | Взять клеммы 2–4, положить на плату, закрепить, запаять, промыть | 0,7  |
| 3   | Взять клеммы 5–8, положить на плату, закрепить, запаять, промыть | 0,7  |

Окончание табл. 7.12

| 1            | 2   | 3          |
|--------------|---|------------|
| 4            | Взять сопротивление R15, установить на плату, загнуть выводы, запаять, промыть          | 0,6        |
| 5            | Взять сопротивления R1, R10, провод 2, вставить в отверстия, отогнуть, запаять, промыть | 1,0        |
| 6            | Трансформатор ТР-1 установить на плату, загнуть концы, запаять выводы, промыть          | 0,8        |
| 7            | Трансформатор ТР-2 установить на плату, загнуть концы, запаять выводы, промыть          | 0,8        |
| 8            | Конденсатор С7 установить на плату, закрепить, запаять                                  | 0,7        |
| 9            | Взять провод 3, конденсатор С5, диод Д17, закрепить выводы в отверстия, загнуть         | 1,7        |
| 10           | Установить на плату конденсатор С1, загнуть концы, запаять, профлюсовать                | 0,8        |
| 11           | Клеммы 8–12 закрепить, залудить, промыть  | 1,0        |
| 12           | Конденсатор С3 установить на плату, закрепить, залудить, промыть                        | 0,6        |
| <b>Итого</b> |   | <b>9,6</b> |

 $N_{\text{см}} = 600 \text{ шт.}, T_{\text{см}} = 480 \text{ мин}, Q = 0,44 \text{ кг.}$ 

### Вариант 9

Таблица 7.13

Технологический процесс сборки и монтажа платы блока ВЧ-ПЧ

| Существующий технологический процесс |   |   |
|--------------------------------------|---|---|
| Номер опер.                          | Содержание операции   | Норма штучного времени ( $t_{\text{шт}}$ ), мин |
| 1                                    | 2   | 3   |
| 1                                    | Установить плату в лодочку  | 0,50  |
| 2                                    | Взять 20 резисторов и установить их в отверстия согласно чертежу  | 1,42  |
| 3                                    | Взять 10 резисторов и установить их в отверстия согласно чертежу  | 0,96  |
| 4                                    | Взять 13 резисторов и 1 конденсатор, установить в отверстия платы | 0,96  |
| 5                                    | Взять 2 конденсатора и 2 транзистора, установить в отверстия      | 0,24  |
| 6                                    | То же (для других конденсаторов и транзисторов)                   | 0,24  |

Окончание табл. 7.13

| 1            | 2   | 3           |
|--------------|---|-------------|
| 7            | Взять транзисторы, стабилитрон и 10 конденсаторов, установить в отверстия | 0,48        |
| 8            | Взять дроссель, конденсаторы, транзистор и установить на плату            | 1,92        |
| 9            | Установить диоды и конденсаторы на плату                                  | 0,96        |
| 10           | Взять трансформаторы и установить на плату                                | 0,96        |
| 11           | Поправить радиоэлементы на плате  | 0,48        |
| 12           | Произвести пайку на установке «Волна»                                     | 0,48        |
| <b>Итого</b> |   | <b>9,60</b> |

$N_{см} = 500$  шт.,  $T_{см} = 480$  мин,  $Q = 0,38$  кг.

### Вариант 10

Таблица 7.14

Технологический процесс сборки блока ВЧ-ПЧ

| Существующий технологический процесс |   |  |
|--------------------------------------|---|--|
| Номер опер.                          | Содержание операции   | Норма штучного времени ( $t_{шт}$ ), мин |
| 1                                    | Взять клемму 1, положить на плату, закрепить, запаять, промыть                          | 0,5                                      |
| 2                                    | Взять клеммы 2–4, положить на плату, закрепить, запаять, промыть                        | 1,5                                      |
| 3                                    | Взять клеммы 5–8, положить на плату, закрепить, запаять, промыть                        | 2,0                                      |
| 4                                    | Взять сопротивление R15, установить на плату, загнуть выводы, запаять, промыть          | 1,8                                      |
| 5                                    | Взять сопротивления R1, R10, провод 2, вставить в отверстия, отогнуть, запаять, промыть | 2,2                                      |
| 6                                    | Трансформаторы TP1, TP2 установить на плату, загнуть концы, запаять выводы, промыть     | 4,4                                      |
| 7                                    | Конденсатор C7 установить на плату, закрепить, запаять                                  | 1,6                                      |
| 8                                    | Взять провод 3, конденсатор C5, диод Д1, закрепить выводы в отверстия, загнуть          | 2,0                                      |
| 9                                    | Установить на плату конденсатор C1, загнуть концы, запаять, профлюсовать                | 1,7                                      |
| 10                                   | Клеммы 8–12 закрепить, залудить, промыть  | 2,3                                      |
| 11                                   | Конденсатор C3 установить на плату, закрепить, залудить, промыть                        | 2,0                                      |
| <b>Итого</b>                         |   | <b>22,0</b>                              |

$N_{см} = 240$  шт.,  $T_{см} = 480$  мин,  $Q = 0,71$  кг.

### Вариант 11

Таблица 7.15

Технологический процесс сборки изделия

| Существующий технологический процесс |   |  |
|--------------------------------------|---|--|
| Номер опер.                          | Содержание операции   | Норма штучного времени ( $t_{шт}$ ), мин |
| 1                                    | Установить на плату контрольные штыри   | 1,2                                      |
| 2                                    | Взять провод 3, диоды Д1, Д2, закрепить выводы в отверстия, загнуть           | 1,8                                      |
| 3                                    | Взять сопротивление R3, установить на плату, загнуть выводы, запаять, промыть | 0,9                                      |
| 4                                    | Взять провод 2, сопротивления R1, R2, вставить в отверстия, отогнуть, запаять | 0,9                                      |
| 5                                    | Клеммы 1, 2 положить на плату, закрепить, запаять, промыть                    | 1,6                                      |
| 6                                    | Клемму 3 положить на плату, закрепить, запаять, промыть                       | 0,8                                      |
| 7                                    | Установить на плату конденсатор С6, загнуть концы, запаять, профлюсовать      | 1,2                                      |
| 8                                    | Установить на плату конденсаторы С5, С7, загнуть концы, запаять, профлюсовать | 2,4                                      |
| 9                                    | Клеммы 4, 5 закрепить, запаять, промыть                                       | 2,4                                      |
| <b>Итого</b>                         |   | <b>13,2</b>                              |

$$N_{см} = 400 \text{ шт.}, T_{см} = 480 \text{ мин}, Q = 1,2 \text{ кг.}$$

### Вариант 12

Таблица 7.16

Технологический процесс сборки изделия

| Существующий технологический процесс |   |  |
|--------------------------------------|---|--|
| Номер опер.                          | Содержание операции                                   | Норма штучного времени ( $t_{шт}$ ), мин |
| 1                                    | 2   | 3  |
| 1                                    | Установить 8 транзисторов, запаять, промыть           | 5,6                                      |
| 2                                    | Установить 4 транзистора, запаять, промыть            | 3,4                                      |
| 3                                    | Установить 4 резистора, запаять, промыть              | 2,1                                      |
| 4                                    | Установить 9 резисторов, запаять, промыть             | 3,9                                      |
| 5                                    | Установить модуль ПУ1, профлюсовать, запаять, промыть | 3,0                                      |
| 6                                    | Установить Д10 и 7 контактов, запаять, промыть        | 2,5                                      |

Окончание табл. 7.16

| 1            | 2  | 3           |
|--------------|--|-------------|
| 7            | Установить Д503 и 6 контактов, запаять, промыть                        | 3,5         |
| 8            | Установить микросхемы, обжать выводы, запаять, промыть                 | 2,2         |
| 9            | Установить 7 резисторов, профлюсовать, запаять, промыть                | 2,2         |
| 10           | Установить 2 резистора, 6 транзисторов, профлюсовать, запаять, промыть | 4,6         |
| <b>Итого</b> |  | <b>33,0</b> |

$N_{см} = 160$  шт.,  $T_{см} = 480$  мин,  $Q = 2,15$  кг.

### Вариант 13

Таблица 7.17

Технологический процесс сборки изделия

| Существующий технологический процесс |   |  |
|--------------------------------------|---|--|
| Номер опер.                          | Содержание операции   | Норма штучного времени ( $t_{шт}$ ), мин |
| 1                                    | Установить на плату ФПЧ1, ФПЧ2 в сборе с экраном, закрепить | 5,2                                      |
| 2                                    | Вставить в отверстия платы 8 диодов, отогнуть выводы        | 1,7                                      |
| 3                                    | Вставить 7 панелек, 3 потенциометра, закрепить              | 2,3                                      |
| 4                                    | Вставить 8 конденсаторов, отогнуть выводы                   | 1,9                                      |
| 5                                    | Вставить 16 конденсаторов, отогнуть выводы                  | 2,7                                      |
| 6                                    | Вставить 12 резисторов и 1 конденсатор, отогнуть выводы     | 2,8                                      |
| 7                                    | Вставить 20 резисторов, отогнуть выводы                     | 4,1                                      |
| 8                                    | Провести пайку на установке «Волна»                         | 3,0                                      |
| 9                                    | Откусить излишки выводов кусачками                          | 1,6                                      |
| <b>Итого</b>                         |   | <b>25,3</b>                              |

$N_{см} = 210$  шт.,  $T_{см} = 480$  мин,  $Q = 1,72$  кг.

### Вариант 14

Таблица 7.18

Технологический процесс сборки изделия

| Существующий технологический процесс |   |  |
|--------------------------------------|---|--|
| Номер опер.                          | Содержание операции                                       | Норма штучного времени ( $t_{шт}$ ), мин |
| 1                                    | Установить 4 конденсатора, запаять, промыть               | 2,9                                      |
| 2                                    | Установить 7 резисторов и диод Д1, запаять, промыть       | 3,7                                      |
| 3                                    | Установить 5 конденсаторов и 1 резистор, запаять, промыть | 1,2                                      |
| 4                                    | Установить 7 резисторов, запаять, промыть                 | 2,1                                      |
| 5                                    | Установить диод Д10 и 7 контактов, запаять, промыть       | 5,9                                      |
| 6                                    | Установить 12 резисторов, запаять, промыть                | 2,5                                      |
| 7                                    | Установить 8 диодов, запаять, промыть                     | 1,5                                      |
| 8                                    | Установить 4 транзистора, запаять, промыть                | 3,0                                      |
| 9                                    | Установить 2 резистора, 6 транзисторов, запаять, промыть  | 6,9                                      |
| 10                                   | То же с 3 резисторами и 5 транзисторами                   | 6,6                                      |
| <b>Итого</b>                         |   | <b>36,3</b>                              |

$$N_{см} = 145 \text{ шт.}, T_{см} = 480 \text{ мин}, Q = 1,3 \text{ кг.}$$

### Вариант 15

Таблица 7.19

Технологический процесс сборки изделия

| Существующий технологический процесс |   |  |
|--------------------------------------|---|--|
| Номер опер.                          | Содержание операции                                       | Норма штучного времени ( $t_{шт}$ ), мин |
| 1                                    | Установить фальшпанель                                    | 9,7                                      |
| 2                                    | Установить тумблеры на панель                             | 3,7                                      |
| 3                                    | Установить жгуты 1–4 на шину                              | 8,8                                      |
| 4                                    | Установить жгуты 5, 6 на шину                             | 4,6                                      |
| 5                                    | Установить 4 резистора, запаять, промыть                  | 2,2                                      |
| 6                                    | Установить 2 резистора и 6 транзисторов, запаять, промыть | 4,5                                      |
| 7                                    | Собрать барабан Б2  | 20,1                                     |
| 8                                    | Отрегулировать барабан Б2                                 | 4,2                                      |
| 9                                    | Установить барабан Б2 на панель пульта                    | 9,2                                      |
| <b>Итого</b>                         |   | <b>67,0</b>                              |

$$N_{см} = 72 \text{ шт.}, T_{см} = 480 \text{ мин}, Q = 0,84 \text{ кг.}$$

## Лабораторная работа №8

Тема «Расчёт календарно-плановых нормативов и построение стандарт-плана однопредметной прерывно-поточной линии»

### 8.1. Цель

Закрепление теоретических знаний по теме «Особенности организации процессов поточного производства»; ознакомление с особенностями организации однопредметной прерывно-поточной линии (ОППЛ); изучение методики и освоение навыков расчёта календарно-плановых нормативов (КПН) и построения стандарт-плана ОППЛ.

### 8.2. Порядок выполнения

Время выполнения работы – два часа.

Последовательность выполнения лабораторной работы:

1. Ознакомление с поставленной целью лабораторной работы (подразд. 8.1).
2. Изучение теоретического материала по рассматриваемой теме (подразд. 8.3).
3. Знакомство с приведенным примером расчёта КПН и построением стандарт-плана ОППЛ (подразд. 8.4).
4. Расчёт КПН и построение стандарт-плана ОППЛ в соответствии с полученным вариантом задания (подразд. 8.6).
5. Защита лабораторной работы: представление рассчитанных КПН и разработанного стандарт-плана ОППЛ. Ответ на поставленные теоретические вопросы. Выполнение контрольных заданий.

### 8.3. Краткие теоретические сведения

Однопредметные прерывно-поточные линии применяются в массовом и крупносерийном типах производства, когда норма времени выполнения операций производственного процесса не равна и не кратна такту (ритму) потока и когда на отдельных операциях появляется брак.

Пространственная планировка оборудования подчиняется общим требованиям цепного расположения с учётом возможного территориального сближения рабочих мест, обслуживаемых рабочими-совместителями. Применение конвейеров на прямоточных линиях, как правило, нецелесообразно, здесь широко используют различные гравитационные транспортные средства, например, рольганги, скаты, а также оборудование циклического действия: электрокары, монорельсы с тельферами и т. п. Движение предметов труда по операциям – параллельно-последовательное с поштучной или партионной передачей.

Основной состав календарно-плановых нормативов ОППЛ: укрупнённый такт (ритм); количество рабочих мест по операциям и по всей поточной линии; стандарт-план работы линии; размер и динамика движения межоперационных оборотных заделов; длительность производственного цикла.

Такт ОППЛ определяется по формуле

$$r_{\text{пр}} = \frac{F_3}{N_3} \text{ мин/шт.}, \quad (8.1)$$

где  $F_3$  – эффективный фонд времени работы линии за плановый период, мин;  
 $N_3$  – программа запуска изделий за плановый период, шт.

Однако здесь имеются некоторые особенности:

а) так как ОППЛ, как правило, работают со свободным ритмом, то в эффективный фонд времени не включаются регламентированные перерывы, кроме того в практической деятельности  $F_3$  устанавливается, как правило, равным периоду оборота линии  $T_0$ , который принимается равным одной смене или 0,5 смены (наиболее целесообразный период обслуживания линии), т. е.  $F_3 = T_0 = r_{\text{пр}} N_3$ ;

б) при наличии брака на промежуточных операциях технологического процесса определяются своя программа запуска и свой такт по каждой операции. При этом расчёт осуществляется с последней операции, т. е. исходя из программы выпуска изделий ( $N_в$ ):

$$N_3 = \frac{N_в \cdot 100}{100 - \alpha} \text{ шт.}, \quad (8.2)$$

где  $\alpha$  – процент брака на операции.

Сменная программа запуска по операциям определяется исходя из месячной программы запуска, двухсменного режима работы оборудования при 21–22 рабочих днях в месяц.

Определение количества рабочих мест осуществляется по каждой  $i$ -й операции и по всей поточной линии в целом.

Расчёт производится по формуле

$$C_{\text{р.}i} = \frac{t_{\text{шт.}i}}{r_{\text{пр}} \cdot K_{\text{в.}i}}, \quad (8.3)$$

где  $t_{\text{шт.}i}$  – норма штучного времени на  $i$ -й операции, мин;

$r_{\text{пр}}$  – такт выпуска изделий, мин/шт.;

$K_{\text{в.}i}$  – коэффициент выполнения норм времени на  $i$ -й операции.

Расчётные величины  $C_{\text{р.}i}$  получаются, как правило, дробными числами, поэтому их необходимо округлить до ближайших целых чисел. Принятое число рабочих мест ( $C_{\text{пр.}i}$ ) определяется по формуле



$$C_{\text{пр.}i} = \begin{cases} [C_{\text{р.}i}] & \text{при } 1 \leq K_3 \leq 1,1, \\ C_{\text{р.}i} & \text{при } 1,1 \text{ или при } [C_{\text{р.}i}] = 0,1, \end{cases} \quad (8.4)$$

где  $K_3$  – коэффициент загрузки рабочих мест по каждой  $i$ -й операции.

Перегрузка рабочих мест устраняется путём совершенствования технологии, механизации и оснащения рабочих мест приспособлениями во время отладки ОППЛ.

Общее количество рабочих мест на линии определяется как расчётное, так и принятое:

$$C_{\text{р.л}} = \sum_{i=1}^m C_{\text{р.}i} \quad \text{и} \quad C_{\text{пр.л}} = \sum_{i=1}^m C_{\text{пр.}i}, \quad (8.5)$$

где  $m$  – число операций по данному технологическому процессу.

Коэффициент загрузки рабочих мест (оборудования) на каждой  $i$ -й операции определяется по формуле

$$K_3 = \frac{C_{\text{р.}i}}{C_{\text{пр.}i}}, \quad (8.6)$$

где  $C_{\text{р.}i}$  – расчётное количество рабочих мест (единиц оборудования) на  $i$ -й операции;

$C_{\text{пр.}i}$  – принятое количество рабочих мест (единиц оборудования) на  $i$ -й операции.

Средний коэффициент загрузки рабочих мест по поточной линии определяется по формуле

$$K_{3,\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^m C_{\text{р.}i}}{\sum_{i=1}^m C_{\text{пр.}i}}. \quad (8.7)$$

Средний коэффициент загрузки рабочих мест на линии должен соответствовать условию  $K_{3,\text{ср}} \geq 0,75$ .

На участках внутри цехов детали и сборочные единицы в процессе изготовления перемещаются между рабочими местами (технологическим оборудованием), между кладовыми (складами) и участками, а также с одного участка на другой. Для этих целей используются различные транспортные средства, в частности, для межоперационной транспортировки – скаты, склизы, лотки, желоба, а для межцеховой транспортировки – электрокары, электрические и ручные тележки, робоэлектрокары, транспортёры различного типа и другие транспортные средства.

Одним из основных факторов при выборе транспортного средства для межцеховой транспортировки является грузоподъёмность, для чего необходимо учитывать размеры партий и вес обрабатываемых деталей.

Число транспортных средств прерывного (циклического) действия (тележки, робоэлектрокары и др.) определяется по формуле

$$K_{\text{эк}} = \frac{K_{\text{т}} \sum_{j=1}^N N_j Q_j}{q K_{\text{ис}} F_{\text{э}} K_{\text{см}}} \left( \frac{2L_{\text{ср}}}{V_{\text{ср}}} + t_3 + t_p \right), \quad (8.8)$$

где  $K_{\text{т}}$  – количество транспортных операций, осуществляемых над каждой деталью (перевоз материалов на заготовительную операцию, заготовок на участок механической обработки, готовых деталей на склад и др.);

$N_j$  – программа запуска  $j$ -го наименования деталей (сборочных единиц), шт.;

$Q_j$  – вес единицы  $j$ -го типоразмера детали (из исходных данных – норма расхода материала на одно изделие), кг;

$q$  – грузоподъёмность транспортных единиц, кг;

$K_{\text{ис}}$  – коэффициент использования грузоподъёмности транспортных средств ( $K_{\text{ис}} = 0,6 \div 0,75$ );

$L_{\text{ср}}$  – среднее расстояние между пунктами, м ( $L_{\text{ср}} = 80 \div 150$  м);

$V_{\text{ср}}$  – средняя скорость движения транспортного средства, м/мин ( $V_{\text{ср}} = 50 \div 100$  м/мин);

$t_3$  – время на загрузку транспортного средства за каждую операцию, мин ( $t_3 = 5 \div 10$  мин);

$t_p$  – время на разгрузку транспортного средства за каждую операцию, мин ( $t_p = 10 \div 5$  мин).

Построение стандарт-плана ОППЛ – сложный процесс, осуществляется в табличной форме (рис. 8.1), в которую вносятся все операции технологического процесса и нормы времени их выполнения, проставляется такт (ритм) потока и определяется необходимое число рабочих мест по каждой операции (расчётное и принятое по формулам (8.3) и (8.4)) и в целом по линии; определяется загрузка рабочих мест в минутах и в процентах; присваиваются номера рабочим местам (по возрастанию от первого); строится график работы оборудования на каждой операции и рассчитывается необходимое количество производственных рабочих; в связи с недогрузкой оборудования на отдельных рабочих местах, а следовательно, и рабочих-операторов производится дозагрузка рабочих путём закрепления за ними нескольких недогруженных рабочих мест, т. е. строится график регламентации труда по линии и определяется окончательная численность производственных рабочих, присваиваются им номера или условные знаки и устанавливается порядок обслуживания недогруженных рабочих мест.

На ОППЛ вследствие различной трудоёмкости на операциях производственного процесса неизбежны межоперационные оборотные заделы. Они создаются для выравнивания производительности на смежных операциях. Это детали или узлы, находящиеся на рабочих местах в ожидании процесса обработ-

ки. Обратные заделы позволяют организовать непрерывную работу на рабочих местах в течение определённого стандартным планом отрезка времени. Характерной чертой обратных заделов является изменение их величины на протяжении периода оборота линии от нуля до максимума. Размеры их, как правило, настолько велики, что весь расчёт заделов на таких линиях сводится к расчёту только межоперационных обратных заделов, пренебрегая расчётом технологических транспортных и страховых заделов.

Расчёт межоперационных обратных заделов производится по стандартному ОППЛ между каждой парой смежных операций (например, между 1-й и 2-й операциями, между 2-й и 3-й и т. д.). Для этого период оборота линии ( $T_0$ ) разбивается на части, каждая из которых характеризуется неизменным числом работающих единиц оборудования на смежных операциях и называется частным периодом. Например, между 1-й и 2-й операциями можно выделить два частных периода  $T_1 = 264$  мин и  $T_2 = 216$  мин. На протяжении  $T_1$  на первой операции работает два станка, а на второй – один, а на протяжении  $T_2$  на первой и на второй операциях работает по одному станку. Изменение величины обратного задела между каждой парой смежных операций ( $i$  и  $i + 1$ ) и в каждом частном периоде ( $T_j$ ) определяется по формуле

$$\Delta Z_{об} = \frac{T_j \cdot C_i}{t_{шт.i}} - \frac{T_j \cdot C_{i+1}}{t_{шт.i+1}} \text{ шт.}, \quad (8.9)$$

где  $T_j$  – продолжительность  $j$ -го частного периода между смежными операциями при неизменном числе работающих единиц оборудования, мин;

$C_i$  и  $C_{i+1}$  – число единиц оборудования соответственно на  $i$ -й и  $(i + 1)$ -й операциях в течение частного периода времени  $T_j$ ;

$t_{шт.i}$  и  $t_{шт.i+1}$  – нормы штучного времени соответственно на  $i$ -й и на  $(i + 1)$ -й операциях технологического процесса с учётом коэффициентов выполнения норм времени, мин.

Величина обратного задела может быть положительной или отрицательной. Положительное значение задела свидетельствует об увеличении его на отрезке  $T_j$ , т. к. предыдущая операция выдаёт больше изделий, чем может быть обработано на последующей, отрицательное – об уменьшении задела, поскольку предыдущая операция выдаёт изделий меньше, чем необходимо для последующей.

В экономическом отношении важной характеристикой ОППЛ является средняя величина межоперационных заделов между каждой парой смежных операций и по линии в целом, поскольку она характеризует связывание оборотных средств в незавершённом производстве.

Между парой смежных операций расчёт средней величины межоперационных обратных заделов производится по формуле

$$z_{\text{ср.об}} = \frac{S_i}{T_0} \text{ шт.}, \quad (8.10)$$

где  $S_i$  – площадь эюр оборотного задела между  $i$ -й и  $(i + 1)$ -й операциями;  
 $T_0$  – период оборота линии.

Средняя величина межоперационного оборотного задела в целом по линии равна сумме средних величин межоперационных оборотных заделов по всем операциям. Эта величина определяется по формуле

$$z_{\text{ср.об}} = \frac{\sum_{i=1}^{m-1} S_i}{T_0} \text{ шт.}, \quad (8.11)$$

где  $\sum_{i=1}^{m-1} S_i$  – сумма площадей эюр по всей поточной линии.

Средняя величина оборотного задела ( $z_{\text{об.ср}}$ ) на линии принимается для расчёта величины незавершённого производства. Величина незавершённого производства в нормо-часах (без учёта затрат труда в предыдущих ценах) определяется по формуле

$$H_{\text{ср}} = \frac{z_{\text{ср.об}} \sum_{i=1}^m t_{\text{шт.}i}}{2} \text{ нормо-ч.} \quad (8.12)$$

Среднее значение незавершённого производства в нормо-часах с учётом затрат труда в предыдущих цехах определяется по формуле

$$H'_{\text{ср}} = z_{\text{ср.об}} \left( t_{\text{пр}} + \frac{\sum_{i=1}^m t_{\text{шт.}i}}{2} \right) \text{ нормо-ч.}, \quad (8.13)$$

где  $t_{\text{пр}}$  – суммарные затраты труда на один предмет (деталь, узел и т. д.) в предыдущих цехах, нормо-ч.

Величина незавершённого производства в денежном выражении определяется по формуле

$$H_{\text{ср}} = z_{\text{ср.об}} \cdot C_z \text{ у. е.}, \quad (8.14)$$

где  $C_z$  – цеховая себестоимость изделия, находящегося в заделе (для механообрабатывающих цехов может быть принята 0,7, а для сборочных – 0,85 от цеховой себестоимости изделия ( $C_{\text{ц}}$ ) законченной обработки), у. е.

Важным календарно-плановым нормативом является длительность производственного цикла ( $t_{\text{ц}}$ ). Расчёт этого норматива производится по формуле

$$t_{\text{ц}} = z_{\text{ср.об}} \cdot r_{\text{пр}} \text{ ч.} \quad (8.15)$$

#### 8.4. Пример расчёта КПП и построения стандарт-плана ОППЛ

Допустим, требуется изготовить за месяц 10 080 шт. деталей. В месяце 21 рабочий день, работа ведётся в две смены. Период оборота линии равен одной смене. Технологический процесс включает пять операций. Норма времени выполнения операций составляет:  $t_1 = 3,1$ ;  $t_2 = 2$ ;  $t_3 = 4,6$ ;  $t_4 = 1,4$ ;  $t_5 = 2,8$  мин. Брак на операциях отсутствует, следовательно, программа запуска за период оборота равна программе выпуска, т. е.  $N_3 = N_B$ .

1. Определение программы выпуска за период оборота линии

$$N_B = \frac{10080}{21 \cdot 2} = 240 \text{ шт./смену.}$$

2. Определение такта ОППЛ (формула (8.1))

$$r_{\text{пр}} = \frac{F_3}{N_B} = \frac{8 \cdot 60}{240} = 2 \text{ мин/шт.}$$

3. Определение количества рабочих мест на линии (формула (8.3)), расчёт ведётся на стандарт-плане (рис. 8.1). Расчётное количество рабочих мест составляет 6,95 ед., принятое – 9 ед. Номера рабочих мест 2, 6, 7 и 9, которые полностью не загружены.

4. Определение загрузки рабочих мест в процентах и минутах, выполняемом на стандарт-плане, и среднего коэффициента загрузки оборудования ОППЛ. Средний коэффициент загрузки рабочих мест составляет 0,77, что соответствует требованиям для организации ОППЛ.

5. Расчётная численность производственных рабочих по рабочим местам составляет 9 чел., однако после построения графика регламентации труда (подбора работ и совмещения профессий) достаточно иметь на линии 7 чел. в смену. Из них двое рабочих будет работать на двух рабочих местах: один будет выполнять работу на 2-м и 9-м, а другой – на 6-м и 7-м рабочих местах. График и порядок обслуживания рабочих мест представлен на стандарт-плане.

6. Расчёт изменения величины межоперационных заделов (формула (8.9)). Расчёт выполнен в табличной форме (табл. 8.1).

7. Построим эпюры движения оборотных заделов между каждой парой смежных операций на стандарт-плане (рис. 8.1) и определим площади эпюр ( $S_i$ ).

8. Расчёт средней величины межоперационных оборотных заделов между парой смежных операций (формула (8.10))

$$z_{\text{ср.об.1,2}} = \frac{9120}{480} = 19 \text{ шт.}$$

9. Расчёт средней величины оборотного задела на линии (формула (8.11))

$$z_{\text{об.ср}} = \frac{52596}{480} = 110 \text{ шт.}$$

10. Расчёт средней величины незавершённого производства (формула (8.12))

$$H_{\text{ср}} = 110 \cdot \frac{13,9}{2 \cdot 60} = 12,7 \text{ нормо-ч.}$$

11. Расчёт длительности производственного цикла (формула (8.15))

$$t_{ц} = 110 \cdot \frac{2}{60} = 3,7 \text{ ч.}$$

Таблица 8.1

Расчёт изменения межоперационных оборотных заделов

| Частные периоды            | Длительность частного периода, мин | Расчёт изменения заделов по частным периодам $T_j$ , шт.                     | Площадь эпюр, дет/мин |
|----------------------------|------------------------------------|--|-----------------------|
| Между 1-й и 2-й операциями |                                    |  |                       |
| $T_1$                      | 264                                | $\Delta z_{1,2}' = \frac{264 \cdot 2}{3,1} - \frac{264 \cdot 1}{2} = +38$    | 5016                  |
| $T_2$                      | 216                                | $\Delta z_{1,2}'' = \frac{216 \cdot 1}{3,1} - \frac{216 \cdot 1}{2} = -38$   | 4104                  |
| <b>Итого</b>               |                                    |  | <b>9120</b>           |
| Между 2-й и 3-й операциями |                                    |  |                       |
| $T_1$                      | 144                                | $\Delta z_{2,3}' = \frac{144 \cdot 1}{2} - \frac{144 \cdot 3}{4,6} = -22$    | 1584                  |
| $T_2$                      | 336                                | $\Delta z_{2,3}'' = \frac{336 \cdot 1}{2} - \frac{336 \cdot 2}{4,6} = +22$   | 3696                  |
| <b>Итого</b>               |                                    |  | <b>5280</b>           |
| Между 3-й и 4-й операциями |                                    |  |                       |
| $T_1$                      | 144                                | $\Delta z_{3,4}' = \frac{144 \cdot 3}{4,6} - \frac{144 \cdot 0}{1,4} = +94$  | 6768                  |
| $T_2$                      | 336                                | $\Delta z_{3,4}'' = \frac{336 \cdot 2}{4,6} - \frac{336 \cdot 1}{1,4} = -94$ | 15792                 |
| <b>Итого</b>               |                                    |  | <b>22560</b>          |
| Между 4-й и 5-й операциями |                                    |  |                       |
| $T_1$                      | 144                                | $\Delta z_{4,5}' = \frac{144 \cdot 0}{1,4} - \frac{144 \cdot 1}{2,8} = -51$  | 3672                  |
| $T_2$                      | 120                                | $\Delta z_{4,5}'' = \frac{120 \cdot 1}{1,4} - \frac{120 \cdot 1}{2,8} = +43$ | 2580                  |
| $T_3$                      | 192                                | $\Delta z_{4,5}''' = \frac{192 \cdot 1}{1,4} - \frac{192 \cdot 2}{2,8} = 0$  | 8256                  |
| $T_4$                      | 24                                 | $\Delta z_{4,5}'''' = \frac{24 \cdot 1}{1,4} - \frac{24 \cdot 1}{2,8} = +8$  | 1128                  |
| <b>Итого</b>               |                                    |  | <b>15636</b>          |
| <b>Всего</b>               |                                    |  | <b>52596</b>          |

| № операции   | Наименование операции | Норма времени ( $t_{шт}$ ), мин | Такт потока ( $t_{пр}$ ), мин/шт. | Кол-во рабочих мест |                       | № рабочих мест | Загрузка рабочих мест |       | Количество рабочих, чел | Порядок обслуж. рабочих мест | График работы оборудования и перехода рабочих с одного рабочего места на другое за период оборота линии, равный одной смене (480 мин), и движение оборотных заделов |     |     |     |     |     |     |     | Программа выпуска дет. за $F_{см} = T_0 = 480$ мин |     |
|--------------|-----------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------|----------------|-----------------------|-------|-------------------------|------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|-----|
|              |                       |                                 |                                   | расчётное ( $C_p$ ) | принятое ( $C_{пр}$ ) |                | в %                   | в мин |                         |                              | 60  | 120 | 180 | 240 | 300 | 360 | 420 | 480 |  |     |
| 1            | Токарная              | 3,1                             | 2,0                               | 1,55                | 2                     | 2              | 100                   | 480   | 2                       | 1                            |   |     |     |     |     |     |     |     | 155  |     |
| 2            | Фрезерная             | 2,0                             | 2,0                               | 1,00                | 1                     | 3              | 100                   | 480   | 1                       | 3                            |   |     |     |     |     |     |     |     | 85   | 240 |
| 3            | Расточная             | 4,6                             | 2,0                               | 2,30                | 3                     | 4              | 100                   | 480   | 4                       | 4                            |   |     |     |     |     |     |     |     | 104  |     |
|              |                       |                                 |                                   |                     |                       | 5              | 100                   | 480   | 5                       | 5                            |   |     |     |     |     |     |     |     | 104  |     |
|              |                       |                                 |                                   |                     |                       | 6              | 30                    | 144   | 3                       | 6 + 7                        |   |     |     |     |     |     |     |     | 32   |     |
| 4            | Сверлильная           | 1,4                             | 2,0                               | 0,70                | 1                     | 7              | 70                    | 336   | 1                       | 7 + 6                        | 240   |     |     |     |     |     |     |     |  |     |
| 5            | Шлифовальная          | 2,8                             | 2,0                               | 1,40                | 2                     | 8              | 100                   | 480   | 8                       | 8                            | 171   |     |     |     |     |     |     |     |  |     |
|              |                       |                                 |                                   |                     |                       | 9              | 40                    | 192   | 2                       | 9 + 2                        | 69  |     |     |     |     |     |     |     |  |     |
| <b>Итого</b> |                       | <b>13,9</b>                     | <b>2,0</b>                        | <b>6,95</b>         | <b>9</b>              | <b>9</b>       | <b>77,2</b>           |       | <b>7</b>                |                              |   |     |     |     |     |     |     |     |  |     |

Рис. 8.1. Стандарт-план работы ОПЛЛ:

- время работы оборудования;
- время простоя оборудования;
- переходы рабочих с одного рабочего места на другое

## 8.5. Контрольные вопросы и задания

1. Поясните особенности организации однопредметной прерывно-поточной линии.
2. Где и в каких случаях применяются ОППЛ?
3. В чём заключается методика расчёта КПН ОППЛ?
4. Что представляют собой межоперационные оборотные заделы, вследствие чего они возникают, на какие КПН они влияют?
5. В чём заключается методика расчёта межоперационных оборотных заделов?
6. Что представляет собой период оборота ОППЛ и как он определяется?
7. Как определяется численность рабочих-операторов на ОППЛ?
8. Поясните порядок расчёта незавершённого производства на ОППЛ.
9. В чём заключается методика расчёта длительности производственного цикла на ОППЛ?

## 8.6. Варианты заданий

### Вариант 1

Таблица 8.2

Технологический процесс изготовления планки

| Номер опер. | Наименование операции | Норма штучного времени ( $t_{шт}$ ), мин | Коэффициент выполнения норм времени ( $K_B$ ) |
|-------------|-----------------------|--|---|
| 1           | Слесарная             | 1,80                                     | 1,10  |
| 2           | Вырубка               | 1,33                                     | 1,05  |
| 3           | Слесарная             | 3,49                                     | 1,20  |
| 4           | Сверлильная           | 4,60                                     | 1,10  |
| 5           | Фрезерная             | 6,70                                     | 1,15  |
| 6           | Слесарная             | 4,78                                     | 1,05  |

$N_{см} = 165$  шт.,  $T_{см} = 480$  мин.



### Вариант 2

Таблица 8.3

Технологический процесс изготовления втулки

| Номер опер. | Наименование операции | Норма штучного времени ( $t_{шт}$ ), мин | Коэффициент выполнения норм времени ( $K_B$ ) |
|-------------|-----------------------|--|---|
| 1           | Заготовительная       | 0,30                                     | 1,20  |
| 2           | Штамповочная          | 0,73                                     | 1,17  |
| 3           | Фрезерная             | 0,88                                     | 1,14  |
| 4           | Слесарная             | 0,62                                     | 1,20  |
| 5           | Штамповочная          | 1,07                                     | 1,17  |
| 6           | Слесарная             | 0,63                                     | 1,00  |
| 7           | Слесарная             | 0,92                                     | 1,00  |

$$N_{см} = 628 \text{ шт.}, T_{см} = 480 \text{ мин.}$$

### Вариант 3

Таблица 8.4

Технологический процесс изготовления шасси

| Номер опер. | Наименование операции | Норма штучного времени ( $t_{шт}$ ), мин | Коэффициент выполнения норм времени ( $K_B$ ) |
|-------------|-----------------------|--|---|
| 1           | Заготовительная       | 1,30                                     | 1,1   |
| 2           | Гибочная              | 1,42                                     | 1,1   |
| 3           | Слесарная             | 3,68                                     | 1,0   |
| 4           | Сверлильная           | 2,04                                     | 1,1   |
| 5           | Фрезерная             | 18,28                                    | 1,1   |
| 6           | Слесарная             | 1,22                                     | 1,0   |

$$N_{см} = 130 \text{ шт.}, T_{см} = 480 \text{ мин.}$$

### Вариант 4

Таблица 8.5

Технологический процесс изготовления упора

| Номер опер. | Наименование операции | Норма штучного времени ( $t_{шт}$ ), мин | Коэффициент выполнения норм времени ( $K_B$ ) |
|-------------|-----------------------|--|---|
| <b>1</b>    | <b>2</b>              | <b>3</b>                                 | <b>4</b>                                      |
| 1           | Заготовительная       | 0,472                                    | 1,20  |

Окончание табл. 8.5

| 1 | 2          | 3     | 4    |
|---|------------|-------|------|
| 2 | Токарная 1 | 1,560 | 1,00 |
| 3 | Токарная 2 | 0,900 | 1,15 |
| 4 | Токарная 3 | 1,000 | 1,10 |
| 5 | Токарная 4 | 0,731 | 1,10 |
| 6 | Слесарная  | 0,472 | 1,20 |

$N_{см} = 613$  шт.,  $T_{см} = 480$  мин.

### Вариант 5

Таблица 8.6

Технологический процесс изготовления уголка

| Номер опер. | Наименование операции | Норма штучного времени ( $t_{шт}$ ), мин | Коэффициент выполнения норм времени ( $K_B$ ) |
|-------------|-----------------------|--|---|
| 1           | Заготовительная       | 0,61                                     | 1,06  |
| 2           | Токарная 1            | 1,00                                     | 1,06  |
| 3           | Токарная 2            | 0,90                                     | 1,19  |
| 4           | Токарная 3            | 1,28                                     | 1,15  |
| 5           | Токарная 4            | 0,48                                     | 1,17  |
| 6           | Слесарная             | 0,81                                     | 1,06  |

$N_{см} = 632$  шт.,  $T_{см} = 480$  мин.

### Вариант 6

Таблица 8.7

Технологический процесс изготовления стойки

| Номер опер. | Наименование операции | Норма штучного времени ( $t_{шт}$ ), мин | Коэффициент выполнения норм времени ( $K_B$ ) |
|-------------|-----------------------|--|---|
| 1           | Заготовительная       | 1,83                                     | 1,00  |
| 2           | Штамповочная 1        | 4,55                                     | 1,00  |
| 3           | Штамповочная 2        | 4,66                                     | 1,01  |
| 4           | Штамповочная 3        | 3,81                                     | 1,04  |
| 5           | Зенковочная           | 1,32                                     | 1,00  |
| 6           | Резьбонарезная        | 4,33                                     | 1,02  |

$N_{см} = 262$  шт.,  $T_{см} = 480$  мин.

**Вариант 7**

Таблица 8.8

Технологический процесс изготовления изделия

| Номер опер. | Наименование операции | Норма штучного времени ( $t_{шт}$ ), мин | Коэффициент выполнения норм времени ( $K_B$ ) |
|-------------|-----------------------|--|---|
| 1           | Заготовительная       | 0,60                                     | 1,11  |
| 2           | Штамповочная          | 1,80                                     | 1,07  |
| 3           | Слесарная             | 4,10                                     | 1,07  |
| 4           | Разметочная           | 0,61                                     | 1,00  |
| 5           | Фрезерная             | 4,60                                     | 1,03  |
| 6           | Сверлильная           | 2,33                                     | 1,05  |

 $N_{см} = 216$  шт.,  $T_{см} = 480$  мин.**Вариант 8**

Таблица 8.9

Технологический процесс изготовления изделия

| Номер опер. | Наименование операции | Норма штучного времени ( $t_{шт}$ ), мин | Коэффициент выполнения норм времени ( $K_B$ ) |
|-------------|-----------------------|--|---|
| 1           | Разметочная           | 1,02                                     | 1,20  |
| 2           | Вырезная 1            | 1,92                                     | 1,10  |
| 3           | Вырезная 2            | 1,74                                     | 1,10  |
| 4           | Слесарная             | 2,52                                     | 1,09  |
| 5           | Сверлильная           | 25,20                                    | 1,07  |
| 6           | Слесарная             | 4,98                                     | 1,05  |

 $N_{см} = 152$  шт.,  $T_{см} = 480$  мин.**Вариант 9**

Таблица 8.10

Технологический процесс изготовления изделия

| Номер опер. | Наименование операции | Норма штучного времени ( $t_{шт}$ ), мин | Коэффициент выполнения норм времени ( $K_B$ ) |
|-------------|-----------------------|--|---|
| <b>1</b>    | <b>2</b>              | <b>3</b>                                 | <b>4</b>                                      |
| 1           | Подготовительная      | 1,900                                    | 1,20  |

Окончание табл. 8.10

| 1 | 2           | 3     | 4    |
|---|-------------|-------|------|
| 2 | Фрезерная   | 3,320 | 1,05 |
| 3 | Слесарная   | 2,410 | 1,14 |
| 4 | Сверлильная | 0,800 | 1,16 |
| 5 | Слесарная   | 0,340 | 1,13 |
| 6 | Зенковочная | 0,426 | 1,18 |
| 7 | Опиливание  | 1,500 | 1,17 |

$N_{см} = 304$  шт.,  $T_{см} = 480$  мин.

### Вариант 10

Таблица 8.11

Технологический процесс изготовления изделия

| Номер опер. | Наименование операции | Норма штучного времени ( $t_{шт}$ ), мин | Коэффициент выполнения норм времени ( $K_B$ ) |
|-------------|-----------------------|--|---|
| 1           | Обезжиривание         | 2,60                                     | 1,00  |
| 2           | Промывка              | 5,04                                     | 1,12  |
| 3           | Травление             | 3,50                                     | 1,00  |
| 4           | Промывка              | 2,67                                     | 1,07  |
| 5           | Цинкование            | 3,54                                     | 1,00  |
| 6           | Промывка              | 1,00                                     | 1,00  |

$N_{см} = 137$  шт.,  $T_{см} = 480$  мин.

### Вариант 11

Таблица 8.12

Технологический процесс изготовления изделия

| Номер опер. | Наименование операции | Норма штучного времени ( $t_{шт}$ ), мин | Коэффициент выполнения норм времени ( $K_B$ ) |
|-------------|-----------------------|--|---|
| 1           | Слесарная             | 10,38                                    | 1,10  |
| 2           | Фрезерная 1           | 44,16                                    | 1,15  |
| 3           | Фрезерная 2           | 44,26                                    | 1,10  |
| 4           | Слесарная             | 9,60                                     | 1,00  |
| 5           | Сверлильная           | 21,08                                    | 1,10  |
| 6           | Расточная             | 7,76                                     | 1,00  |

$N_{см} = 50$  шт.,  $T_{см} = 480$  мин.

**Вариант 12**

Таблица 8.13

Технологический процесс изготовления изделия

| Номер опер. | Наименование операции | Норма штучного времени ( $t_{шт}$ ), мин | Коэффициент выполнения норм времени ( $K_B$ ) |
|-------------|-----------------------|--|---|
| 1           | Разметочная           | 1,50                                     | 1,10  |
| 2           | Вырезная              | 1,19                                     | 1,04  |
| 3           | Штамповочная          | 0,71                                     | 1,00  |
| 4           | Слесарная             | 1,00                                     | 1,08  |
| 5           | Разметочная           | 2,52                                     | 1,05  |
| 6           | Сверлильная           | 4,04                                     | 1,06  |

 $N_{см} = 232$  шт.,  $T_{см} = 480$  мин.**Вариант 13**

Таблица 8.14

Технологический процесс изготовления изделия

| Номер опер. | Наименование операции | Норма штучного времени ( $t_{шт}$ ), мин | Коэффициент выполнения норм времени ( $K_B$ ) |
|-------------|-----------------------|--|---|
| 1           | Разметочная           | 3,64                                     | 1,03  |
| 2           | Вырезная              | 1,50                                     | 1,06  |
| 3           | Слесарная             | 1,17                                     | 1,10  |
| 4           | Штамповочная          | 3,67                                     | 1,04  |
| 5           | Сверлильная           | 6,00                                     | 1,06  |
| 6           | Слесарная             | 6,48                                     | 1,08  |

 $N_{см} = 136$  шт.,  $T_{см} = 480$  мин.

### Вариант 14

Таблица 8.15

Технологический процесс изготовления изделия

| Номер опер. | Наименование операции | Норма штучного времени ( $t_{шт}$ ), мин | Коэффициент выполнения норм времени ( $K_B$ ) |
|-------------|-----------------------|--|---|
| 1           | Разметочная           | 1,71                                     | 1,17  |
| 2           | Вырезная              | 0,83                                     | 1,03  |
| 3           | Штамповочная          | 4,99                                     | 1,08  |
| 4           | Разметочная           | 1,02                                     | 1,20  |
| 5           | Сверлильная           | 1,68                                     | 1,12  |
| 6           | Гибочная              | 2,40                                     | 1,04  |

$N_{см} = 208$  шт.,  $T_{см} = 480$  мин.

### Вариант 15

Таблица 8.16

Технологический процесс изготовления изделия

| Номер опер. | Наименование операции | Норма штучного времени ( $t_{шт}$ ), мин | Коэффициент выполнения норм времени ( $K_B$ ) |
|-------------|-----------------------|--|---|
| 1           | Слесарная             | 2,52                                     | 1,09  |
| 2           | Штамповочная          | 1,98                                     | 1,10  |
| 3           | Сварочная             | 3,12                                     | 1,04  |
| 4           | Зачистная             | 2,66                                     | 1,15  |
| 5           | Разметочная           | 0,55                                     | 1,08  |
| 6           | Сверлильная           | 1,73                                     | 1,07  |

$N_{см} = 208$  шт.,  $T_{см} = 480$  мин.

## Лабораторная работа №9

Тема «Расчёт календарно-плановых нормативов и построение стандарт-плана многопредметной непрерывно-поточной линии с последовательно-партионным чередованием предметов труда»

### 9.1. Цель

Закрепление теоретических знаний по теме «Особенности организации процессов поточного производства»; ознакомление с особенностями организации многопредметной непрерывно-поточной линии (МНПЛ) с последовательно-партионным чередованием предметов труда; изучение методики и освоение навыков расчёта календарно-плановых нормативов (КПН) и построения стандарт-плана МНПЛ.

### 9.2. Порядок выполнения

Время выполнения работы – два часа.

Последовательность выполнения лабораторной работы:

1. Ознакомление с поставленной целью лабораторной работы (подразд. 9.1).

2. Изучение теоретического материала по рассматриваемой теме, знакомство с особенностями расчёта КПН первой и второй групп МНПЛ, различными вариантами расчёта первой группы КПН МНПЛ, особенностями форм смены объектов на линии, построением стандарт-плана МНПЛ (подразд. 9.3).

3. Знакомство с приведенным примером расчёта КПН и построением стандарт-плана МНПЛ (подразд. 9.4).

4. Расчёт КПН и построение стандарт-плана МНПЛ в соответствии с полученным вариантом задания (подразд. 9.6).

5. Защита лабораторной работы: представление рассчитанных КПН и разработанного стандарт-плана МНПЛ. Ответ на поставленные теоретические вопросы. Выполнение контрольных заданий.

### 9.3. Краткие теоретические сведения

Многопредметные непрерывно-поточные линии применяются в условиях серийного производства в тех случаях, когда организация однопредметных непрерывно-поточных линий является малоэффективной из-за их неполной загрузки на весь плановый период. Так как программа выпуска одного предмета не обеспечивает полную загрузку линии, подбираются предметы либо разных наименований, либо одного наименования, но разных типоразмеров, сходные между собой конструктивно и технологически и имеющие равное или кратное время выполнения операций.

МНПЛ создаются на предприятиях радиотехники и электроники как для механической обработки деталей, так и для сборки отдельных узлов, блоков (монтажа, настройки, регулировки) и изделия в целом.

На МНПЛ в серийном производстве наиболее распространённым является последовательно-партионное чередование предметов труда (переменно-поточное производство). Изготовление изделий на таких линиях осуществляется партиями, на линии каждый рабочий выполняет одну унифицированную операцию, а рабочие места расположены в строгой технологической последовательности.

Режим работы МНПЛ с последовательно-партионным чередованием предметов труда определяется двумя группами календарно-плановых нормативов (КПН), которые подлежат расчёту и выбору.

Первая группа КПН устанавливает режим работы поточной линии в периоды, когда она работает как ОНПЛ при изготовлении предмета  $j$ -го наименования. К этой группе относятся:

- частный такт (ритм) выпуска  $j$ -го наименования изделия ( $r_j$ );
- число рабочих мест, занятое изготовлением предмета  $j$ -го наименования ( $C_j$ );
- частная скорость движения конвейера ( $V_j$ ).

Вторая группа КПН связана с изготовлением разных наименований объектов производства, объединённых на линии, и устанавливает очерёдность их изготовления. К этой группе относятся:

- размер партии предметов  $j$ -го наименования ( $n_j$ );
- ритм (периодичность) чередования партии предметов  $j$ -го наименования ( $R_j$ );
- длительность цикла изготовления партии предметов  $j$ -го наименования ( $t_{ц}$ ).

Кроме того, на МНПЛ большое самостоятельное значение имеют и такие календарно-плановые нормативы, как простой рабочих мест в связи со сменой партии предметов на линии ( $\Pi_{p,j}$ ), заделы и незавершённое производство, а также стандартный план.

**Расчёт первой группы календарно-плановых нормативов.** Многопредметную непрерывно-поточную линию с последовательно-партионным чередованием предметов можно рассматривать как последовательную совокупность однопредметных непрерывно-поточных линий. Поэтому расчёты календарно-плановых нормативов  $r_j$ ,  $V_j$ ,  $C_j$  производятся по методике расчёта для ОНПЛ.

Однако в зависимости от степени конструктивно-технологического сходства изделий, подбираемых на линию, используется три варианта расчётов КПН первой группы.

*Первый вариант расчёта календарно-плановых нормативов.* За линией закреплены изделия с одинаковой суммарной трудоёмкостью ( $T_a = T_б = \dots = T_j$ ). В этом случае изготовление всех изделий целесообразно вести с одинаковым



тактом, скоростью движения конвейера и идентичным количеством рабочих мест, т. е.  $r_{\text{шт}} = \text{const}$ ,  $V_{\text{шт}} = \text{const}$ ,  $C_{\text{шт}} = \text{const}$ .

В данном случае линия работает как ОНПЛ, однако конструктивные особенности  $j$ -х наименований изделий могут потребовать переналадки оборудования (может и без переналадки). Единый такт (поштучный ритм) определяется по формуле

$$r_{\text{шт}} = \frac{F_{\text{н}} \left( 1 - \frac{\alpha_{\text{п}}}{100} \right)}{\sum_{j=1}^{\text{Н}} N_{\text{э.}j}} \text{ мин/шт.}, \quad (9.1)$$

где  $F_{\text{н}}$  – номинальный фонд времени работы линии в плановом периоде, мин;

$\alpha_{\text{п}}$  – процент потерь рабочего времени на переналадку линии (2–8 %);

$N_{\text{э.}j}$  – программа запуска (если нет брака  $N_{\text{э}} = N_{\text{в}}$ )  $j$ -го изделия на плановый период времени, шт.;

$\text{Н}$  – номенклатура изделий, закреплённых за линией.

Количество рабочих мест на линии в данном случае определяется по формуле

$$C_{\text{шт}} = \frac{\sum_{j=1}^{\text{Н}} N_{\text{э.}j} T_j}{F_{\text{н}} \left( 1 - \frac{\alpha_{\text{п}}}{100} \right)}, \quad (9.2)$$

где  $T_j$  – суммарная трудоёмкость изготовления  $j$ -го наименования изделия, мин.

Скорость движения конвейера определяется по формуле

$$V_{\text{шт}} = \frac{l_{\text{пр}}}{r_{\text{шт}}} \text{ м/мин}, \quad (9.3)$$

где  $l_{\text{пр}}$  – шаг конвейера (расстояние между осями смежно расположенных предметов на линии). При одностороннем расположении рабочих мест можно принять 1,2–1,5 м, при двустороннем – 0,6–0,8 м.

*Второй вариант расчёта календарно-плановых нормативов.* За линией закреплены изделия, суммарная трудоёмкость изготовления которых различна на одной или нескольких операциях ( $T_{\text{а}} \neq T_{\text{б}} = T_{\text{в}} = \dots = T_j$ ). В этом случае целесообразно установить  $r_{\text{шт}} = \text{const}$ ,  $V_{\text{шт}} = \text{const}$ ,  $C_{\text{шт}} = \text{var}$ , т. е. при переходе с изготовления одного предмета на другой меняется только количество рабочих мест по операциям, трудоёмкость которых различна по предметам труда.

Расчёт такта (ритма) и скорости движения конвейера в данном случае осуществляется аналогично приведенному для первого варианта (формулы (9.1) и (9.3)), а количество рабочих мест определяется по каждому  $j$ -му виду изделия по формуле

$$C_{\text{шт}} = \frac{T_j}{r_{\text{шт}}}. \quad (9.4)$$

*Третий вариант расчёта календарно-плановых нормативов.* За линией закреплены изделия, суммарная трудоёмкость изготовления которых различна на большинстве или на всех операциях ( $T_a \neq T_b \neq \dots = T_j$ ). В данном случае целесообразно установить  $r_{\text{шт}} = \text{var}$ ,  $V_{\text{шт}} = \text{var}$ ,  $C_{\text{шт}} = \text{const}$ , т. е. изменить при переходе от одного изделия к другому такт и скорость конвейера и оставить постоянным количество рабочих мест.

Частный такт для каждого  $j$ -го наименования изделия определяется по формуле

$$r_{\text{шт},j} = \frac{T_j}{C_{\text{шт}}} \text{ мин/шт.} \quad (9.5)$$

Скорость движения конвейера определяется для каждого  $j$ -го наименования изделия

$$V_{\text{шт},j} = \frac{l_{\text{пр}}}{r_{\text{шт},j}} \text{ м/мин.} \quad (9.6)$$

Количество рабочих мест на линии определяется так же, как и в первом случае (формула (9.2)).

**Расчёт второй группы календарно-плановых нормативов.** Размер партии предметов  $j$ -го наименования определяется по формуле

$$П_j = \frac{(100 - \alpha_{\text{п}}) \cdot П_{\text{р},j}}{\alpha_{\text{п}} \cdot r_{\text{шт},j}} \text{ шт.}, \quad (9.7)$$

где  $\alpha_{\text{п}}$  – допустимый процент потерь времени на простои рабочих мест при смене партий предметов на линии ( $\alpha_{\text{п}} = 2-8 \%$ );

$П_{\text{р},j}$  – средняя длительность простоя рабочего места при переналадке линии, мин.

Величина  $П_{\text{р},j}$  зависит от формы организации смены объектов на поточной линии. Различают две формы смены объектов. Первая форма предусматривает, что партия изделий  $j$ -го наименования, поступивших на первую операцию поточной линии, выпускается с последней операции в полном объёме. В этом случае  $П_{\text{р}}$  состоит из двух слагаемых: времени собственной переналадки рабочих мест ( $t_{\text{н}}$ ) и конвейера и времени ожидания рабочими местами вновь запущенной партии изделий  $j$ -го наименования  $(2C_{\text{шт}} - 1) \cdot r_{\text{шт},j+1}$ .

Расчёт ведётся по формуле

$$П_{\text{р},j} = t_{\text{н}} + (2C_{\text{шт}} - 1) \cdot r_{\text{шт},j+1} \text{ мин.} \quad (9.8)$$

Вторая форма смены объектов заключается в том, что из партии изделий  $j$ -го наименования на всех рабочих местах образуется переходящий задел (изделия на разных стадиях готовности). В этом случае величина  $П_{\text{р},j}$  включает

только время, необходимое для переналадки рабочих мест и конвейера, и определяется по формуле

$$\Pi_{p.j} = t_n \text{ мин.} \quad (9.9)$$

Первая форма смены объектов применяется при малых значениях  $r_{\text{пп},j}$  и  $C_{\text{пп},j}$ , вторая – при значительных величинах  $r_{\text{пп},j}$  и  $C_{\text{пп},j}$ .

Расчётный размер партии, как правило, является величиной минимальной и округляется в большую сторону (за исключением очень трудоёмких и больших предметов).

Окончательный размер партии устанавливается в зависимости от целого ряда экономических и организационно-производственных факторов.

В первую очередь размер партии должен быть согласован с заданной программой выпуска данного  $j$ -го наименования предметов и ритмом чередования, т. е. заданная программа выпуска должна быть величиной, кратной по отношению к выбранному размеру партии, а ритм должен быть удобопланируемым, т. е. величина должна укладываться целое число раз в плановый период.

Ритм (период чередования) партии, обусловленный программой выпуска (запуска) изделий и принятым размером партии, определяется по формуле

$$R_j = \frac{T_{\text{пл}}}{N_j} \cdot n_j \text{ дн.}, \quad (9.10)$$

где  $T_{\text{пл}}$  – плановый период времени, дн.;

$N_j$  – программа выпуска (запуска)  $j$ -го наименования изделий на плановый период, шт.

Длительность производственного цикла (время занятости поточной линии изготовлением  $j$ -го наименования изделия) определяется по формуле

$$t_{\text{ц},j} = \frac{\Pi_j \cdot r_{\text{пп},j} + \Pi_{p,j}}{480} \text{ дн.} \quad (9.11)$$

Если  $\Pi_{p,j} = 0$ ,

$$t_{\text{ц},j} = \frac{\Pi_j \cdot r_{\text{пп},j}}{480} \text{ дн.} \quad (9.12)$$

Все приведенные выше календарно-плановые нормативы комплексно взаимосвязываются в стандарт-плане поточной линии (рис. 9.1).

Стандарт-план МНПЛ с последовательно-партионным чередованием объектов показывает:

- чередование партии изготавливаемых объектов на линии;
- время занятости линии изготовления партии предметов каждого  $j$ -го наименования;
- баланс работы поточной линии за месяц (для рассматриваемого примера он равен 44 сменам – 22 дня при двухсменном режиме работы).

#### 9.4. Пример расчёта КПН и построения стандарт-плана МНПЛ с последовательно-партионным чередованием предметов труда

Допустим, что на МНПЛ собираются и монтируются блоки четырёх различных изделий А, Б, В, Г, которые имеют значительное конструктивное сходство и типовой технологический процесс. МНПЛ сборки и монтажа блоков работает в две смены. Сборку и монтаж блоков предполагается вести на одном непрерывно движущемся распределительном конвейере.

Месячная программа выпуска и суммарная трудоёмкость блоков приведены в табл. 9.1. Наибольшая длительность наладки одного рабочего места  $t_n = 20$  мин. Потери времени на простои рабочих мест при смене партий изделий  $\alpha_{\text{п}} = 2\%$ .

Таблица 9.1  
Информация о программе выпуска продукции

| Показатель                      | Усл. обозначение | Изделия |      |      |      |
|---------------------------------|------------------|---------|------|------|------|
|                                 |                  | А       | Б    | В    | Г    |
| Месячная программа выпуска, шт. | $N_j$            | 6000    | 3200 | 3400 | 5500 |
| Суммарная трудоёмкость, мин     | $T_j$            | 10      | 14   | 16   | 18   |

Исходный технологический процесс характеризуется различием норм времени по большинству операций. Поэтому принимается третий вариант расчёта КПН линии, т. е.  $C_{\text{мп}} = \text{const}$ ,  $r_{\text{мп}} = \text{var}$ ,  $V_{\text{мп}} = \text{var}$ .

Расчёт первой группы календарно-плановых нормативов выполняется в такой последовательности:

1. Определяется общее количество рабочих мест (формула (9.2))

$$C_{\text{мп}} = \frac{6000 \cdot 10 + 3200 \cdot 14 + 3400 \cdot 16 + 5500 \cdot 18}{22 \cdot 8 \cdot 60 \cdot 2 \cdot 0,98} = 11,9.$$

Принимаем  $C_{\text{мп}} = 12$  рабочих мест на линии.

2. Определяются частные такты по каждому  $j$ -му изделию (формула (9.5)).

$$r_{\text{мп.А}} = \frac{10}{12} = 0,83; \quad r_{\text{мп.Б}} = \frac{14}{12} = 1,16; \quad r_{\text{мп.В}} = \frac{16}{12} = 1,33; \quad r_{\text{мп.Г}} = \frac{18}{12} = 1,5 \text{ мин/шт.}$$

3. Определяются частные скорости движения конвейера (формула (9.6)).  
Примем шахматное расположение рабочих мест на конвейере с расстоянием между предметами  $l_{\text{пр}} = 0,7$  м, тогда

$$V_{\text{мп.А}} = \frac{0,7}{0,83} = 0,84; \quad V_{\text{мп.Б}} = \frac{0,7}{1,16} = 0,6; \quad V_{\text{мп.В}} = \frac{0,7}{1,33} = 0,52; \quad V_{\text{мп.Г}} = \frac{0,7}{1,5} = 0,46.$$

Расчёт второй группы КПН выполняется следующим образом.

Прежде, чем начать расчёт размера партии предметов труда (формула (9.7)), необходимо определиться, как будет осуществляться смена объектов на рабочих местах: с выпуском всех запущенных экземпляров из партии (формула (9.8)) или с использованием переходящих заделов (формула (9.9)).

Выбираем формы смены объектов с выпуском всех запущенных экземпляров (формула (9.8)) и расчёт ведём в такой последовательности:

1. Определяем среднюю длительность простоя каждого рабочего места при смене объектов производства (формула (9.8)):

$$П_{р.А} = 20 + (2 \cdot 12 - 1) \cdot 1,16 = 47 \text{ мин.};$$

$$П_{р.Б} = 20 + (2 \cdot 12 - 1) \cdot 1,33 = 51 \text{ мин.};$$

$$П_{р.В} = 20 + (2 \cdot 12 - 1) \cdot 1,5 = 55 \text{ мин.};$$

$$П_{р.Г} = 20 + (2 \cdot 12 - 1) \cdot 0,83 = 39 \text{ мин.}$$

2. Определяем размеры партий изделий (формула (9.7)):

$$П_A = \frac{(100 - 2) \cdot 47}{2 \cdot 0,83} = 2774 \text{ шт.} \quad (\text{принимаем } П_A = 3000 \text{ шт.});$$

$$П_B = \frac{(100 - 2) \cdot 51}{2 \cdot 1,16} = 2164 \text{ шт.} \quad (\text{принимаем } П_B = 3200 \text{ шт.});$$

$$П_V = \frac{(100 - 2) \cdot 55}{2 \cdot 1,33} = 2026 \text{ шт.} \quad (\text{принимаем } П_V = 3400 \text{ шт.});$$

$$П_\Gamma = \frac{(100 - 2) \cdot 39}{2 \cdot 1,5} = 1278 \text{ шт.} \quad (\text{принимаем } П_\Gamma = 2750 \text{ шт.}).$$

3. Выбираем удобопланируемые ритмы при 22 рабочих днях в месяц:

$$R_{\text{уд}} = 22, 11, 2, 1 \text{ дн.}$$

4. Определяем ритмы (периоды чередований) партий изделий (формула (9.10)):

$$R_A = \frac{22 \cdot 3000}{6000} = 11 \text{ дн.}; \quad R_B = \frac{22 \cdot 3200}{3200} = 22 \text{ дн.};$$

$$R_V = \frac{22 \cdot 3400}{3400} = 22 \text{ дн.}; \quad R_\Gamma = \frac{22 \cdot 2750}{5500} = 11 \text{ дн.}$$

5. Определяем количество партий по каждому  $j$ -му изделию:

$$K_A = \frac{N_A}{П_A} = \frac{6000}{3000} = 2 \text{ партии}; \quad K_B = \frac{N_B}{П_B} = \frac{3200}{3200} = 1 \text{ партия};$$

$$K_V = \frac{N_V}{П_V} = \frac{3400}{3400} = 1 \text{ партия}; \quad K_\Gamma = \frac{N_\Gamma}{П_\Gamma} = \frac{5500}{2750} = 2 \text{ партии}.$$

6. Определяем длительности производственных циклов партий изделий (формула (9.11)):

$$t_{ц.А} = \frac{3000 \cdot 0,83 + 47}{960} = 2,6 \text{ дн.};$$

$$t_{ц.Б} = \frac{3200 \cdot 1,16 + 51}{960} = 3,9 \text{ дн.};$$

$$t_{ц.В} = \frac{3400 \cdot 1,33 + 54}{960} = 4,6 \text{ дн.};$$

$$t_{ц.Г} = \frac{2750 \cdot 1,5 + 39}{960} = 4,3 \text{ дн.}$$

На основании рассчитанных календарно-плановых нормативов строится стандарт-план МНПЛ (рис. 9.1).

### 9.5. Контрольные вопросы и задания

1. В чём сущность и основные признаки организации поточного производства?
2. Как осуществляется выбор и обоснование поточной линии?
3. Понятие о синхронизации производственного процесса.
4. Поясните необходимость создания многопредметных поточных линий.
5. Поясните особенности организации МНПЛ.
6. Особенности расчёта КПН первой группы.
7. Особенности расчёта КПН второй группы.
8. Поясните, как строится стандарт-план МНПЛ.

| Наименование изделия | Месячная программа ( $N_j$ ), шт. | Суммарная трудоёмкость ( $T_j$ ), мин | Частный такт ( $t_{плj}$ ), мин/шт. | Размер партии ( $n_j$ ), шт. | Частная скорость движ. конвейера ( $V_j$ ), м/мин | Периодичность чередования партий ( $R_j$ ), дней | Количество партий ( $X_j$ ) | Длительность цикла ( $t_{цj}$ ), дн. | Время простоя рабочего места ( $\Pi_{рj}$ ), дн. | График работы МНПЛ, дн. |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|---|--|-----------------------------|--------------------------------------|--|-------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                      |                                   |                                       |                                     |                              |   |  |                             |                                      |  | 1                       | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| А                    | 6000                              | 10                                    | 0,83                                | 3000                         | 0,84  | 11   | 2                           | 2,6                                  | 0,05   |                         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Б                    | 3200                              | 14                                    | 1,16                                | 3200                         | 0,60  | 22   | 1                           | 3,9                                  | 0,05   |                         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| В                    | 3400                              | 16                                    | 1,33                                | 3400                         | 0,52  | 22   | 1                           | 4,6                                  | 0,05   |                         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Г                    | 5500                              | 18                                    | 1,50                                | 2750                         | 0,46  | 11   | 2                           | 4,3                                  | 0,04   |                         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

Рис. 9.1. Стандарт-план МНПЛ:

- время изготовления партии изделий  $j$ -го наименования;
- очередность обработки партий изделий  $j$ -го наименования

## 9.6. Варианты заданий

Чтобы определить исходные данные для выполнения лабораторной работы, необходимо воспользоваться табл. 9.2, 9.3.

Таблица 9.2

Исходные данные по вариантам 1–8

| Показатель                             | Варианты |      |      |      |      |      |      |      |
|--|----------|------|------|------|------|------|------|------|
|  | 1        | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    |
| Программа выпуска за месяц $N_j$ , шт. |          |      |      |      |      |      |      |      |
| Изделие А                              | 7200     | 3840 | 6600 | 3840 | 6900 | 6325 | 6900 | 6875 |
| Изделие Б                              | 3840     | 4080 | 3740 | 7200 | 3680 | 3910 | 3200 | 4000 |
| Изделие В                              | 4080     | 6600 | 6050 | 6600 | 6325 | 6900 | 6325 | 7500 |
| Суммарная трудоёмкость $T_j$ , мин     |          |      |      |      |      |      |      |      |
| Изделие А                              | 12,0     | 16,8 | 11,0 | 16,8 | 11,5 | 20,7 | 11,5 | 22,5 |
| Изделие Б                              | 16,8     | 19,2 | 17,6 | 12,0 | 16,1 | 18,4 | 14,0 | 17,5 |
| Изделие В                              | 19,2     | 21,6 | 19,8 | 21,6 | 20,7 | 11,5 | 20,7 | 12,5 |

Таблица 9.3

Исходные данные по вариантам 9–15

| Показатель                             | Варианты |      |      |      |      |      |      |  |
|--|----------|------|------|------|------|------|------|--|
|  | 9        | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   |  |
| Программа выпуска за месяц $N_j$ , шт. |          |      |      |      |      |      |      |  |
| Изделие А                              | 7500     | 8400 | 4480 | 9000 | 4800 | 5400 | 7800 |  |
| Изделие Б                              | 4250     | 4480 | 4760 | 4800 | 5100 | 2880 | 4160 |  |
| Изделие В                              | 6875     | 4760 | 7700 | 5100 | 8250 | 3060 | 7150 |  |
| Суммарная трудоёмкость $T_j$ , мин     |          |      |      |      |      |      |      |  |
| Изделие А                              | 12,5     | 14,0 | 19,6 | 15,0 | 21,0 | 9,0  | 13,0 |  |
| Изделие Б                              | 20,0     | 19,0 | 22,4 | 21,0 | 24,0 | 12,6 | 18,2 |  |
| Изделие В                              | 22,5     | 22,4 | 25,2 | 24,0 | 27,0 | 14,4 | 23,4 |  |



# Лабораторная работа №10

Тема «Расчёт и оптимизация параметров сетевых графиков, используемых при создании и освоении новой техники»

## 10.1. Цель

Закрепление теоретических знаний по теме «Планирование процессов разработки и освоения выпуска новой продукции; система сетевого планирования и управления»; изучение методики расчёта параметров сетевых графиков и приобретения навыков расчёта и оптимизации сетевых графиков по параметрам «время – ресурсы».

## 10.2. Порядок выполнения

Время выполнения работы – четыре часа.

Последовательность выполнения лабораторной работы:

1. Ознакомление с поставленной целью лабораторной работы (подразд. 10.1).
2. Изучение теоретического материала по рассматриваемой теме, знакомство с правилами построения сетевых графиков, табличным методом расчёта параметров сетевых графиков, эвристическими методами оптимизации параметров «время – ресурсы» (подразд. 10.3).
3. Знакомство с приведенным примером построения сетевого графика на выполнение ОКР, расчёта и оптимизации параметров «время – ресурсы» (подразд. 10.4).
4. Расчёт и оптимизация сетевого графика по параметру «время – ресурсы» в соответствии с полученным вариантом задания (подразд. 10.6).
5. Защита лабораторной работы: представление рассчитанного и оптимизированного сетевого графика по параметру «время – ресурсы», выделение длительности критического пути до и после оптимизации и определение резервов времени по всем работам, лежащим на некритическом пути. Ответ на поставленные теоретические вопросы. Выполнение контрольных заданий.

## 10.3. Краткие теоретические сведения

В настоящее время для планирования и управления процессами создания и освоения новой техники широко применяются методы сетевого планирования и управления (СПУ), в основу которых положена модель, описывающая объект управления в виде сетевого графика.

Сетевой график по сравнению с ленточным (всё ещё широко применяемым) имеет ряд преимуществ, в частности: на нём широко просматриваются взаимосвязи между работами; в график легко вводятся ранее не предусмотрен-

ные работы; на графике может быть легко выявлена технологическая последовательность работ, которая определяет конечные сроки всей разработки – критический путь; по сетевому графику можно определять резервы времени работ, не лежащих на критическом пути, что позволяет наиболее рационально перераспределять наличные, людские, материальные и финансовые ресурсы; этот график даёт возможность оптимизировать план предстоящих работ.

*Сетевой график* (сеть) представляет собой план работ по созданию сначала промежуточной продукции с определённой степенью готовности, а в конце – готового изделия, т. е. достижению конечной цели.

Наиболее распространённый способ изображения плана работ – сетевой график в терминах работ и событий.

Термин *работа* используется в сетевом графике в широком смысле слова и имеет следующие значения:

1. Действительная работа – производственный процесс, требующий затрат времени и ресурсов (например, проектирование рабочих чертежей, изготовление деталей и т. д.).

2. Ожидание – процесс, требующий затрат времени, но не требующий затрат ресурсов (процессы старения металла, охлаждения деталей после термообработки и т. д.).

3. Зависимость (фиктивная работа) – условный элемент, который вводится для отражения взаимосвязи между работами. Зависимость не требует ни затрат времени, ни ресурсов.

Действительная работа и ожидание изображаются в сети сплошными стрелками, а зависимость – пунктирами.

Термин *событие* обозначает факт свершения одной или нескольких работ, без чего невозможно начало последующих. События изображаются на графике кружками или другими геометрическими фигурами. Событие в отличие от работы не является процессом, оно не имеет длительности, так как совершается мгновенно и не сопровождается затратами времени и ресурсов.

При построении сетевых графиков необходимо соблюдать несколько весьма несложных логических правил:

1. График должен быть простым, без лишних перечислений.
2. Стрелки (работы) должны быть направлены слева направо.
3. Между двумя событиями может быть изображена только одна работа (рис. 10.1).

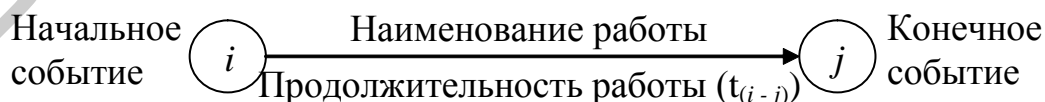


Рис. 10.1. Структура сетевого графика

4. Для параллельно выполняемых работ вводятся дополнительное событие и зависимость (рис. 10.2).

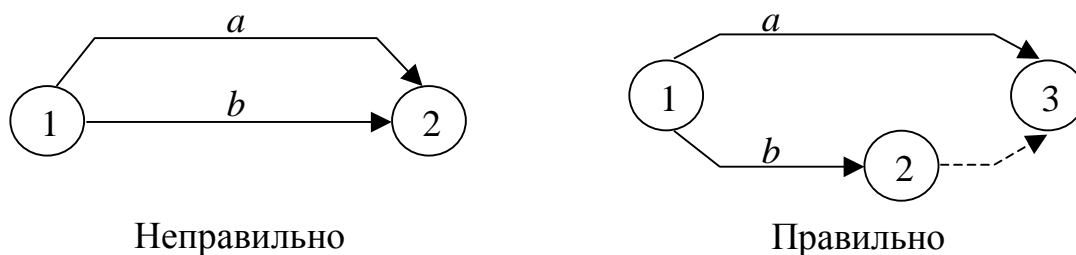


Рис. 10.2. Пример построения сетевого графика с параллельно выполняемыми работами

5. В сетевом графике не должно быть тупиков, т. е. событий, из которых не выходит ни одной работы (за исключением завершающих событий) или в которые не входит ни одна работа (за исключением исходных событий), например, на рис. 10.3 событие 4 является тупиковым, а в событие 2 не входит ни одна работа.

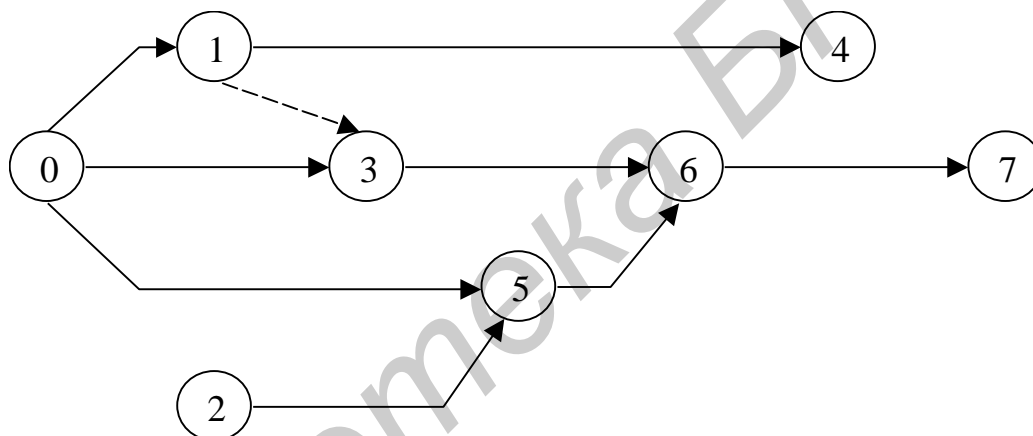


Рис. 10.3. Пример неправильного построения сетевого графика, имеющего тупики

6. В сетевом графике не должно быть замкнутых контуров (на рис. 10.4 работы 1–2, 2–3, 3–1 образуют замкнутый контур).

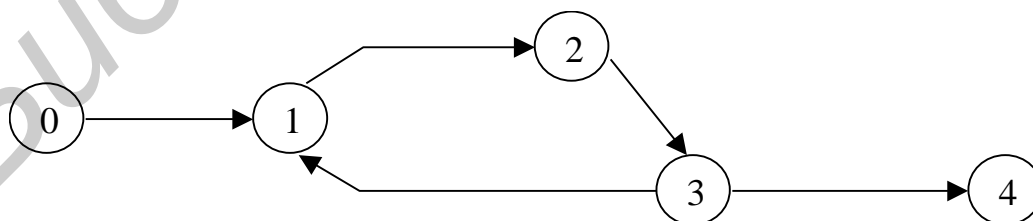


Рис. 10.4. Пример неправильного построения сетевого графика, имеющего замкнутый контур

7. В сетевом графике не должно быть событий, обозначенных одинаковыми кодами (на рис. 10.5 одинаково закодированы два события).

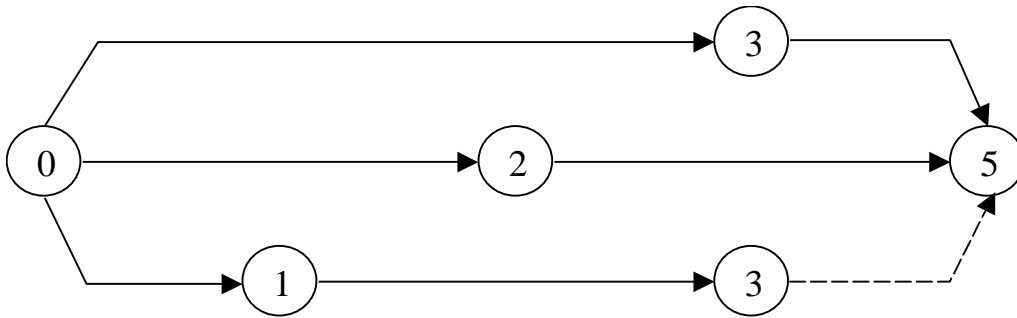


Рис. 10.5. Пример неправильного построения сетевого графика, имеющего события, обозначенные одинаковыми кодами

8. Сетевой график должен кодироваться так, чтобы стрелки (работа) выходили из события, закодированного меньшим числовым значением, и входили в событие с большим числовым значением.

Параметры сетевого графика рассчитываются одним из способов: аналитическим, табличным, методом расчёта на самом графике, с применением ЭВМ и др.

Наиболее широко применяют метод расчёта сетевого графика на самом графике и табличный метод. В них полностью используются формулы аналитического метода.

Методические указания по расчёту и оптимизации параметров сетевого графика приводятся по ходу решения задач.

#### 10.4. Пример расчёта и оптимизации сетевого графика

Разработать план выполнения ОКР по созданию нового образца телевизора в виде сетевого графика на основе перечня работ и трудоёмкости их выполнения, приведенных в табл. 10.1, гр. 1, 3–6.

Произвести расчёт продолжительности каждой работы  $(i - j)$ , исходя из заданной трудоёмкости и установленной численности (см. табл. 10.1, гр. 5 и 6); построить сетевой график на данный комплекс работ; закодировать построенный график; рассчитать параметры данного графика (наиболее ранние и наиболее поздние сроки свершения событий; наиболее ранние и наиболее поздние сроки начала и окончания работ; общие и частные резервы времени работ; продолжительность критического пути); произвести оптимизацию сетевого графика по параметру «время – ресурсы».

1. Продолжительность выполнения каждой работы  $(i - j)$  определяется по формуле

$$t_{(i-j)} = \frac{T_{(i-j)}}{Ч_{(i-j)}K_B}, \quad (9.1)$$

где  $T_{(i-j)}$  – трудоёмкость работы  $(i - j)$ , чел.-недель;

$Ч_{(i-j)}$  – численность исполнителей работы  $(i - j)$ , чел.;

$K_B$  – коэффициент выполнения норм времени (принимается равным 1).

Таблица 10.1

## Перечень ОКР по созданию нового образца телевизора

| Код работы | Работа  | Номера предыдущих работ | Трудоёмкость, чел.-недель | Численность исполнителей, чел. | Продолжительность выполнения работ, недель |
|------------|---|-------------------------|---------------------------|--------------------------------|--|
| 1          | 2   | 3                       | 4                         | 5                              | 6  |
| 0–1        | Разработка технического задания   | 0                       | 9                         | 3                              | 3  |
| 1–5        | Патентный поиск   | 1                       | 10                        | 2                              | 5  |
| 1–2        | Выбор и расчёт скелетной схемы  | 1                       | 6                         | 2                              | 3  |
| 1–3        | Разработка эскизного проекта  | 1                       | 16                        | 4                              | 4  |
| 2–4        | Разработка принципиальной схемы   | 3                       | 12                        | 4                              | 3  |
| 4–5        | Расчёт принципиальной схемы и определение допусков на электронные параметры                                   | 5                       | 8                         | 4                              | 2  |
| 3–5        | Блочное проектирование макета нового телевизора   | 3, 4                    | 20                        | 4                              | 5  |
| 5–7        | Разработка и расчёт конструкторской документации для изготовления макета                                      | 2, 6, 7                 | 24                        | 6                              | 4  |
| 5–6        | Проектирование технологии и специальной оснастки  | 2, 6, 7                 | 20                        | 4                              | 5  |
| 6–7        | Изготовление оснастки   | 9                       | 30                        | 6                              | 5  |
| 2–7        | Обработка данных расчёта скелетной схемы и подготовка к макетированию   | 3                       | 8                         | 2                              | 4  |
| 7–8        | Изготовление макета нового телевизора   | 8, 10, 11               | 40                        | 8                              | 5  |
| 8–9        | Испытание макета нового телевизора, изучение свойств и параметров, корректировка схем, расчётов, документации | 12                      | 15                        | 5                              | 3  |

Подставив в формулу (10.1) соответствующие данные по первой работе из табл. 10.1, получим

$$t_{(0-1)} = \frac{9}{3 \cdot 1} = 3 \text{ недели.}$$

Аналогично производим расчёты по всем остальным работам, а результаты заносим в гр. 6 табл. 10.1.

2. *Построение сетевого графика* осуществляется на основании данных, приведенных в гр. 1, 3 и 4 табл. 10.1 (рис. 10.6).

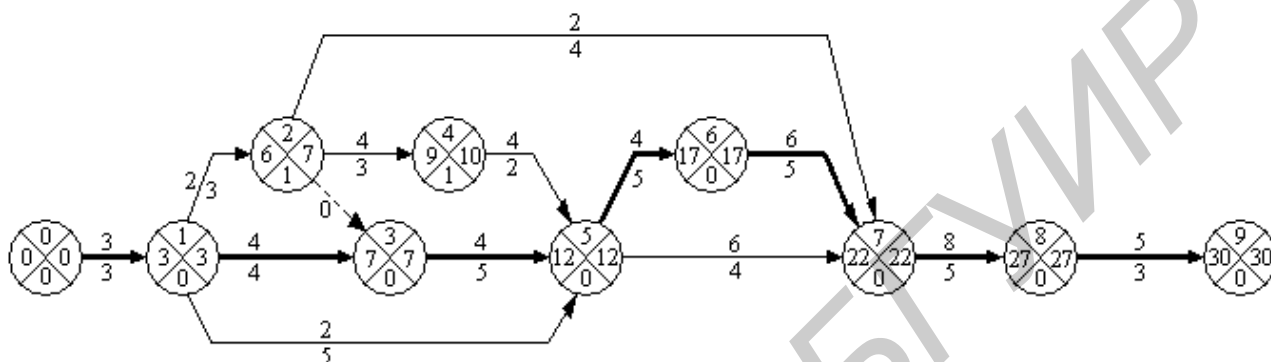


Рис. 10.6. Сетевой график на выполнение ОКР по созданию нового образца телевизора

3. *Кодирование сетевого графика* выполняется в соответствии с правилом №8. Коды событий проставляются по возрастанию от  $i$  до  $j$  (см. рис. 10.6), а также в гр. 1 табл. 10.1.

4. *Расчёт параметров сетевого графика.* Для пояснения методики расчёта рассмотрим два метода:

- 1) расчёт параметров сетевого графика на самом графике;
- 2) табличный метод расчёта.

*Первый метод* предусматривает расчёт следующих параметров:

- ранних сроков свершения событий ( $t_i^P$ );
- поздних сроков свершения событий ( $t_i^H$ );
- резервов времени свершения событий ( $R_i$ ).

Для расчёта параметров сетевого графика по первому методу все события (кружки) делятся на четыре сектора (см. рис. 10.6). В верхних секторах проставляют коды событий. В левые секторы в процессе расчёта вписывают наиболее ранние сроки свершения событий ( $t_i^P$ ), а в правые – наиболее поздние сроки свершения событий ( $t_i^H$ ). В нижних секторах проставляют календарные даты или резервы событий ( $R_i$ ).

Расчёт наиболее ранних сроков свершения событий ведётся слева направо, начиная с исходного события и заканчивая завершающим событием. Ранний срок свершения исходного события принимается равным нулю ( $t_i^P = 0$ ). Ранний

срок свершения  $j$ -го события определяется суммированием продолжительности работы ( $t_{(i-j)}$ ), ведущей к  $j$ -му событию, и раннего срока предшествующего ему  $i$ -го события ( $t_j^p = t_i^p + t_{(i-j)}$ ). Это при условии, если в  $j$ -е событие входит одна работа (например, для события №2  $t_2^p = 3 + 3 = 6$ ), а если  $j$ -му событию предшествует несколько работ, то определяют ранние сроки выполнения каждой работы и из них выбирают максимальный по абсолютной величине и записывают в левом секторе события ( $t_j^p = \max t_{(i-j)}^{po}$ ).

Например,  $t_{(1-5)}^{po} = 3 + 5 = 8$ ;  $t_{(3-5)}^{po} = 7 + 5 = 12$ ;  $t_{(4-5)}^{po} = 9 + 2 = 11$ . Из этих значений выбирают максимальное – 12 и вписывают в левый сектор события №5. Аналогично расчёт ведётся до завершающего события.

Расчёт наиболее поздних сроков свершения событий ведётся справа налево, начиная с завершающего события и заканчивая исходным. Поздний срок свершения завершающего события принимается равным раннему сроку этого события ( $t_j^n = t_j^p$ ), например  $t_9^n = t_9^p = 30$ . Это значение записывают в правый сектор события.

Наиболее поздний срок свершения  $i$ -го события определяется как разность между сроками последующего  $j$ -го события, записанным в правом секторе, и продолжительностью работы, ведущей из  $i$ -го события к  $j$ -му событию, т. е.  $t_i^n = t_j^n - t_{(i-j)}$ . Это значение вписывают в правый сектор  $i$ -го события, если из этого события выходит одна работа, а если из  $i$ -го события выходит несколько работ, то выбирают минимальное значение и записывают в правый сектор  $i$ -го события; это и будет поздним сроком свершения  $i$ -го события.

Например, из события №2 выходят три работы с поздними сроками свершения событий:  $t_{(2-7)}^n = 22 - 4 = 18$ ;  $t_{(2-4)}^n = 10 - 3 = 7$ ;  $t_{(2-3)}^n = 7 - 0 = 7$ . Из трёх значений выбирают минимальное, равное 7, и вписывают его в правый сектор события №2. Аналогично расчёт ведётся до исходного события.

*Расчёт резервов времени на свершение событий.* Резерв времени  $i$ -го события определяется непосредственно на сетевом графике вычитанием величины раннего срока свершения  $i$ -го события из величины позднего срока свершения  $i$ -го события ( $R_i = t_i^n - t_i^p$ ).

Следует отметить, что все события, которые не имеют резервов времени, находятся на критическом пути, однако этого недостаточно, чтобы выделить работы, находящиеся на критическом пути. Например, несмотря на то, что у работы (5–7) ранние и поздние сроки свершения событий равны, она не лежит на критическом пути. Для выделения критических работ необходимо, чтобы  $t_j^p - t_i^p = t_{(i-j)}$ .

Например, для работы (5–7):  $22 - 12 = 10$ , а  $t_{(5-7)} = 4$ , следовательно, данная работа имеет резерв и потому не является критической. Критический путь проходит по работам (0–1), (1–3), (3–5), (5–6), (6–7), (7–8), (8–9).

Второй метод расчёта параметров сетевого графика (табличный) предусматривает расчёт следующих параметров:

- наиболее ранних сроков начала  $i - j$  работ ( $t_{(i-j)}^{p.H}$ );
- наиболее ранних сроков окончания  $i - j$  работ ( $t_{(i-j)}^{p.o}$ );
- наиболее поздних сроков начала  $i - j$  работ ( $t_{(i-j)}^{п.H}$ );
- наиболее поздних сроков окончания  $i - j$  работ ( $t_{(i-j)}^{п.o}$ );
- общих резервов времени  $i - j$  работ ( $R_{(i-j)}$ );
- частных резервов времени первого  $r'_{(i-j)}$  и второго  $r''_{(i-j)}$  вида работы  $i - j$ .

Все указанные параметры сетевого графика определяются в табличной форме (табл. 10.2).

Таблица 10.2

Расчёт параметров сетевого графика табличным методом

| Код |     | $t_{(i-j)}$ | $t_{(i-j)}^{p.H}$ | $t_{(i-j)}^{p.o}$ | $t_{(i-j)}^{п.H}$ | $t_{(i-j)}^{п.o}$ | $R_{(i-j)}$ | $r''_{(i-j)}$ | $r'_{(i-j)}$ |
|-----|-----|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------|---------------|--------------|
| $i$ | $j$ |             |                   |                   |                   |                   |             |               |              |
| 1   | 2   | 3           | 4                 | 5                 | 6                 | 7                 | 8           | 9             | 10           |
| 0   | 1   | 3           | 0                 | 3                 | 0                 | 3                 | 0           | 0             | 0            |
| 1   | 2   | 3           | 3                 | 6                 | 4                 | 7                 | 1           | 0             | 1            |
| 1   | 3   | 4           | 3                 | 7                 | 3                 | 7                 | 0           | 0             | 0            |
| 1   | 5   | 5           | 3                 | 8                 | 7                 | 12                | 4           | 4             | 4            |
| 2   | 3   | 0           | 6                 | 6                 | 7                 | 7                 | 1           | 1             | 0            |
| 2   | 4   | 3           | 6                 | 9                 | 7                 | 10                | 1           | 0             | 0            |
| 2   | 7   | 4           | 6                 | 10                | 18                | 22                | 12          | 12            | 11           |
| 3   | 5   | 5           | 7                 | 12                | 7                 | 12                | 0           | 0             | 0            |
| 4   | 5   | 2           | 9                 | 11                | 10                | 12                | 1           | 1             | 0            |
| 5   | 6   | 5           | 12                | 17                | 12                | 17                | 0           | 0             | 0            |
| 5   | 7   | 4           | 12                | 16                | 18                | 22                | 6           | 6             | 6            |
| 6   | 7   | 5           | 17                | 22                | 17                | 22                | 0           | 0             | 0            |
| 7   | 8   | 5           | 22                | 27                | 22                | 27                | 0           | 0             | 0            |
| 8   | 9   | 3           | 27                | 30                | 27                | 30                | 0           | 0             | 0            |

Расчёт параметров сетевого графика начинают с заполнения первых трёх граф таблицы. В гр. 1 и 2 записывают коды событий строго по их возрастанию, а в гр. 3 проставляют продолжительность выполнения работ. Далее рассчитывают наиболее ранние сроки начала и окончания работ (см. табл. 10.2, гр. 4 и 5). Расчёт ведётся сверху вниз.



Для работ, опирающихся на исходное событие, наиболее раннее начало принимают равным нулю ( $t_{(i-j)}^{p.H} = 0$ ) и проставляют в гр. 4 табл. 10.2. Ранний срок окончания работ получается в результате сложения  $t_{(i-j)}^{p.H}$  и  $t_{(i-j)}$  в каждой строке ( $t_{(i-j)}^{p.o} = t_{(i-j)}^{p.H} + t_{(i-j)}$ ). Результат записывают в гр. 5 табл. 10.2.

Для определения раннего срока начала последующих работ в вышерасположенных строках таблицы находится обозначение работы, у которой последующее событие  $j$  имеет номер предыдущего события  $i$  рассчитываемой работы, и значение  $t_{(i-j)}^{p.o}$  из этой строки (гр. 5) переносят в гр. 4  $t_{(i-j)}^{p.H}$  строки рассчитываемой работы.

Если начальному событию рассматриваемой работы предшествует несколько работ, то в качестве  $t_{(i-j)}^{p.H}$  выбирают наибольшее значение ( $t_{(i-j)}^{p.H} = \max \{t_{(h-i)}^{p.o}\}$ ). Например,  $t_{(5-6)}^{p.H} = 12$ , т. к. работе (5–6) предшествует три работы: (1–5), (3–5), (4–5), из которых работа (3–5) имеет максимальное раннее окончание равное 12, а работы (1–5) и (4–5) соответственно имеют  $t_{(i-j)}^{p.o}$ , равное 8 и 11.

Расчёт наиболее поздних сроков начала и окончания работ ведётся снизу вверх в гр. 6 и 7 табл. 10.2.

Для завершающего события наиболее ранний срок свершения равен наиболее позднему сроку и равен продолжительности критического пути, т. е.  $t_{(j-k)}^{p.o} = t_{(j-k)}^{п.о} = t_{кр}$ .

Для нашего случая  $t_{(8-9)}^{p.o} = t_{(8-9)}^{п.о} = 30$ . Это значение записываются в гр. 7 табл. 10.2. Позднее начало определяется как разность между  $t_{(i-j)}^{п.о}$  и её продолжительностью, т. е.  $t_{(i-j)}^{п.н} = t_{(i-j)}^{п.о} - t_{(i-j)}$ .

Позднее окончание для каждой работы ( $i - j$ ) определяется путём отыскания поздних начал работ – последующих за данной работой. Если за ней следует одна работа, то  $t_{(i-j)}^{п.н}$  будет являться  $t_{(i-j)}^{п.о}$  для рассматриваемой работы, и её значение из гр. 6 переносят в гр. 7 табл. 10.2. Например, данная работа (5–7), за ней следует одна работа (7–8), у которой  $t_{(7-8)}^{п.н} = 22$ , следовательно,  $t_{(5-7)}^{п.о} = 22$ . Если за данной работой следует несколько работ, тогда выбирается минимальное значение позднего их начала. Например, за работой (4–5) следуют две работы (5–6) и (5–7), т. е.  $t_{(5-6)}^{п.н} = 12$  и  $t_{(5-7)}^{п.н} = 18$ . Выбирают минимальное значение, равное 12, и переносят из гр. 6 в гр. 7 для работы (4–5), т. е.  $t_{(4-5)}^{п.о} = 12$ .

Полный (общий) резерв времени работы ( $i - j$ ) определяют как разность между наиболее поздним (гр. 7) и наиболее ранним (гр. 5) окончанием работы

$(i-j)$ , а результат записывают в гр. 8 табл. 10.2. Например,  $R_{(1-5)} = t_{(1-5)}^{п.о} - t_{(1-5)}^{р.о} = 12 - 8 = 4$ .

Расчёт частных резервов времени работы  $(i-j)$  ведётся в табличной форме снизу вверх с использованием формул для определения частного резерва времени первого вида (результат записывают в гр. 10 табл. 10.2)

$$r'_{(i-j)} = t_{(i-j)}^{п.о} - t_{(h-i)}^{п.о} - t_{(i-j)}$$

Например,  $r'_{(2-7)} = 22 - 7 - 4 = 11$ .

Частный резерв времени второго вида рассчитывается по формуле (результат заносят в гр. 9 табл. 10.2)

$$r''_{(i-j)} = t_{(j-k)}^{р.н} - t_{(i-j)}^{р.о}$$

Например,  $r''_{(2-7)} = 22 - 10 = 12$ .

##### 5. Оптимизация сетевого графика по параметру «время – ресурсы».

Эта оптимизация производится эвристическим методом. Сначала график оптимизируют по параметру «время», а затем, если он удовлетворяет длительности критического пути, – по ресурсам (людским, материальным и др.). По параметру «время» существует несколько способов приведения графика в соответствие с заданными сроками, например, пересмотр топологии сети, сокращение продолжительности работ, находящихся на критическом пути, и др.

В нашем случае  $t_{кр} = 30$  недель устраивает разработчика, и график пока не оптимизируется по параметру «время».

Оптимизация сетевого графика по параметру «людские ресурсы» сводится к расчёту численности исполнителей по календарным периодам и приведению её к заданным ограничениям. Для этого сетевой график наносят на календарную сетку (рис. 10.7, а), при этом работы изображаются стрелками в масштабе времени их свершения по наиболее ранним срокам, а резервы времени работ (частные резервы времени работ второго вида) изображают пунктирными линиями со стрелкой.

После построения графика в масштабе времени над стрелками (работами) проставляют числа исполнителей, которые затем суммируются по календарным периодам, и результаты сравнивают с располагаемой численностью. Под сетевым графиком строят график загрузки людских ресурсов по плановым периодам (рис. 10.7, б). Если расчётные числа превышают располагаемую численность исполнителей в каком-либо периоде (в нашем случае – располагаемая численность – 8 человек), то начало работ сдвигается на более ранние или более поздние сроки в пределах имеющихся резервов времени выполнения работ с таким расчётом, чтобы сумма людских ресурсов по календарным периодам не превышала наличную численность работников. В нашем случае имеется превышение численности в отдельные плановые периоды (см. рис. 10.7, б) и недогрузка исполнителей в отдельные недели.

В этой связи было перемещено начало выполнения отдельных работ в пределах имеющихся резервов времени. В частности, работа (1–5) перемещена

на более раннее её начало с изменением топологии сетевого графика; начало работ (4–5) и (2–7) перемещено соответственно на величину их резервов; время выполнения работы (5–7) увеличено с 4 до 6 недель с сокращением численности исполнителей; срок выполнения завершающей работы (8–9) сокращён с 3-х до 2-х недель с увеличением численности исполнителей.

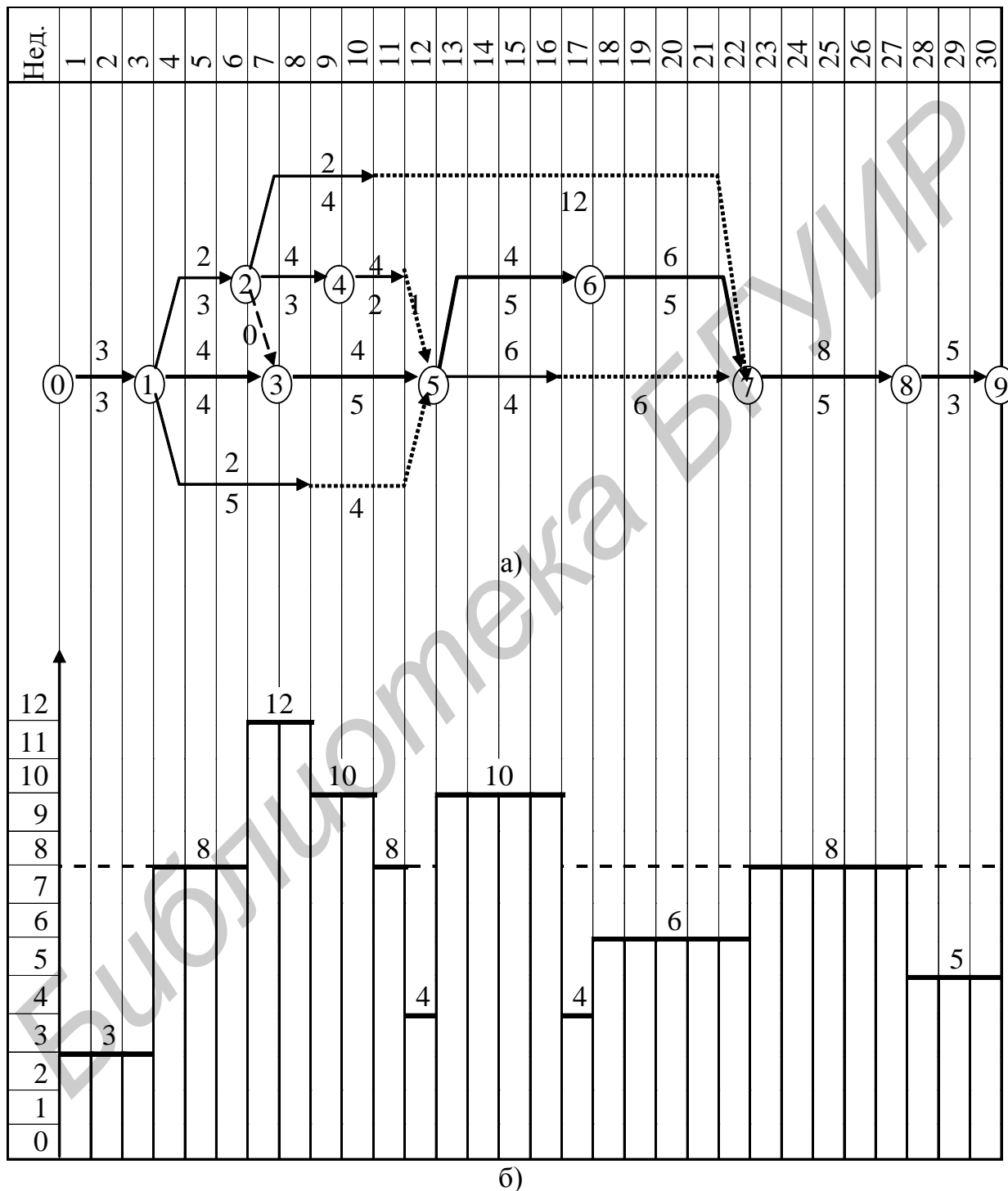


Рис. 10.7. Сетевой график и график движения людских ресурсов до оптимизации по параметру «время – ресурсы»

Сетевой график и график загрузки людских ресурсов после оптимизации представлены на рис. 10.8. Приоритет передвижения работ по оси времени отдавался работам с наибольшими резервами времени. Из рис. 10.8 видно, что критический путь сократился на 1 неделю и составил 29 недель, а численность исполнителей по всем плановым периодам не превышает 8 человек.

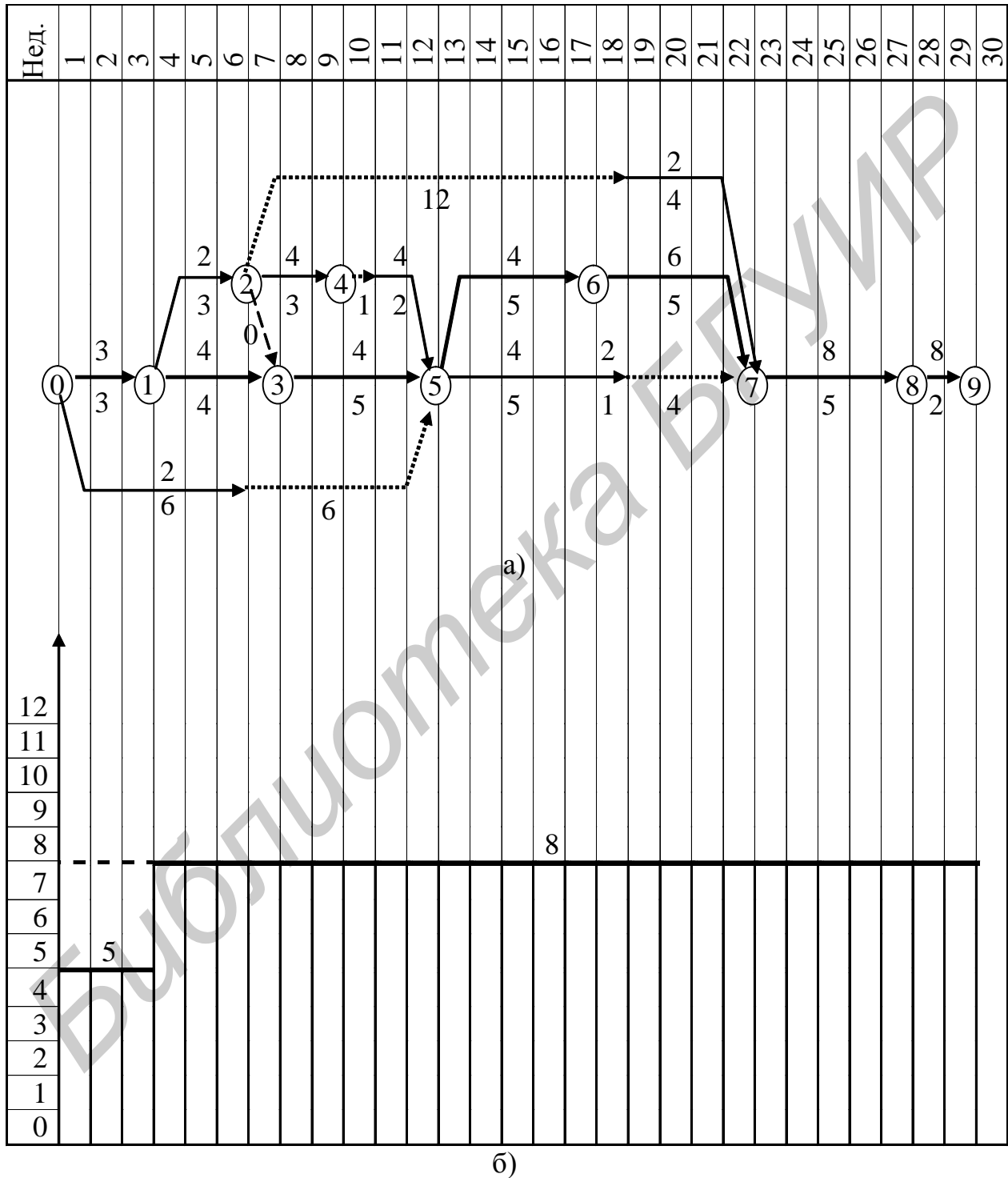


Рис. 10.8. Сетевой график движения людских ресурсов после оптимизации по параметру «время – ресурсы»

## 10.5. Контрольные вопросы и задания

1. Что представляет собой сетевой график?
2. Достоинства и недостатки сетевого графика по сравнению с ленточным графиком.
3. Правила построения сетевых графиков.
4. Поясните понятия «действительная работа», «ожидание» и «фиктивная работа».
5. Поясните понятие «событие» на сетевом графике.
6. Поясните понятия «путь», «полный путь», «критический путь».
7. Что показывает критический путь на сетевом графике?
8. Поясните, какие параметры определяются при использовании метода расчёта на самом графике и табличного метода.
9. Поясните, как проводится оптимизация сетевого графика по параметру «время – ресурсы».
10. Как организуется функционирование системы СПУ на стадии планирования?
11. Как организуется функционирование системы СПУ на стадии управления комплексом работ?

## 10.6. Варианты заданий

### Вариант 1

Построить сетевой график по данным, приведенным в карточке-определителе работ (табл. 10.3), рассчитать параметры (ранние и поздние сроки начала и окончания работ, резервы времени работ и событий, длительность критического пути). Провести оптимизацию сетевого графика по трудовым ресурсам и времени. Введено ограничение по числу конструкторов – 8 человек.

Таблица 10.3

Карточка-определитель работ

| № п/п | Код работы | Работа               | Номера предшествующих работ | Численность исполнителей, чел. | Продолжительность выполнения работ, недель |
|-------|------------|----------------------|-----------------------------|--------------------------------|--|
| 1     | 2          | 3                    | 4                           | 5                              | 6  |
| 1     | 0–1        | Разработка ТЗ на РТМ | 0                           | 2                              | 1,5  |

| 1  | 2     | 3  | 4        | 5 | 6   |
|----|-------|--|----------|---|-----|
| 2  | 1–2   | Доработка и уточнение ТЗ на РТМ          | 1        | 3 | 3,5 |
| 3  | 1–4   | Составление ТЗ на разработку АЛУ         | 1        | 2 | 1,0 |
| 4  | 1–3   | Составление ТЗ на разработку электросхем | 1        | 1 | 0,5 |
| 5  | 1–10  | Разработка проектов стандартов           | 1        | 2 | 2,5 |
| 6  | 10–14 | Выборка и уточнение проектов стандартов  | 5        | 2 | 4,0 |
| 7  | 8–9   | Внесение изменений в макет АЛУ           | 10       | 1 | 1   |
| 8  | 2–14  | Разработка технического проекта          | 2        | 5 | 4,5 |
| 9  | 4–6   | Разработка конструкции АЛУ (проекта)     | 2, 3     | 2 | 0,5 |
| 10 | 6–8   | Изготовление макета АЛУ                  | 9        | 3 | 2,0 |
| 11 | 3–5   | Разработка электротехнических схем       | 4        | 2 | 1,0 |
| 12 | 5–7   | Расклад ТЭЗов                            | 11       | 2 | 1,0 |
| 13 | 7–9   | Изготовление ТЭЗов                       | 12       | 2 | 0,5 |
| 14 | 9–11  | Сборкам ТЭЗов в макете АЛУ               | 13       | 2 | 0,5 |
| 15 | 11–12 | Отладка макета АЛУ                       | 14       | 2 | 1,5 |
| 16 | 12–13 | Испытание макета АЛУ                     | 15       | 2 | 1,5 |
| 17 | 13–14 | Корректировка ТД по АЛУ                  | 16       | 3 | 2,0 |
| 18 | 14–15 | Передача ТПЗ заказчику                   | 6, 8, 17 | 2 | 0,5 |

### Вариант 2

Построить сетевой график конструкторской подготовки производства нового изделия, выполняемой 9 конструкторами, рассчитать параметры сетевого графика; провести оптимизацию по параметрам «время – ресурсы». Исходные данные приведены в карточке-определителе работ и событий (табл. 10.4).

Карточка-определитель работ и событий

| Код работ |     | Работа   | $t_{ож}$ неделя | Численность исполнителей | Код события | Событие   |
|-----------|-----|--|-----------------|--------------------------|-------------|---|
| $i$       | $j$ |  |                 |                          |             |   |
| 0         | 1   | Разработка технического задания                    | 2               | 5                        | 0           | Задание на разработку технического задания      |
| 0         | 2   | Составление спецификации на изделие                | 1               | 3                        |             |   |
| 1         | 2   | Размещение заказа на покупку комплектующих изделий | 2               | 5                        | 1           | Техническое задание разработано                 |
| 1         | 3   | Разработка ТПР                                     | 6               | 12                       |             |   |
| 2         | 7   | Приёмка комплектующих изделий                      | 1               | 3                        | 2           | Заказы на приёмку комплектующих изделий приняты |
| 3         | 4   | Отливка заготовок                                  | 3               | 3                        | 3           | ТПР разработан                                  |
| 3         | 5   | Штамповка заготовок                                | 2               | 2                        |             |   |
| 4         | 6   | Обработка деталей                                  | 4               | 5                        |             | Отливка заготовок                               |
| 5         | 7   | Отделка деталей                                    | 1               | 2                        | 5           | Штамповка заготовок закончена                   |
| 6         | 7   | Отделка деталей                                    | 1               | 2                        | 6           | Обработка деталей                               |
| 7         | 8   | Сборка опытного образца                            | 6               | 10                       | 7           | Комплектность образца подготовлена              |
| 8         | 9   | Испытание опытного образца изделия                 | 4               | 8                        | 8           | Опытный образец собран                          |
| 9         | 10  | Составление рабочего проекта                       | 3               | 10                       | 9           | Опытный образец испытан                         |
|           |     |  |                 |                          | 10          | Рабочий проект составлен                        |

## Вариант 3

Построить сетевой график на проектирование и изготовление испытательного стенда по данным, приведенным в карточке-определителе работ и событий (табл. 10.5), рассчитать параметры сетевого графика (ранние и поздние сроки начала и окончания работ, резервы времени работ и событий, длитель-

ность критического пути), провести оптимизацию по параметрам «время-ресурсы». Ограничения по численности – не более 6 чел.

Таблица 10.5

Карточка-определитель работ и событий

| Код работы |     | Наименование работы  | Продолжительность, $t_{ож}$ Дн. | Численность исполнителей, чел. | Код события | Наименование события  |
|------------|-----|--|---------------------------------|--------------------------------|-------------|---|
| $i$        | $j$ |  |                                 |                                |             |   |
| 1          | 2   | 3  | 4                               | 5                              | 6           | 7   |
| 0          | 1   | Разработка технической документации  | 5                               | 2                              | 0           | Техническое задание на проектирование испытательного стенда |
| 1          | 2   | Общая компоновка стенда  | 4                               | 2                              | 1           | Техническая документация на стенд разработана               |
| 1          | 7   | Выдача технического задания на составление рабочей документации по эксплуатации стенда | 3                               | 1                              |             |   |
| 2          | 3   | Разработка технологии изготовления электрической части стенда                          | 8                               | 2                              | 2           | Общая компоновка стенда готова                              |
| 2          | 4   | Разработка технологии изготовления механической части стенда                           | 10                              | 2                              |             |   |
| 2          | 5   | Оформление и размещение заказов на покупные комплектующие изделия                      | 5                               | 1                              |             |   |
| 3          | 6   | Изготовление и монтаж элементов электросхемы   | 15                              | 3                              | 3           | Проектирование электрической части стенда закончено         |
| 4          | 6   | Изготовление и подборка элементов механической части стенда                            | 12                              | 3                              | 4           | Проектирование механической части стенда закончено          |
| 5          | 6   | Исполнение заказов на покупные комплектующие изделия стенда                            | 15                              | 3                              | 5           | Заказ на покупные комплектующие изделия размещён            |



| 1 | 2 | 3  | 4  | 5 | 6 | 7   |
|---|---|--|----|---|---|---|
| 6 | 7 | Фиктивная работа (информация о характеристиках элементов стенда для уточнения рабочей документации по эксплуатации стенда) | 0  | 0 | 6 | Все элементы электросхемы и механической части стенда готовы, покупные комплектующие изделия получены   |
| 6 | 8 | Сборка и отладка стенда  | 12 | 3 |   |   |
| 7 | 8 | Разработка рабочей документации по эксплуатации стенда   | 6  | 2 | 7 | Техническое задание на разработку рабочей документации по эксплуатации стенда с учётом полученной информации о характеристиках элементов стенда закончена |
| 8 | 9 | Проведение контрольных испытаний стенда и сдача заказчику  | 10 | 2 | 8 | Стенд собран и отлажен, документация по эксплуатации стенда подготовлена  |
|   |   |  |    |   | 9 | Стенд испытан и принят заказчиком   |

#### Вариант 4

Построить сетевой график на комплекс работ по инспекции и ремонту оборудования в механическом цехе по данным, приведенным в карточке-определителе работ (табл. 10.6), рассчитать параметры сетевого графика, провести оптимизацию сетевого графика по параметрам «время – ресурсы». Ограничение по численности работников – 7 чел.

Карточка-определитель работ  
на инспекцию и ремонт оборудования в механическом цехе

| № п/п | Код работы | Наименование работы  | Номера предшествующих работ | Численность исполнителей, чел. | Продолжительность выполнения работ, дн. |
|-------|------------|--|-----------------------------|--------------------------------|---|
| 1     | 0–1        | Общая проверка технического состояния оборудования   | 0                           | 2                              | 6                                       |
| 2     | 1–2        | Демонтаж станков средней группы (по выборке)   | 1                           | 3                              | 2                                       |
| 3     | 1–3        | Демонтаж станков сложной группы (по выборке)   | 1                           | 3                              | 4                                       |
| 4     | 2–4        | Ремонт электрической части станков средней группы  | 2                           | 2                              | 3                                       |
| 5     | 2–5        | Ремонт механической части станков средней группы   | 2                           | 2                              | 9                                       |
| 6     | 2–7        | Повышение квалификации персонала, освобождённого от работы в связи с остановкой оборудования для ремонта | 2                           | 6                              | 10                                      |
| 7     | 3–4        | Ремонт механической части станков сложной группы оборудования  | 3                           | 3                              | 10                                      |
| 8     | 4–6        | Ремонт электрической части станков сложной группы оборудования   | 4, 7                        | 2                              | 7                                       |
| 9     | 5–6        | Сборка и отладка станков средней группы оборудования   | 4, 5, 7                     | 3                              | 2                                       |
| 10    | 6–7        | Сборка и отладка станков сложной группы оборудования   | 8, 9                        | 3                              | 5                                       |
| 11    | 7–8        | Пуск оборудования после ремонта и отладки и освоение мощности цеха                                       | 6, 10                       | 6                              | 3                                       |

## Вариант 5

Построить сетевой график по данным, приведенным в карточке-определителе работ и событий (табл. 10.7), рассчитать параметры сетевого графика, провести оптимизацию по параметрам «время – ресурсы». Ограничения по численности – не более 5 чел.

Таблица 10.7

Карточка-определитель работ и событий

| Код работы |     | Наименование работы   | Продолжительность, $t_{ож}$ дн. | Численность исполнителей, чел. | Код события | Наименование события                                      |
|------------|-----|---|---------------------------------|--------------------------------|-------------|---|
| $i$        | $j$ |   |                                 |                                |             |   |
| 1          | 2   | 3   | 4                               | 5                              | 6           | 7   |
| 0          | 1   | Разработка технического задания на проектирование изделия     | 15                              | 2                              | 0           | Решение о создании изделия принято                        |
| 1          | 2   | Составление спецификации приборов и комплектующих для изделия | 10                              | 1                              | 1           | Техническое задание на проектирование изделия разработано |
| 1          | 3   | Сбор данных по типуажу силовых головок, подлежащих испытанию  | 5                               | 1                              |             |   |
| 1          | 5   | Разработка эскизного проекта изделия                          | 5                               | 2                              |             |   |
| 2          | 4   | Оформление заказа на комплектующие приборы и изделия          | 4                               | 1                              | 2           | Спецификации приборов и комплектующих изделий составлены  |
| 3          | 5   | Составление таблиц габаритных размеров головок                | 2                               | 1                              | 3           | Данные по типуажу силовых головок собраны                 |
| 3          | 9   | Разработка методики испытаний изделия                         | 5                               | 2                              |             |   |
| 3          | 10  | Анализ силовых головок, подлежащих испытанию                  | 4                               | 2                              |             |   |

| 1  | 2  | 3  | 4  | 5 | 6  | 7  |
|----|----|--|----|---|----|--|
| 4  | 5  | Изучение информации о параметрах приборов                  | 5  | 2 | 4  | Заказы на приборы и комплектующие узлы приняты   |
| 4  | 8  | Поставка приборов  | 10 | 1 |    |  |
| 4  | 11 | Поставка комплектующих узлов                               | 10 | 2 |    |  |
| 5  | 6  | Разработка технического проекта изделия                    | 15 | 3 | 5  | Эскизный проект изделия разработан   |
| 5  | 7  | Проектирование оснастки для проведения испытаний изделия   | 10 | 2 |    |  |
| 6  | 7  | Разработка рабочего проекта изделия                        | 20 | 4 | 6  | Технический проект изделия разработан  |
| 7  | 9  | Расчёт размерных цепей для составления программы испытаний | 10 | 2 | 7  | Рабочий проект изделия разработан  |
| 7  | 11 | Изготовление деталей изделия и оснастки                    | 10 | 5 |    |  |
| 8  | 11 | Проверка полученных приборов                               | 2  | 1 | 8  | Заказанные приборы получены  |
| 9  | 10 | Составление программы испытаний                            | 5  | 2 | 9  | Расчёт размерных цепей и составление методики испытаний закончены                                |
| 10 | 11 | Составление рабочих схем испытаний                         | 5  | 2 | 10 | Программа испытаний составлена   |
| 10 | 13 | Составление рабочих инструкций по испытаниям               | 4  | 1 |    |  |
| 11 | 12 | Генеральная сборка и монтажные работы изделия              | 20 | 5 | 11 | Изготовление деталей и оснастки закончено, приборы проверены, рабочие схемы испытаний составлены |
| 12 | 13 | Проверка изделия на точность и общая отладка               | 3  | 2 | 12 | Генеральная сборка и монтажные работы закончены  |
|    |    |  |    |   | 13 | Изделие изготовлено и отлажено, рабочие инструкции разработаны                                   |

## Вариант 6

Построить сетевой график на разработку нового автомобиля по данным, приведенным в карточке-определителе работ (табл. 10.8), рассчитать параметры сетевого графика, провести оптимизацию сетевого графика по параметрам «время – ресурсы». Ограничение по численности разработчиков нового автомобиля – 14 чел.

Таблица 10.8

Карточка-определитель работ на разработку нового автомобиля

| № п/п | Код работы | Наименование работы   | Номера предшествующих работ | Численность исполнителей, чел. | Продолжительность выполнения работ, нед. |
|-------|------------|---|-----------------------------|--------------------------------|--|
| 1     | 2          | 3   | 4                           | 5                              | 6  |
| 1     | 0–1        | Разработка технического задания и составление эскизного проекта | 0                           | 6                              | 8  |
| 2     | 1–2        | Составление технического проекта двигателя                      | 1                           | 5                              | 18                                       |
| 3     | 1–3        | Составление технического проекта карбюратора                    | 1                           | 3                              | 8  |
| 4     | 1–4        | Составление технического проекта системы выхлопа                | 1                           | 4                              | 10                                       |
| 5     | 2–5        | Составление рабочего проекта двигателя                          | 2                           | 5                              | 15                                       |
| 6     | 3–6        | Составление рабочего проекта карбюратора                        | 3                           | 3                              | 8  |
| 7     | 4–7        | Составление рабочего проекта системы выхлопов                   | 4                           | 4                              | 10                                       |
| 8     | 2–8        | Составление проекта оснастки двигателя                          | 2                           | 3                              | 18                                       |
| 9     | 3–9        | Составление проекта оснастки карбюратора                        | 3                           | 3                              | 6  |
| 10    | 4–10       | Составление проекта оснастки системы выхлопов                   | 4                           | 2                              | 8  |
| 11    | 8–11       | Изготовление оснастки двигателя                                 | 8                           | 2                              | 20                                       |

| 1  | 2     | 3  | 4             | 5  | 6  |
|----|-------|--|---------------|----|----|
| 12 | 9–12  | Изготовление оснастки карбюратора                                      | 9             | 2  | 8  |
| 13 | 10–13 | Изготовление оснастки системы выхлопов                                 | 10            | 2  | 10 |
| 14 | 5–14  | Изготовление опытного образца двигателя                                | 5             | 5  | 16 |
| 15 | 6–15  | Изготовление опытного образца карбюратора                              | 6             | 2  | 6  |
| 16 | 7–16  | Изготовление опытного образца системы выхлопов                         | 7             | 4  | 6  |
| 17 | 14–17 | Сборка опытного образца автомобиля                                     | 11, 14        | 6  | 4  |
| 18 | 15–17 | Испытание опытного образца карбюратора                                 | 12, 15        | 2  | 4  |
| 19 | 16–17 | Испытание опытного образца системы выхлопов                            | 13, 16        | 2  | 4  |
| 20 | 17–18 | Испытание опытного образца автомобиля                                  | 17, 18,<br>19 | 2  | 8  |
| 21 | 18–19 | Внесение изменений в техническую документацию по результатам испытаний | 20            | 2  | 8  |
| 22 | 19–20 | Освоение серийного производства автомобиля                             | 21            | 10 | 16 |

## Литература

1. Основы менеджмента : лаб. практикум / Э. А. Афилов [и др.] ; под ред. Н. И. Новицкого. – Минск : БГУИР, 1996. – 60 с.
2. Организация и планирование производства. Управление предприятием : лаб. практикум / Н. П. Беляцкий [и др.]. – Минск : МРТИ, 1992. – 60 с.
3. Организация и планирование производства : лаб. практикум / Н. И. Новицкий [и др.] ; под ред. Н. И. Новицкого. – Минск : Новое знание, 2007. – 230 с.
4. Новицкий, Н. И. Организация и планирование производства : практикум / Н. И. Новицкий. – Минск : Новое знание, 2004. – 256 с.
5. Организация производства : лаб. практикум для студ. спец. «Экономика и управление предприятием» / Н. И. Новицкий [и др.] ; под ред. Н. И. Новицкого. – Минск : БГУИР, 1998. – 66 с.
6. Новицкий, Н. И. Организация производства на предприятиях : учеб.-метод. пособие / Н. И. Новицкий. – Минск : Финансы и статистика, 2004. – 392 с.
7. Новицкий, Н. И. Организация, планирование и управление производством : учеб.-метод. пособие / Н. И. Новицкий, В. П. Пашуто ; под ред. Н. И. Новицкого. – Минск : Финансы и статистика, 2006. – 576 с.
8. Организация производства : лаб. практикум для студ. экон. спец. БГУИР дневн. и заоч. форм обуч. / Н. И. Новицкий [и др.]. – Минск : БГУИР, 2007. – 84 с.
9. Новицкий, Н. И. Основы менеджмента : организация и планирование производства : задачи и лаб. работы / Н. И. Новицкий. – Минск : Финансы и статистика, 1998. – 208 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                         |   |     |
|-------------------------|---|-----|
| Лабораторная работа №1  | Организация производственного процесса во времени . . . . .   | 3   |
| Лабораторная работа №2  | Изучение затрат рабочего времени методом хронометражных наблюдений . . . . .  | 10  |
| Лабораторная работа №3  | Фотография рабочего времени . . . . .   | 23  |
| Лабораторная работа №4  | Выбор ресурсосберегающего технологического процесса . . . . .   | 35  |
| Лабораторная работа №5  | Выбор оптимального варианта обслуживания технологического оборудования промышленным роботом . . . . .   | 52  |
| Лабораторная работа №6  | Организация многостаночного обслуживания.   | 62  |
| Лабораторная работа №7  | Расчёт календарно-плановых нормативов и построение стандарт-плана однопредметной непрерывно-поточной линии . . . . .  | 72  |
| Лабораторная работа №8  | Расчёт календарно-плановых нормативов и построение стандарт-плана однопредметной прерывно-поточной линии . . . . .  | 95  |
| Лабораторная работа №9  | Расчёт календарно-плановых нормативов и построение стандарт-плана многопредметной непрерывно-поточной линии с последовательно-партионным чередованием предметов труда . . . . . | 111 |
| Лабораторная работа №10 | Расчёт и оптимизация параметров сетевых графиков, используемых при создании и освоении новой техники . . . . .  | 121 |
| Литература . . . . .    |   | 143 |



*Учебное издание*

**Горюшкин Александр Алексеевич**  
**Горноста́й Людмила Чеславовна**  
**Игнатова Елена Анатольевна**  
**Наумчик Елена Альбертовна**  
**Новицкий Николай Илларионович**

**ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА  
И УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЕМ.  
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

ПОСОБИЕ

Редактор *И. В. Ничипор*

Корректор *Е. И. Герман*

Компьютерная правка, оригинал-макет *В. М. Задоя*

Подписано в печать . . . 2013. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».  
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. . . . Уч.-изд. л. 8,5. Тираж 300 экз. Заказ 664.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования  
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»  
ЛИ №02330/0494371 от 16.03.2009. ЛП №02330/0494175 от 03.04.2009.  
220013, Минск, П. Бровки, 6