

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ильшат Ринатович Мухаметзянов

Должность: директор

Дата подписания: 13.07.2023 15:15:48

Уникальный идентификатор:

aba80b84033c9ef196388e9ea0434f90a87a40954ba270e84bche64f02d1d8d0

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический

университет им. А.Н. Туполева-КАИ»

(КНИТУ-КАИ)

Чистопольский филиал «Восток»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ**

по дисциплине

**ЭКОНОМИКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ**

## ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

№ п/п	Наименование практических занятий
<i>1</i>	<i>Организационные основы производства</i>
1.1	История развития науки об организации производства
1.2	Производственный процесс и общие принципы его организации
<i>2</i>	<i>Организация производственных процессов</i>
2.1	Организация производственного процесса во времени
2.2	Организация производственного процесса в пространстве
2.3	Организация непоточных методов производства
2.4	Организация поточных методов производства
2.5	Организация автоматизированного производства
<i>3</i>	<i>Организация вспомогательных цехов и обслуживающих хозяйств предприятия</i>
3.1	Организация инструментального хозяйства предприятия
3.2	Организация ремонтной службы предприятия
3.3	Организация энергетического хозяйства предприятия
3.4	Организация транспортного хозяйства предприятия
3.5	Организация складского хозяйства предприятия
<i>4</i>	<i>Планирование производства на предприятии</i>
4.1	Тема 4.1. Основы планирования
4.2	Тема 4.2. Стратегическое и оперативное планирование производства

Практические занятия по дисциплине «Экономика производственных процессов» включают в себя:

- 1) контрольные вопросы по теме;
- 2) решение практических задач.

Перед каждым практическим занятием студенту рекомендуется следующая схема подготовки:

- ✓ проработать конспект лекций;
- ✓ ответить на контрольные вопросы плана практического занятия;
- ✓ при необходимости изучить основную и дополнительную литературу, рекомендованную по разделу;
- ✓ при затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю.

Практическое занятие начинается с ответа на контрольные вопросы. Каждому студенту предлагается дать полный и развернутый ответ на 3 вопроса изучаемой темы. Для данного задания необходимо свободно владеть основными определениями, понятиями, правилами, приемами, методами в рамках рассматриваемого материала. Опрос проводится в течение 30 минут.

Решение практических задач предполагает индивидуальную работу или работу в группе. Полученное решение оценивается преподавателем при защите его студентом перед аудиторией. Баллы получают также студенты, принявшие участие в дискуссии или сформулировавшие вопросы по существу дела.

## **Тема 1.1. История развития науки об организации производства**

### ***Контрольные вопросы***

1. Вклад Р. Аркрайта в историю развития науки
2. Вклад Ф.У. Тейлора в историю развития науки
3. Вклад Г. Эмерсона в историю развития науки
4. Вклад Г. Ганта в историю развития науки
5. Вклад Г. Форда в историю развития науки
6. Вклад А. Файоля в историю развития науки
7. Вклад М. Уолкера, Д. Келли и Д. Малькольма в историю развития науки
8. Вклад К. Адамецки в историю развития науки
9. Вклад С. П. Митрофанова в историю развития науки
10. Вклад А. К. Гастева в историю развития науки

## **Тема 1.2. Производственный процесс и общие принципы его организации**

### ***Контрольные вопросы***

1. Производственный процесс – это .....
2. Представьте характеристику основного производственного процесса.
3. Представьте характеристику вспомогательного производственного процесса.
4. Представьте характеристику обслуживающего производственного процесса.
5. По каким стадиям протекают основные производственные процессы, охарактеризуйте их.
6. В чем заключается отличие простого производственного процесса от сложного?
7. Назовите основные принципы организации производственного процесса.
8. В чем заключается смысл принципа концентрации и интеграции?
9. В чем заключается смысл принципа специализации и пропорциональности?
10. В чем заключается смысл принципа прямоточности и непрерывности?
11. В чем заключается смысл принципа параллельности и ритмичности?
12. В чем заключается смысл принципа автоматичности и гибкости?
13. Сущность единичного типа производства.
14. Сущность серийного типа производства.
15. Сущность массового типа производства.

## **Тема 2.1. Организация производственного процесса во времени**

### ***Контрольные вопросы***

1. Продолжительность производственного цикла – это .....

2. На какие временные составляющие делится продолжительность производственного цикла?

3. Какие перерывы производственного процесса входят в состав продолжительности производственного цикла?

4. Характеристика естественных процессов.

5. Характеристика трудовых процессов.

6. Назовите виды движения предметов труда по операциям, охарактеризуйте их.

### **Методические указания к практическим заданиям «Организация простого производственного процесса во времени»**

В простом процессе детали (заготовки) в большинстве случаев изготавливают партиями, поэтому очень важным является вопрос о рациональном выборе движения партии деталей. Выбранный вид этого движения определяет степень непрерывности и параллельности производственного процесса и продолжительность производственного цикла изготовления партии деталей.

Существуют три вида движения партии деталей по операциям технологического процесса: последовательный, параллельно-последовательный и параллельный.

Сущность **последовательного вида движения** заключается в том, что каждая последующая операция начинается только после окончания изготовления всей партии деталей на предыдущей операции. При этом передача с одной операции на другую осуществляется целыми партиями.

Продолжительность технологического цикла обработки партии деталей, рассчитанная по формуле составляет

$$T_{ц(послед)} = n \cdot \sum_{i=1}^m \frac{t_i}{C_{npi}}, \quad (1.1)$$

где  $n$  – количество обрабатываемых деталей, шт.;

$m$  – количество операций технологического процесса;

$t_i$  – норма штучного времени по операциям технологического процесса, мин.;

$C_{npi}$  – количество оборудования (рабочих мест) по операциям технологического процесса.

Графически продолжительность технологического цикла обработки партии деталей определяется на основе рис. 1.1.

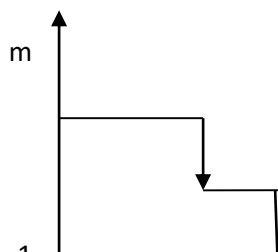
Время внутрипартионного пролеживания одной детали на всех операциях технологического процесса:

$$t_{np} = (n-1) \cdot \sum_{i=1}^m t_i = T_{ц(послед)} - t_{обр}, \quad (1.2)$$

где  $t_{обр}$  – суммарное время обработки одной детали на всех операциях технологического процесса.

Общее время пролеживания всех деталей в партии:

$$T_{np} = n \cdot t_{np}, \quad (1.3)$$



0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34, t,

Рис. 1.1. График технологического цикла при последовательном движении деталей по операциям

Сущность **последовательно-параллельного движения** заключается в том, что на каждом рабочем месте работа ведется без перерывов, как при последовательном движении, но вместе с тем имеет место параллельная обработка одной и той же партии деталей на смежных операциях. Передача деталей с предыдущей операции на последующую производится не целыми партиями ( $n$ ), а поштучно или транспортными партиями ( $p$ ). Пусть имеется такая же партия деталей, что и при последовательном виде движения, а величина транспортной партии  $p$ .

При построении графика данного вида движений деталей по операциям технологического процесса (рис. 1.2) необходимо учитывать следующие виды сочетаний периодов выполнения смежных операций.

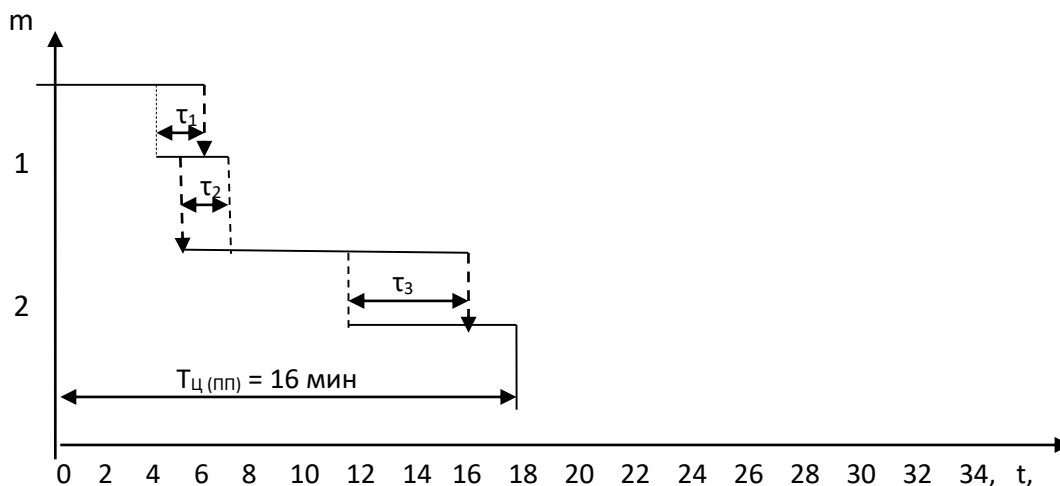


Рис. 1.2. График технологического цикла при последовательно-параллельном движении деталей по операциям

1. Если периоды выполнения смежных операций (предыдущей и последующей) одинаковые, то между ними организуется параллельная обработка

деталей, которые передаются с предыдущей операции на последующую поштучно или небольшими транспортными партиями сразу же после их обработки.

2. Если продолжительность последующей операции меньше, чем предыдущей, то для того чтобы определить момент начала последующей операции, необходимо от точки, соответствующей окончанию предыдущей операции над всей партией ( $n$ ), отложить вправо отрезок, равный продолжительности последующей операции ( $t_2$ ) над одной транспортной партией ( $p$ ), а влево - отрезок, равный продолжительности последующей операции над всеми предшествующими транспортными партиями.

3. Если продолжительность последующей операции больше, чем предыдущей, то в этом случае транспортную партию ( $p$ ) можно передавать с предыдущей операции на последующую сразу же по окончании ее обработки.

Из рис. 1.2. видно, что продолжительность цикла изготовления партии деталей при последовательно-параллельном движении меньше, чем при последовательном движении из-за наличия параллельности протекания каждой пары смежных операций на суммарное время совмещений  $\tau$ . Таких совмещений столько, сколько операций в технологическом процессе за минусом единицы.

Время совмещения (параллельности) выполнения каждой пары смежных операций

$$\tau_i = (n - p) \cdot t_{kpi}, \quad (1.4)$$

где  $t_{kpi}$  – наименьшее время между каждой парой смежных операций, мин.

Продолжительность технологического цикла изготовления партии деталей при последовательно-параллельном движении можно определить по формуле

$$T_{ц(пп)} = n \cdot \sum_{i=1}^m \frac{t_i}{C_{npi}} - (n - p) \sum_{i=1}^{m-1} \frac{t_{kpi}}{C_{npi}}, \quad (1.5)$$

Сущность **параллельного вида движений** заключается в том, что детали с одной операции на другую передаются поштучно или транспортными партиями ( $p$ ) немедленно после завершения обработки (независимо от времени выполнения смежных операций). При этом обработка деталей по всем операциям осуществляется непрерывно и пролеживание деталей исключено. Это значительно сокращает продолжительность технологического цикла и, следовательно, производственного.

При построении графика параллельного движения партии деталей по операциям (рис. 1.3) необходимо учитывать следующие правила:

1. Сначала строится технологический цикл для первой транспортной партии по всем операциям без пролеживания между ними.

2. На операции с самой большой продолжительностью строится операционный цикл обработки деталей по всей партии ( $n$ ) без перерывов в работе оборудования.

3. Для всех остальных транспортных партий достраиваются операционные циклы.

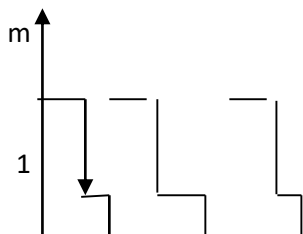


Рис. 1.3. График технологического цикла при параллельном движении деталей по операциям

По формуле продолжительность технологического цикла изготовления партии деталей определяется

$$T_{Ц(ПАР)} = (n - p) \frac{t_{\max}}{C_{np}} + p \cdot \sum_{i=1}^m \frac{t_i}{C_{npi}}, \quad (1.6)$$

### ***Решение практических задач***

#### ***Задача 1***

Построить графики движения партии деталей и рассчитать длительность технологического цикла по всем трем видам движений, если известно, что партия деталей состоит из 3 шт., технологический процесс обработки включает 5 операций, длительность которых соответственно составляет:  $t_1=2$  мин,  $t_2=1$  мин,  $t_3=3$  мин,  $t_4=2$  мин,  $t_5=2,5$  мин. Размер транспортной партии равен 1 шт. Каждая операция выполняется на одном станке.

#### ***Задача 2***

Количество деталей в партии 12 шт. Вид движений партии деталей – последовательный. Технологический процесс обработки деталей состоит из 6 операций, длительность обработки на каждой операции:  $t_1=4$  мин,  $t_2=6$  мин,  $t_3=6$  мин,  $t_4=2$  мин,  $t_5=5$  мин,  $t_6=3$  мин. Каждая операция выполняется на одном станке.

*Определить*, как изменится продолжительность технологического цикла обработки деталей, если последовательный вид движения заменить на параллельно-последовательный. Размер транспортной партии равен 1.

#### ***Задача 3***

Количество деталей в партии 10 шт., которые обрабатываются при параллельно-последовательном виде движения. Технологический процесс обработки деталей состоит из 6 операций, длительность обработки на каждой операции:  $t_1=2$  мин,



$t_2= 9$  мин,  $t_3= 5$  мин,  $t_4= 8$  мин,  $t_5= 3$  мин,  $t_6= 4$  мин. Имеется возможность объединить пятую и шестую операции в одну без изменения длительности каждой. Размер транспортной партии равен 1.

*Определить*, как изменится длительность технологического цикла обработки деталей.

#### Задача 4

*Определить* длительность технологического цикла обработки партии деталей в 100 шт. при последовательном, параллельно-последовательном и параллельном видах движения. Размер транспортной партии 10 шт. Каждая операция выполняется на одном станке. Технологический процесс обработки деталей представлен в таблице 1.

Таблица 1

Технологический процесс обработки деталей

№ операции	Операция	Норма времени, мин.
1	Сверлильная 1	2
2	Расточная	3
3	Протяжная	10
4	Обточная	4
5	Зубонарезная	12
6	Сверлильная 2	8
7	Фрезерная	15
8	Слесарная 1	6
9	Слесарная 2	20
10	Шлифовальная	10

#### Задача 5

*Определить* длительность технологического цикла обработки партии деталей в 20 шт. при последовательном, параллельно-последовательном и параллельном видах движения.

Построить графики процесса обработки. Технологический процесс обработки деталей состоит из 5 операций, длительность обработки на каждой операции:  $t_1= 2$  мин,  $t_2= 4$  мин,  $t_3= 3$  мин,  $t_4= 6$  мин,  $t_5= 5$  мин.

Вторая, четвертая и пятая операции выполняются на двух станках, а первая и третья – на одном. Величина транспортной партии равна 5 шт.

#### Задача 6

*Определить* длительность технологического и производственного циклов обработки партии деталей при разных видах движений, построить графики процесса обработки партии деталей при следующих данных: величина партии деталей 12 шт.; величина транспортной партии 6 шт.; среднее межоперационное время – 2 мин.; режим работы – двухсменный; длительность рабочей смены 8 ч;

длительность естественных процессов – 35 мин.; технологический процесс представлен в таблице 2.

Таблица 2

Технологический процесс обработки деталей

№ операции	Наименование операции	Кол-во ед-ц оборудования	Норма времени, мин.
1	Токарная	1	4,0
2	Фрезерная	1	1,5
3	Шлифовальная	2	6,0

Задача 7

*Определить* длительность технологического и производственного циклов обработки партии деталей, состоящей из 10 шт. при разных видах движений. Построить графики процесса обработки. Технологический процесс обработки деталей состоит из 4 операций, длительность которых соответственно составляет:  $t_1=8$  мин,  $t_2=4$  мин,  $t_3=2$  мин,  $t_4=10$  мин. Среднее межоперационное время 2 мин. Длительность естественных процессов 30 мин. Величина транспортной партии 2 шт. Первая и четвертая операции выполняются на двух станках, остальные – на одном.

Задача 8

Партия деталей из 200 шт. обрабатываются при параллельно-последовательном виде движения. Технологический процесс обработки деталей состоит из 6 операций, длительность которых соответственно составляет:  $t_1=6$  мин,  $t_2=3$  мин,  $t_3=24$  мин,  $t_4=6$  мин,  $t_5=4$  мин,  $t_6=20$  мин. Третья операция выполняется на трех станках-дублерах, шестая – на двух, а каждая из остальных операций – на одном станке. Транспортная партия 20 дет.

*Определить*, как изменится длительность технологического цикла обработки партии деталей, если параллельно-последовательный вид движения заменить параллельным.

Задача 9

На основе исходных данных таблицы 3 рассчитать трудоемкость технологии выработки и реализации управленческого решения при обработке информации на компьютере, определить количество единиц вычислительной техники, длительность выполнения каждой операции, время обработки информации, длительность технологического цикла при использовании последовательно-параллельного движений предмета труда, построить график процесса обработки информации при последовательно-параллельном виде движений. Режим работы – двухсменный. Эффективный фонд рабочего времени работников в одну смену – 7,3 ч. Коэффициент выполнения норм времени 1,1.

Таблица 3

Исходные данные и расчетные показатели

Операция	для разработки	и	Суточ.объем	Производи-	Трудоемкость,
----------	----------------	---	-------------	------------	---------------

принятия управленческого решения	работ, эл-ов операций	тельность, операция/с	ч
1. Сбор и анализ исходной информации о состоянии объекта	$92,16 \cdot 10^6$	800	32,0
2. Формулировка ограничений и определение альтернативных решений	$36,59 \cdot 10^6$	220	46,2
3. Оценка и выбор альтернативы с наиболее благоприятными последствиями	$31,75 \cdot 10^6$	280	31,5
4. Принятие управленческого решения	$57,6 \cdot 10^6$	100	16,0
5. Организация выполнения управленческого решения	$27,72 \cdot 10^6$	5 000	15,4
6. Оперативный контроль исполнения управленческого решения	$21,6 \cdot 10^6$	4 800	12,5
7. Оценка результатов принятого решения	$54,0 \cdot 10^6$	1	15,0

### **Методические указания к практическим заданиям «Организация простого производственного процесса во времени»**

Основные календарно-плановые нормативы

1. Минимальный размер партии изделий, собираемых на участке

$$n_{\min} = \frac{(100 - \alpha_{об}) \cdot \sum_{i=1}^m t_{нзи}}{\alpha_{об} \cdot \sum_{i=1}^m t_{уми}}, \text{ шт} \quad (2.1)$$

где  $t_{нзи}$  – подготовительно-заключительное время на  $i$ -й операции сборки, мин.;  
 $\alpha_{об}$  – процент допустимых потерь рабочего времени на переналадку и ремонт рабочих мест.

2. Период чередования партии изделий:

$$R_p = \frac{D_p \cdot n_{\min}}{N_в}, \text{ дни}, \quad (2.2)$$

где  $D_p$  – количество рабочих дней в месяце;

$N_в$  – месячная программа изготовления изделий (программа выпуска), шт.

3. Оптимальный размер партии изделий определяется по формуле

$$n_o = R_{пр} \cdot \frac{N_в}{D_p}, \text{ шт.} \quad (2.3)$$

где  $R_{пр}$  – принятый период чередования (если в месяце 20 рабочих дней, то удобопланируемыми ритмами будут 20, 10, 5, 4, 2 и 1; если в месяце 21 день, то такими ритмами будут 21, 7, 3 и 1; если 22 дня, то 22, 11, 2 и 1).

При этом должны выполняться следующие условия:

- 1) месячная программа кратна оптимальному размеру партии;
- 2) оптимальный размер партии изделий удовлетворяет требованию

$$n_{\min} < n_o < N_B$$

4. Длительность операционного цикла партии изделий на  $i$ -й операции определяется по формуле

$$t_{oni} = \frac{t_{umi} \cdot n_o + t_{nzi}}{60}, \text{ смены} \quad (2.4)$$

где  $t_{umi}$  – норма штучного времени на  $i$ -й операции, мин.

5. Рассчитываем продолжительность операционного цикла по сборочным единицам:

$$t_{CB} = \sum_{i=1}^k t_{oni}, \quad (2.5)$$

где  $k$  – количество операций, входящих в сборочную единицу.

6. Рассчитываем число необходимых мест для сборки изделия:

$$C_{np} = \frac{\sum_{i=1}^m t_{oni}}{R_{np}}, \quad (2.6)$$

7. Для определения длительности сложного производственного процесса строим цикловые графики:

- а) без учета загрузки рабочих мест;
- б) с учетом загрузки рабочих мест;
- в) уточненный цикловой график.

### **Решение практических задач**

#### **Задача 2.1**

На участке производится сборка изделия  $A$ . Технологический процесс сборки представлен в таблице 2.1. Месячная программа выпуска изделий составляет 700 шт. количество рабочих дней в месяце – 21. Режим работы сборочного участка – двухсменный. Продолжительность рабочей смены – 8 ч.

Таблица 2.1

Технологический процесс сборки изделия  $A$

Условное обоз. сборочных единиц	№ операции	Штучное время на опер. ( $t_i$ ), мин	Подготовительно-заключительное время ( $t_{n.zi}$ ), мин	Подача сборочных единиц к операции
AB <sub>1</sub>	1	7,0	20	3
AB <sub>2</sub>	2	16,5	30	3
AB	3	4,7	10	11
AB	4	15,9	30	5
	5	12,4	20	6
	6	4,7	10	10

АА	7	7,0	20	8
	8	16,6	20	9
А	9	11,3	10	10
	10	7,6	20	11
	11	9,5	10	-
Итого		113,2	200	

Необходимо: построить веерную схему сборки изделия *A*; определить оптимальный размер партии изделий; установить удобнопланируемый ритм; определить длительность операционного цикла партии изделий по сборочным единицам; рассчитать необходимое количество рабочих мест; построить цикловой график сборки изделия *A*; закрепить операции за рабочими местами; построить цикловой график сборки изделия *A* с учетом загрузки рабочих мест; рассчитать опережение запуска-выпуска сборочных единиц изделия; определить длительность производственного цикла сборки партии изделий.

### Задача 2.2

На участке осуществляется сборка электродвигателя. Технологический процесс сборки представлен в таблице 2.2. Месячная программа выпуска составляет 1 500 шт. Количество рабочих дней в месяце - 21. Режим работы – двухсменный. Продолжительность рабочей смены – 8 ч. Время на плановые ремонты и переналадку рабочих мест – 3%.

Таблица 2.2

Технологический процесс сборки электродвигателя

Условное обозначение сборочных единиц	№ операции	Штучное время на опер. ( $t_i$ ), мин.	Коэф-т выполнения нормы времени ( $k_s$ )	Норма штучного времени с учетом $k_s$ ( $t'_i$ ), мин.	Подготовительное время ( $t_{n.zi}$ ), мин	Подача сборочных единиц к операции
В	1	11,7	1,56	7,5	10	2
	2	6,8	1,2	5,7	15	7
Б	3	11,5	1,4	8,2	15	4
	4	6,4	1,3	4,9	15	5
	5	5,9	1,5	3,9	20	8
А	6	12,9	1,4	9,2	10	7
	7	11,8	2,07	5,7	15	8
	8	12,0	1,64	7,3	20	-
Итого	-	79,0		52,4	120	

Определить размер партии изделий; установить удобнопланируемые ритмы запуска партий изделий; построить цикловой график сборки изделия с учетом загрузки рабочих мест; определить длительность цикла сборки

электродвигателя; рассчитать опережение запуска-выпуска сборочных единиц электродвигателя.

### Задача 2.3

На участке производится сборка изделия А. Технологический процесс сборки представлен в таблице 2.3. Месячная программа выпуска изделий составляет 700 шт. Количество рабочих дней в месяце – 21. Режим работы сборочного участка – двухсменный. Продолжительность рабочей смены – 8 ч. Время на плановые ремонты и переналадку рабочих мест – 2%.

Определить основные календарно-плановые нормативы сборки изделия А.

Таблица 2.3

Технологический процесс сборки изделия А

Условное обозначение сборочных единиц	№ операции	Штучное время на опер. ( $t_i$ ), мин.	Коэф-т выполнения нормы времени ( $k_g$ )	Норма штучного времени с учетом $k_g$ ( $t'_i$ ), мин.	Подготовительное заключительное время ( $t_{n.zi}$ ), мин	Подача сборочных единиц к операции
AB <sub>1</sub>	1	5,0	1,06	4,7	10	2
	2	2,5	1,09	2,3	10	6
AB <sub>2</sub>	3	8,0	1,13	7,1	10	4
	4	6,6	1,12	5,9	10	5
	5	4,0	1,14	3,5	10	6
AB	6	5,0	1,06	4,7	10	20
	7	4,0	1,14	3,5	10	8
AB	8	6,3	1,07	5,9	10	9
	9	7,0	1,07	6,5	10	10
	10	3,1	1,03	2,9	10	11
	11	10,0	1,05	9,5	10	12
	12	5,0	1,06	4,7	10	18
AA	13	2,5	1,09	2,3	10	14
	14	5,0	1,06	4,7	10	15
	15	10,4	1,09	9,5	10	16
	16	8,0	1,12	7,1	10	17
A	17	12,0	1,06	11,3	10	18
	18	5,0	1,06	4,7	10	19
	19	3,1	1,07	2,9	10	20
	20	10,0	1,05	9,5	10	-
Итого		122,5		115,2	200	

### Задача 2.4

На участке производится сборка шасси радиоприемника. Технологический процесс сборки шасси представлен в таблице 2.4. Месячная программа выпуска

изделий составляет 10 000 шт. Количество рабочих дней в месяце – 20. Режим работы сборочного участка – односменный. Продолжительность рабочей смены – 8 ч. Время на плановые ремонты и переналадку рабочих мест – 3%.

Определить основные календарно-плановые нормативы сборки шасси.

Таблица 2.4

Технологический процесс сборки шасси

Условное обозначение сборочных единиц	№ операции	Штучное время на опер. мин. ( $t_i$ ),	Подготовительно-заключительное время ( $t_{n.zi}$ ), мин	Подача сборочных единиц к операции
Д	1	0,25	10	2
	2	0,65	15	3
	3	0,45	10	12
Г	4	0,30	10	5
	5	0,35	10	6
	6	0,55	15	7
	7	0,80	10	14
В	8	0,35	10	9
	9	0,25	15	10
	10	0,30	10	11
	11	0,25	10	15
Б	12	3,25	25	13
	13	0,85	10	14
	14	5,10	30	15
	15	0,75	10	16
А	16	0,75	10	17
	17	0,25	10	18
	18	0,75	10	19
	19	1,25	15	20
	20	3,55	20	-
Итого	-	21,00	265	

**Тема 2.2. Организация производственного процесса в пространстве**

**Контрольные вопросы**

1. Производственная структура предприятия – это .....
2. Что понимается под рабочим местом, производственным участком, цехом?
3. К цехам основного производства относятся .....
4. К вспомогательным относятся цехи .....
5. Побочные цехи – это .....
6. К обслуживающим хозяйствам производственного назначения относятся ...

7. Технологическая форма специализации основных цехов характеризует .....
8. Предметная форма специализации основных цехов характеризует .....
9. Предметно-технологическая форма специализации основных цехов характеризует .....

### Тема 2.3. Организация непоточных методов производства

#### Методические указания к практическим заданиям

Для ПЗУ рассчитываются следующие календарно-плановые нормативы

На начальном этапе устанавливается расчетная (минимальная) величина размера партии деталей  $j$ -го наименования ( $n_{\min j}$ , шт) по формуле

$$n_{\min j} = \frac{(100 - \alpha_{об}) \cdot \sum_{i=1}^m t_{nzi}}{\alpha_{об} \cdot \sum_{i=1}^m t_{ij}}, \quad (1)$$

где  $\alpha_{об}$  – допустимый процент потерь времени на переналадку оборудования;

$t_{nzi}$  – подготовительно-заключительное время на  $i$ -ой операции, мин;

$t_{ij}$  – норма штучного времени на  $i$ -ой операции  $j$ -го изделия, мин;

$m$  – число операций  $j$ -го наименования изделий.

За максимальный размер партии деталей  $j$ -го наименования может быть принята месячная программа выпуска:  $n_{\max} = N_{\text{выпуска}} = n_j$ , шт.

Ритм (период чередования) партии деталей каждого наименования рассчитывается по формуле

$$R_j = \frac{D_p \cdot n_{\min j}}{N_{ej}}, \text{ дни}, \quad (2)$$

где  $D_p$  – количество рабочих дней в месяце.

Если по расчету получается дробное число, то из ряда удобноплалируемых ритмов (если в месяце 20 рабочих дней, то удобноплалируемыми ритмами будут 20, 10, 5, 4, 2 и 1; если в месяце 21 день, то такими ритмами будут 21, 7, 3 и 1; если 22 дня, то 22, 11, 2 и 1) выбирают ближайшее целое число ( $R_{пр}$ ).

Далее для всех наименований ПЗУ принимается общий период чередования ( $R_{общ}$ ).

Оптимальный размер партии изделий определяется по формуле

$$n_{oj} = R_{общ} \cdot \frac{N_{ej}}{D_p}, \text{ шт.} \quad (3)$$

При этом должно выполняться следующее условие:  $n_{\min} < n_o < N_v$

Число партий деталей по каждому  $j$ -му наименованию деталей ( $X_j$ ) определяется по формуле

$$X_j = \frac{n_j}{n_{oj}}, \quad (4)$$

Число единиц оборудования по каждой  $i$ -й операции:



$$C_{Pi} = \frac{\sum_{i=1}^n N_j \cdot t_{ij} + \sum_{i=1}^n X_j \cdot t_{н.о.ij} + \sum_{i=1}^n t_{н.з.ij}}{F_{эф} \cdot k_в}, \quad (5)$$

где  $t_{н.о.ij}$  – время, затрачиваемое на переналадку оборудования на  $i$ -ой операции по  $j$ -му наименованию детали, мин;

$F_{эф}$  – эффективный фонд работы оборудования за плановый период времени, мин;

$k_в$  – коэффициент выполнения норм времени ( $k_в=1$ ).

Если число единиц оборудования получается дробным значением, то его округляют по общим правилам математики.

Продолжительность операционного цикла определяется по формуле

$$T_{ц.он.ij} = \frac{n_{нj} \cdot t_{ij} + t_{н.з.ij}}{60 \cdot П_p \cdot k_в}, \quad \text{смены} \quad (6)$$

Продолжительность технологического цикла рассчитывается по стандарт-плану.

Рассчитываем средний размер заделов:

$$Z_j = \frac{n_{нj} \cdot T_{цj}}{S \cdot R_{общ}}, \quad \text{шт.} \quad (7)$$

где  $S$  – количество смен работы оборудования.

Величина незавершенного производства:

$$H_A = Z_j \cdot \left( \sum_{i=1}^n t_{ij} + \frac{\sum_{i=1}^n t_{н.з.ij}}{n_{нj}} \right) \cdot k_н, \quad \text{мин (ч)} \quad (8)$$

где  $k_н$  – коэффициент нормирования.

### **Решение практических задач**

На производственном участке обрабатываются три вида деталей: А, Б, В, каждая из которых обрабатывается на трёх станках: токарном, фрезерном, шлифовальном. Нормы штучного времени по операциям приведены в табл. 1.

Затраты на подготовительно-заключительное время токарных и фрезерных работ  $t_{пз.тоkj} = t_{пз.фрезj} = 15$  мин., подготовительно-заключительное время шлифовальных работ  $t_{пз.шлифj} = 10$  мин., время на переналадку оборудования  $t_{н.о.ij} = 20$  мин. Месячная программа выпуска:  $N_A=1\ 400$  шт.;  $N_B=2\ 100$  шт.;  $N_V=1\ 750$  шт. Рабочих дней в месяце – 21, режим работы двухсменный. Потери времени на подналадку оборудования составляют 2 % номинального фонда времени. Коэффициент нормирования для изделия А и В  $k_{нА} = k_{нВ}=0,5$ ; для изделия Б  $k_{нБ}=0,25$ .

Определить календарно-плановые нормативы предметно-замкнутого участка.

Таблица 3.6

### Нормы штучного времени по операциям

Номер варианта	А			Б			В		
	токарная	фрезерная	шлифовальная	токарная	фрезерная	шлифовальная	токарная	фрезерная	шлифовальная
1	3,12	2,44	4,48	5,68	6,29	2,5	3,72	2,82	4,42
2	4,32	6,03	2,96	3,42	4,75	6,32	6,02	4,28	3,15
3	6,05	4,28	5,4	2,48	3,42	6,2	4,4	4,82	3,98
4	2,03	6,28	4,44	3,45	4,28	2,9	3,7	4,9	2,8
5	3,9	2,8	3,98	6,2	4,33	4,18	5,02	1,2	3,82
6	3,11	2,49	4,32	3,4	4,2	6,2	3,5	4,1	6,28
7	4,1	3,6	6,2	3,82	4,29	5,48	2,72	4,3	8,16
8	3,46	3,2	7,4	3,74	5,1	6,3	3	4,15	6,17
9	2,49	2,2	5,4	3,15	4,75	5,57	2,6	3,98	7,7
10	3,53	2,3	5,95	3,95	4,75	5,57	2,82	3,78	7,64
11	3,42	2,21	5,9	3,92	4,72	5,5	2,68	3,56	7,44
12	3,56	2,7	5,96	3,84	4,64	5,42	2,32	3,24	7
13	4,1	2,92	6,1	3,98	4,78	5,6	2,4	3,33	7,2
14	4	2,89	6,09	3,78	4,58	5,28	2,69	3,5	7,38
15	4,3	3	6,22	3,62	4,42	5,14	2,12	3,12	6,9
16	3,8	2,79	5,96	3,43	4,22	5	2	3	6,8
17	3,92	2,8	6,01	3,7	4,5	5,2	2,3	3,2	7,3
18	3,26	2,56	5,7	3,82	4,68	5,68	2,75	3,49	7,52
19	3,4	2,68	5,8	3,92	4,76	6,2	2,86	3,8	7,6
20	3,6	2,7	5,84	3,93	4,9	6,32	2,9	4,2	7,88

### Тема 2.4. Организация поточных методов производства

#### *Методические указания к практическим заданиям (Работа на однопредметной непрерывно-поточной линии)*

Основными календарно-плановыми нормативами ОНПЛ являются

*Такт ОНПЛ* ( $r_{н.л.}$ , мин/шт) и *ритм* ( $R_{н.л.}$ , мин/партию) рассчитывается по формулам:

$$r_{н.л.} = \frac{F_{эф}}{N_B}, \quad (1)$$

$$R_{н.л.} = r_{н.л.} \cdot p, \quad (2)$$

где  $F_{эф}$  – эффективный фонд времени работы оборудования за рассчитываемый период времени, мин;

$N_B$  – программа выпуска готовых изделий, шт.;

$p$  – число изделий в транспортной партии, шт.

*Число рабочих мест (единиц оборудования)* для ОНПЛ по каждой операции определяется по формуле

$$C_{pi} = \frac{t_{шт.i}}{r_{н.л.}}, \quad (3)$$

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

Если нормы времени на операциях равны или кратны такту, то при расчете количество рабочих мест равно целому числу. Если же процесс не полностью синхронизирован, то в результате расчета число рабочих мест получается дробным. После соответствующего анализа его необходимо округлить в большую или меньшую сторону до целого числа. Это будет принятое число рабочих мест не каждой  $i$ -й операции ( $C_{пр.i}$ ). Перезагрузка допускается в пределах 5-6%.

Расчет *потребного числа рабочих мест* (единиц оборудования) по всей ОНПЛ определяется

$$C_{Л} = \sum_{i=1}^m C_{пр.i} \quad (4)$$

*Коэффициент загрузки рабочих мест* (оборудования) при выполнении  $i$ -й операции:

$$k_{zi} = \frac{C_{Pi}}{C_{прi}} \cdot 100\%, \quad (5)$$

Определение *периода конвейера и системы адресования*. При организации НПЛ должен выдерживаться режим (подача изделий на рабочие места равными партиями, через равные промежутки времени). Это условие выполняется, если в качестве транспортных средств используют конвейеры (операции выполняются на стационарных рабочих местах, изделия снимаются с конвейера и по окончании операции возвращаются на него). На несущей части конвейера изделия должны располагаться равномерно. Их минимальный комплект на линии должен соответствовать наименьшему общему кратному (НОК) числа рабочих мест на всех операциях линии и называться периодом конвейера:

$$П = \text{НОК}\{C_{р1}, C_{р2}, C_{р3} \dots C_{рn}\}, \quad (6)$$

Период конвейера используется для адресования изделий на рабочие места. Лента размечается так, чтобы период в общей длине ленты укладывался целое число раз.

Расчет *рабочей части длины ленты конвейера* ( $L_p$ , м) определяется по формуле

$$L_p = l_{пр} \cdot \sum_{i=1}^m C_{пр.i} \quad \text{или} \quad L_p = l_{пр} \cdot C_{Л}, \quad (7)$$

где  $l_{пр}$  – шаг конвейера, м, т.е. расстояние между осями смежных изделий или пачек, равномерно расположенных на конвейере (1-1,2 м).

*Длина замкнутой ленты конвейера* (полная) ( $L_n$ ) определяется

$$L_n = 2 \cdot L_p + 2\pi R, \quad (8)$$

где  $R$  – радиус приводного и натяжного барабанов, м.

*Скорость движения конвейера* ( $V$ , м/мин) определяется по формуле

$$V = \frac{l_{пр}}{r_{НЛ}}, \quad (9)$$

При передаче изделий транспортными партиями ( $p$ ) скорость конвейера рассчитывается по формуле

$$V = \frac{l_{ПП}}{p \cdot r_{НЛ}}, \quad (10)$$

Диапазон наиболее рациональных скоростей – 0,5-2,5 м/мин (конвейеров с непрерывным движением), 20-40 м/мин (ленточных конвейеров пульсирующего действия) и 0,1-4 м/мин (конвейеров с непрерывным движением при передаче изделий транспортными партиями).

*Часовая производительность ОНПЛ* ( $\tau$ , шт/ч и  $q$ , кг/ч)

$$\tau = \frac{1}{r_{Н.Л.}} \cdot 60; \quad q = \tau \cdot Q \quad (11)$$

где  $Q$  – средняя масса единицы изделия, обрабатываемого (собираемого) на поточной линии, кг

*Величина заделов на поточной линии*

На ОНПЛ создаются заделы трёх видов: технологические, транспортные и резервные (страховые).

*Технологический задел* ( $Z_{тех}$ , шт) соответствует тому числу изделий, которые в каждый момент времени находятся в процессе обработки на рабочих местах

$$Z_{ТЕХ} = p \cdot \sum_{i=1}^m C_{Pi}, \quad (12)$$

*Транспортный задел* ( $Z_{ТР}$ , шт.) состоит из такого числа изделий, которые в каждый момент времени находятся в процессе транспортировки на конвейер

$$Z_{ТР} = (C_{Л} - 1) \cdot p, \quad (13)$$

*Резервный (страховой) задел* ( $Z_{РЕЗ}$ , шт.) создается на более ответственных и нестабильных по времени выполнения операциях, на контрольных пунктах

$$Z_{РЕЗ} = (0,04 \dots 0,05) \cdot N_{СМ}, \quad (14)$$

Общая величина задела:  $Z_{ОБЩ} = Z_{ТЕХ} + Z_{ТР} + Z_{РЕЗ}$ , (15)

*Величина незавершенного производства* ( $H_B$ , в нормо-часах) определяется по формуле

$$H_B = \frac{\sum_{i=1}^m t_{штi}}{2} \cdot Z_{ОБЩ}, \quad (16)$$

*Продолжительность производственного цикла* ( $t_{Ц}$ , мин) – это период от поступления предмета труда на первую операцию поточной линии до выхода с нее. Она может определяться графически по стандарт-плану и аналитически по формулам:

а) если обработка изделий начинается с первого рабочего места и без лишнего движения после последней операции:

$$t_{Ц} = \left( 2 \cdot \sum_{i=1}^m C_{ПР.i} - 1 \right) \cdot r_{НЛ}, \quad (17)$$

б) если существует движение предмета перед первой или последней операции:

$$t_{Ц} = 2 \cdot \sum_{i=1}^m C_{ПР.i} \cdot r_{НЛ}, \quad (3.18)$$

в) если предмет перемещается перед первой и после последней операцией:

$$t_{Ц} = \left( 2 \cdot \sum_{i=1}^m C_{ПР.i} + 1 \right) \cdot r_{НЛ}, \quad (3.19)$$

### **Решение практических задач - ОНПЛ**

#### **Задача 3.1 (ОНПЛ)**

Сборка блока производится на рабочем конвейере непрерывного действия. Шаг конвейера – 1,5 м. Диаметры приводного и натяжного барабанов – 0,4 м. Технологический процесс сборки блока состоит из восьми операций, нормы времени которых (с учетом времени возвращения на исходное место) составляют:  $t_1 = 3,6$  мин,  $t_2 = 7,2$  мин,  $t_3 = 5,4$  мин,  $t_4 = 9,0$  мин,  $t_5 = 1,8$  мин,  $t_6 = 5,4$  мин,  $t_7 = 3,6$  мин,  $t_8 = 7,2$  мин. Программа выпуска за сутки – 500 блоков. Режим работы линии – двухсменный. Продолжительность рабочей смены – 8 ч. Регламентированные перерывы на отдых составляют 30 мин. в смену.

*Определить* основные календарно-плановые нормативы ОНПЛ: 1) такт непрерывной линии; 2) число рабочих мест по операциям; 3) рабочую и полную длину ленты конвейера; 4) скорость движения конвейера; 5) общую величину заделов; 6) величину незавершенного производства; 7) длительность производственного цикла.

#### **Задача 3.2 (ОНПЛ)**

Сборка изделия производится на поточной линии, оснащенной рабочим конвейером пульсирующего действия. Длительность технологического цикла сборки изделия на конвейере – 36 мин. Скорость движения конвейера 6 м/мин. Время перемещения изделия с одного рабочего места на другое в 5 раз меньше времени выполнения каждой операции. Шаг конвейера – 1,8 м. Радиусы приводного и натяжного барабанов – 0,3 м. Режим работы поточной линии – двухсменный. Продолжительность рабочей смены – 8 ч. Регламентированные перерывы на отдых составляют 30 мин. в смену.

*Определить*: такт поточной линии; число рабочих мест на линии; длину рабочей части конвейера и всей замкнутой ленты; программу выпуска изделий за сутки.

#### **Задача 3.3 (ОНПЛ)**

Рассчитать календарно-плановые нормативы ОНПЛ с использованием распределительного конвейера, составить систему адресования ячеек конвейера по рабочим местам.

Производственная программа линии 1 400 шт. в смену. Режим работы линии - односменный. Регламентированные перерывы на отдых 30 мин. Шаг конвейера – 0,6 м. Диаметр приводного и натяжного барабанов – 0,4 м. Изделия с операции на операцию передаются поштучно. Технологический процесс сборки представлен в таблице 3.1

Таблица 3.1

## Технологический процесс сборки изделия на линии

№ опер.	Содержание операции	Норма времени на элемент операции, мин	Норма времени на операцию, мин.
1	Взять и отложить плату Установить ламповую панель Л <sub>1</sub>	0,07 0,56	0,63
2	Взять и отложить плату Установить ламповую панель Л <sub>2</sub>	0,07 0,56	0,63
3	Взять и отложить плату Установить сопротивления: - R <sub>1</sub> - R <sub>2</sub> - R <sub>3</sub>	0,07 0,20 0,20 0,20	0,67
4	Взять и отложить плату Установить сопротивления: - R <sub>4</sub> - R <sub>5</sub> - R <sub>6</sub>	0,07 0,20 0,20 0,20	0,67
5	Взять и отложить плату Установить сопротивления: - R <sub>7</sub> - R <sub>8</sub> - R <sub>9</sub>	0,07 0,20 0,20 0,20	0,67
6	Взять и отложить плату Установить сопротивления: - R <sub>10</sub> - R <sub>11</sub> - R <sub>12</sub>	0,07 0,20 0,20 0,20	0,67
7	Взять и отложить плату Установить сопротивления: - R <sub>13</sub> - R <sub>14</sub> - R <sub>15</sub>	0,07 0,20 0,20 0,20	0,67
8	Взять и отложить плату Установить сопротивления: - R <sub>16</sub> - R <sub>17</sub> - R <sub>18</sub>	0,07 0,20 0,20 0,20	0,67
9	Взять и отложить плату Установить конденсаторы: - C <sub>1</sub>	0,07 0,26	

- С <sub>2</sub>	0,26	1,57
- С <sub>3</sub>	0,26	
- С <sub>4</sub>	0,26	
- С <sub>5</sub>	0,26	
Установить сопротивление R <sub>19</sub>	0,20	
Итого	6,85	6,85

### *Задача 3.4 (ОНПЛ)*

Рассчитать календарно-плановые нормативы ОНПЛ с использованием распределительного конвейера, составить систему адресования ячеек конвейера по рабочим местам, построить стандарт-план ОНПЛ.

Производственная программа линии 1 400 шт. в смену. Режим работы линии - односменный. Регламентированные перерывы на отдых 30 мин. Шаг конвейера – 0,6 м. Диаметр приводного и натяжного барабанов – 0,4 м. Изделия с операции на операцию передаются поштучно.

Технологический процесс состоит из четырех операций, нормы времени которых составляют:  $t_1 = 0,32$  мин,  $t_2 = 0,64$  мин,  $t_3 = 0,32$  мин,  $t_4 = 0,96$  мин

### *Задача 3.5 (ОНПЛ)*

Сборка блока прибора осуществляется на ОНПЛ, оснащенной распределительным (нерабочим) конвейером. Шаг конвейера – 1,5 м. Диаметр приводного и натяжного барабанов – 0,4 м. Производственная программа выпуска 500 шт. Режим работы линии - двухсменный. Продолжительность рабочей смены – 8 ч. Регламентированные перерывы на отдых 30 мин.

Технологический процесс состоит из пяти операций, нормы времени которых составляют:  $t_1 = 3,6$  мин,  $t_2 = 7,2$  мин,  $t_3 = 1,8$  мин,  $t_4 = 3,6$  мин,  $t_5 = 1,8$  мин.

Рассчитать календарно-плановые нормативы ОНПЛ, произвести распределение ячеек по рабочим местам, построить стандарт-план ОНПЛ.

### *Задача 3.6 (ОНПЛ)*

Сборка блока прибора осуществляется на ОНПЛ, оснащенной распределительным (нерабочим) конвейером. Шаг конвейера – 1,2 м. Радиусы приводного и натяжного барабанов – 0,38 м. Производственная программа выпуска блоков 375 шт. в сутки. Режим работы линии - двухсменный. Продолжительность рабочей смены – 8 ч. Регламентированные перерывы на отдых 30 мин. в смену.

Технологический процесс состоит из девяти операций, нормы времени которых составляют:  $t_1 = 4,8$  мин,  $t_2 = 2,4$  мин,  $t_3 = 4,8$  мин,  $t_4 = 9,6$  мин,  $t_5 = 2,4$  мин,  $t_6 = 4,8$  мин,  $t_7 = 2,4$  мин,  $t_8 = 7,2$  мин,  $t_9 = 2,4$  мин. Время на снятие и установку блока на площадку конвейера учтено в нормах времени технологического процесса.

*Определить* основные календарно-плановые нормативы ОНПЛ.

## ***Методические указания к практическим заданиям (Работа на однопредметной прерывно-поточной линии)***

Технологические операции в однопредметных прерывно-поточных линиях (ОППЛ) – не синхронизированы. Вследствие неравенства или некратности операций такту (ритму) на таких линиях невозможно достигнуть непрерывности обработки предметов, работы оборудования и рабочих операторов. Для ОППЛ: программа запуска ( $N_3$ ), такт  $\mathbb{R}$ , ритм  $\mathbb{R}$ , расчетное ( $C_p$ ) и принятое ( $C_{пр}$ ) количество рабочих мест, коэффициент загрузки рабочих мест ( $K_3$ ), часовая производительность ( $\tau$ ), технологический, транспортный и страховой заделы определяются также, как и для ОНПЛ.

Однако, для ОППЛ характерен и четвертый вид задела – **межоперационный оборотный** – это количество предметов труда, предназначенных для выравнивания производительности на смежных операциях и находятся на рабочих местах в ожидании процесса обработки. Оборотные заделы позволяют организовать непрерывную работу на рабочих местах в течении более или менее продолжительного времени. Характерной чертой оборотных заделов является изменение их величины на протяжении часа, смены и т.п. от нуля до максимальной величины. Размеры их настолько велики, что весь расчет заделов на таких линиях сводят к расчету только межоперационных оборотных заделов.

Расчет межоперационных оборотных заделов производится по стандарт-плану ОППЛ между каждой парой смежных операций. Для этого весь период оборота разбивается на части (частные периоды), каждая из которых характеризуется неизменным числом работающих единиц оборудования на смежных операциях. Размер оборотного задела между двумя смежными операциями на каждом частном периоде ( $T$ ) определяется по формуле

$$Z_{об} = \frac{T \cdot C_{прi}}{t_{штi}} - \frac{T \cdot C_{прi+1}}{t_{штi+1}}, \quad (20)$$

где  $T$  – частный период работы оборудования, мин;

$C_{пр.i}$  и  $C_{пр.i+1}$  – число единиц оборудования, работающих на смежных операциях в течение частного периода  $T$ ;

$t_{шт.i}$  и  $t_{шт.i+1}$  – нормы штучного времени соответственно на  $i$ -й и  $(i + 1)$ -й операциях, мин.

Величина  $Z_{об}$  может быть положительной или отрицательной величиной. Положительная величина говорит об увеличении его за период  $T$ , отрицательная – об уменьшении его период  $T$ .

**Средняя величина межоперационного оборотного задела:**

$$Z_{ср.об.} = \frac{\sum_{i=1}^{m-1} S_i}{T_{об}}, \quad (21)$$

где  $S_i$  – площадь эпюры оборотного задела между парой смежных операций, деталей/мин;

$T_{об}$  – период оборота линии, мин.

**Величина незавершенного производства** определяется так же, как и для ОНПЛ.



Длительность технологического цикла определяется по формуле

$$t_{\text{ц}} = Z_{\text{ср.об}} \cdot r_{\text{ПЛ}}, \quad (22)$$

### **Решение практических задач - ОППЛ**

#### **Задача 3.7 (ОППЛ)**

На однопредметной прерывно-поточной линии (прямоточной) обрабатывается кронштейн.

Технологический процесс состоит из четырех операций: токарной, сверлильной, фрезерной и шлифовальной. Длительность операций соответственно составляет:  $t_1 = 1,9$  мин,  $t_2 = 1,1$  мин,  $t_3 = 2,1$  мин,  $t_4 = 1,3$  мин. Месячная программа составляет 12 600 шт. В месяце 21 рабочий день. Режим работы линии - двухсменный. Продолжительность рабочей смены – 8 ч. Период оборота линии 0,5 смены. Брак на операциях отсутствует.

Определить основные календарно-плановые нормативы ОППЛ.

#### **Задача 3.8 (ОППЛ)**

На прерывно-поточной линии обрабатывается шестерня. Технологический процесс обработки деталей состоит из шести операций, нормы времени которых составляют:  $t_1 = 13,25$  мин,  $t_2 = 7,5$  мин,  $t_3 = 3,5$  мин,  $t_4 = 5,25$  мин,  $t_5 = 2,5$  мин,  $t_6 = 3,5$  мин. программа выпуска за сутки 250 шт. Режим работы линии - двухсменный. Продолжительность рабочей смены – 8 ч.

Определить основные календарно-плановые нормативы ОППЛ.

### **Методические указания к практическим заданиям (Работа на многопредметной непрерывно-поточной линии)**

Режим работы **МНПЛ** определяется двумя группами календарно-плановых нормативов (КПН).

**К первой группе КПН** относятся: частный (общий) такт выпуска  $j$ -го наименования изделия ( $r_{\text{пн}j}$ ); число рабочих мест на линии ( $C_{\text{пн}}$ ); скорость движения конвейера ( $V_{\text{пн}}$ ). Используется четыре разновидности расчётов КПН этой группы:

а) за линией закрепляется изделие с одинаковой суммарной трудоемкостью ( $T_a = T_b = T_v = \dots = T_j$ ). В этом случае изготовление всех изделий целесообразно вести с одинаковым тактом, скоростью движения конвейера и количеством рабочих мест, т.е.  $r_{\text{пн}j} = \text{const}$ ,  $C_{\text{пн}} = \text{const}$ ,  $V_{\text{пн}} = \text{const}$ . Единый такт определяется по формуле

$$r_{\text{ПЛ}} = \frac{F_{\text{эф}} \left( 1 - \frac{\alpha_{\text{н}}}{100} \right)}{\sum_{j=1}^m N_{\text{з}}}, \quad (23)$$

где  $\alpha_{\text{н}}$  – процент потерь рабочего времени на переналадку линии;  
 $j = 1, 2, \dots, m$  – номенклатура изделий, закрепленных за линией.

Количество рабочих мест на линии определяется по формуле

$$C_{\text{III}} = \frac{\sum_{j=1}^m N_{zj} \cdot T_j}{F_{\text{ЭФ}} \cdot \left(1 - \frac{\alpha_H}{100}\right)}, \quad (24)$$

Скорость движения конвейера определяется по формуле

$$V_{\text{III}} = \frac{l_{\text{III}}}{r_{\text{III}}}, \quad (25)$$

б) за линией закреплены изделия, суммарная трудоемкость изготовления которых различна на одной или нескольких операциях ( $T_a \neq T_b = T_c = \dots = T_j$ ). В этом случае целесообразно установить  $r_{\text{III}j} = \text{const}$ ,  $C_{\text{III}} = \text{var}$ ,  $V_{\text{III}} = \text{const}$ .

Расчет такта в этом случае осуществляется по формуле (6.1), скорость движения конвейера - по формуле (6.3), а количество рабочих мест определяется по каждому  $j$ -му виду изделий по формуле

$$C_{\text{III}j} = \frac{T_j}{r_{\text{III}}}, \quad (26)$$

в) за линией закреплены изделия, суммарная трудоемкость изготовления которых различна на большинстве или на всех операциях ( $T_a \neq T_b \neq T_c \neq \dots = T_j$ ). В этом случае целесообразно установить  $r_{\text{III}j} = \text{var}$ ,  $C_{\text{III}} = \text{const}$ ,  $V_{\text{III}} = \text{var}$ .

Количество рабочих мест определяется по формуле (6.2).

Частный такт для каждого  $j$ -го наименования изделия определяется по формуле

$$r_{\text{III}j} = \frac{T_j}{C_{\text{III}}}, \quad (27)$$

Скорость движения конвейера определяется для каждого  $j$ -го наименования изделия по формуле

$$V_{\text{III}j} = \frac{l_{\text{III}}}{r_{\text{III}j}}, \quad (28)$$

г) за линией закреплены изделия, суммарная трудоемкость изготовления которых различна на всех операциях ( $T_a \neq T_b \neq T_c \neq \dots \neq T_j$ ). В этом случае целесообразно установить  $r_{\text{III}j} = \text{var}$ ,  $C_{\text{III}} = \text{const}$ ,  $V_{\text{III}} = \text{const}$ ,  $R_{\text{III}} = \text{const}$ .

Количество рабочих мест определяется по формуле (6.2). Частный такт для каждого  $j$ -го наименования изделия определяется по формуле (6.5).

Ритм поточной линии  $R_{\text{III}}$  определяется по формуле

$$R_{\text{III}} = r_{\text{III}j} \cdot p_j, \quad (29)$$

где  $p_j$  – величина транспортной партии по  $j$ -му наименованию изделий, шт. (подбирается такой размер партии деталей, чтобы производство его на частный такт давало одинаковую величину).

Скорость движения конвейера определяется в данном случае по формуле

$$V_{ПП} = \frac{l_{ПП}}{R_{ПП}}, \quad (30)$$

К *второй группе КПП* относятся: размер партии предметов труда ( $n_j$ ); период чередования партии деталей ( $R_j$ ); длительность технологического цикла ( $T_{Цj}$ ).

Размер партии изделий  $j$ -го наименования

$$n_j = \frac{(100 - \alpha_{ПП}) \cdot П_p}{\alpha_{ПП} \cdot r_{ППj}}, \quad (31)$$

где  $\alpha_{ПП}$  – допустимая величина потерь времени на переналадку рабочих мест при смене партий изделий на линии, %;

$r_{ППj}$  – частный такт по  $j$ -му виду изделия, мин/шт;

$П_p$  – средняя продолжительность простоя каждого рабочего места при переходе с изготовления партии одного изделия на изготовление партии другого изделия, мин.

Величина  $П_p$  зависит от формы организации смены объектов. Различают две формы смены объектов.

1. на рабочих местах линии не оставляется переходящий задел по каждому  $j$ -му наименованию изделий. В этом случае величина  $П_p$  определяется по формуле

$$П_{Pj} = t_H + (2 \cdot C_L - 1) \cdot r_{ППj+1}, \quad (32)$$

2. на рабочих местах остается задел по каждому  $j$ -му наименованию изделий. В этом случае величина  $П_p$  определяется по формуле

$$П_{Pj} = t_H, \quad (33)$$

Период чередования партий предметов труда определяется по формуле

$$R_j = \frac{N \cdot n_j}{N_{зj}}, \quad \text{дни.} \quad (34)$$

где  $N$  – плановый период времени работы линии, дни.

Длительность технологического цикла (время занятости поточной линии изготовлением  $j$ -го наименования изделия, смены) определяется по формуле

$$T_{Цj} = \frac{n_j \cdot r_{ППj} + П_{Pj}}{480}, \quad (35)$$

### **Решение практических задач - МНПЛ**

#### **Задача 3.9 (МНПЛ)**

Рассчитать календарно-плановые нормативы и построить стандарт-план МНПЛ исходя из следующих данных:

а) блок состоит из пяти различных деталей ( $A, B, B, Г, Д$ ) имеет значительное конструктивное сходство и может быть собран по типовому технологическому процессу, который представлен в таблице 3.2;

б) участок сборки и монтажа блоков работает в смены, продолжительность рабочей смены – 8 ч, количество рабочих дней в месяце – 22;

в) средняя длительность наладки одного рабочего места – 20 мин.;

г) допустимый процент потерь рабочего времени на простои рабочих мест при смене партии предметов труда – 2%;

д) месячная программа выпуска по изделиям:  $N_A = 6\ 000$  шт.;  $N_B = 3\ 000$  шт.;  $N_B = 3\ 600$  шт.;  $N_G = 5\ 500$  шт.;  $N_D = 1\ 000$  шт.;

е) шаг конвейера – 0,7 м.

Таблица 3.2

Технологический процесс сборки блоков изделий

Номер операции	Нормы времени на операцию, мин.					Количество рабочих мест
	А	Б	В	Г	Д	
1	1,60	2,10	2,20	2,80	2,50	2
2	1,50	2,00	2,30	2,80	2,40	2
3	0,82	1,05	1,15	1,35	1,25	1
4	0,82	1,05	1,15	1,35	1,25	1
5	2,40	3,17	3,27	4,00	3,55	3
6	0,82	1,05	1,15	1,35	1,15	1
7	0,82	1,05	1,15	1,35	1,15	1
8	0,82	0,95	1,05	1,35	1,15	1
Итого	9,60	12,42	13,42	16,35	14,40	12

Задача 3.10 (МНПЛ)

На МНПЛ собирают и монтируют блоки четырех различных изделий – А, Б, В, Г, которые имеют значительное конструктивное сходство и типовой технологический процесс. МНПЛ сборки и монтажа работают в 2 смены, по 8 часов. Количество рабочих дней в месяце 22 дня. Шаг конвейера – 0,7 м.

Месячная программа выпуска и суммарная трудоемкость блоков приведены в таблице 3.3. наибольшая длительность наладки одного рабочего места – 20 мин. Потери времени на простои рабочих мест при смене партий изделий – 2%.

Таблица 3.3

Месячная программа выпуска и суммарная трудоемкость блоков

Показатель	Услов. обоз.	Единица измерения	Изделия			
			А	Б	В	Г
Месячная программа выпуска	$N_j$	шт.	6 000	3 200	3 400	5 500
Суммарная трудоемкость	$T_j$	мин.	10	14	16	18

Задача 3.11 (МНПЛ)

На переменнo-поточной линии обрабатываются детали А и Б. Программа выпуска деталей за месяц составляет: по изделию А – 1 500 шт.; по изделию Б – 2 500 шт. Суммарная трудоемкость изделий: по изделию А – 40 мин.; по изделию Б – 35 мин. Режим работы линии – двухсменный, продолжительность рабочей смены – 8 ч. Количество рабочих дней в месяце – 21 день. Потери

рабочего времени на переналадку линии составляют 5% от длительности смены. Шаг конвейера – 1,1 м. Средняя длительность наладки одного рабочего места – 25 мин.

Рассчитать первую и вторую группу календарно-плановых нормативов и построить стандарт-план работы МНПЛ.

## Тема 2.5. Организация автоматизированного производства

### Контрольные вопросы

1. Частичная автоматизация производственных процессов предполагает ...
2. Комплексная автоматизация производственных процессов предполагает ...
3. Назовите основные этапы автоматизации.
4. Автоматическая линия – это .....
5. Основными показателями автоматической линии являются .....
6. Автоматическая роторная линия представляет собой .....
7. Основными календарно-плановыми нормативами роторной линии являются ....
8. Промышленный робот – это .....
9. Охарактеризуйте типы роботизированных технологических комплексов.
10. В чем отличие гибких производственных систем (ГПС) от поточных линий?
11. Характеристика различных аспектов гибкости
12. Структура ГПС включает в свой состав.....

## Тема 3.1. Организация инструментального хозяйства предприятия

### Методические указания к практическим заданиям

- 1) Машинное время работы инструмента до полного его износа:

$$T_{\text{изн}} = \left( \frac{L}{l} + 1 \right) \cdot t_{\text{ст}}, \quad (1)$$

где  $L$  – допустимая величина стачивания рабочей части инструмента при заточках, мм;

$l$  – средняя длина снимаемого слоя при каждой заточке, мм;

$t_{\text{ст}}$  – стойкость инструмента, т.е. машинное время его работы между двумя переточками, ч.

- 2) Потребное количество режущего инструмента:

$$K_p = \frac{N \cdot t_m \cdot n_n}{60 \cdot T_{\text{изн}} \cdot (1 - R)}, \quad (2)$$

где  $N$  – число деталей, обрабатываемых данным инструментом по годовой программе, шт;

$t_m$  – машинное время на одну деталиеоперацию, мин;

$n_n$  – число инструментов, одновременно работающих на станке, шт;  
 $R$  – коэффициент преждевременного износа инструмента (принимается  $R = 0,05$ ).

3) Норма износа для скоб и проходных калибров:

$$n_{\text{пр.и}} = v \cdot a_g \cdot B \cdot a_p, \quad (3)$$

где  $v$  – коэффициент допустимого средневероятного износа мерителя (принимают около 0,7);

$a_g$  – величина допустимого износа мерителя по ГОСТ, мкм;

$B$  – норма стойкости мерителя (число измерений на 1 мкм износа мерителя);

$a_p$  – допустимое число ремеонтов мерителя до полного износа ( $a_p = 2$ ).

4) Потребное количество мерительного инструмента:

$$K_M = \frac{N \cdot a_B \cdot n_{\text{в.к}}}{n_{\text{пр.и}} \cdot (1 - R)}, \quad (4)$$

где  $a_B$  – количество измерений на одну деталь;

$n_{\text{в.к}}$  – выборочность контроля (в десятичных долях).

5) Количество рабочих мест на каждой  $i$ -ой операции:

$$C_{\text{пр}} = \frac{N \cdot t_{\text{шт}}}{F_{\text{эф}} \cdot S \cdot 60}, \quad (5)$$

где  $t_{\text{шт}}$  – штучное время выполнения единицы изделия на  $i$ -ой операции, мин;

$F_{\text{эф}}$  – эффективный фонд времени работы оборудования, ч;

$S$  – число смен работы оборудования.

6) Периодичность съема инструмента со станка:

$$T_c = \frac{t_{\text{шт}}}{t_M} \cdot t_{\text{ст}}, \quad (6)$$

7) Количество инструмента, находящегося на рабочих местах:

$$Z_{\text{р.м}} = \frac{T_M}{T_c} \cdot C_{\text{пр}} \cdot n_n + C_{\text{пр}} \cdot (1 + K_3), \quad (7)$$

где  $T_M$  – периодичность подачи инструмента к рабочим местам, ч;

$K_3$  – коэффициент резервного запаса инструмента на каждом рабочем месте (величина  $K_3$  на однорезцовых станках равна 1, а на многорезцовых станках – 2-4).

8) Количество инструмента, находящееся в ремонте, заточке, проверке:

$$Z_{\text{р.з}} = \frac{T_3}{T_M} \cdot C_{\text{пр}} \cdot n_n, \quad (8)$$

где  $T_3$  – время от поступления инструмента с рабочего места в инструментально-раздаточную кладовую до возвращения его из заточки, ч (для простого инструмента  $T_3 = 8$  ч, а для сложного  $T_3 = 16$  ч).

9) Количество инструмента, находящееся в инструментально-раздаточной кладовой:

$$Z_k = Q_p \cdot t_n \cdot (1 + K_{3.ц}), \quad (9)$$

где  $Q_p$  – среднесуточный расход инструмента за период между очередными его поступлениями из центрального инструментального склада, шт. ( $Q_p = K_p / 360$ );

$t_H$  – периодичность поставки инструмента из ЦИС в ИРК цеха (как правило поставки осуществляются 2 раза в месяц, т.е.  $t_H = 15$  дн.);

$K_{з.ц}$  - коэффициент резервного (страхового) запаса инструмента в ИРК (принимается равным 0,1).

10) Цеховой оборотный фонд режущего инструмента

$$Z_{ц} = Z_{р.м} + Z_{р.з} + Z_{к}, \quad (10)$$

### Решение практических задач

Годовая программа обрабатываемых ступенчатых шлицевых валиков –  $N = 500\,000$  шт. режим работы цеха – двухсменный. Эффективный фонд работы оборудования в одну смену –  $F_{эф} = 1975$  ч. Материал заготовки – сталь 20Х. технологический процесс представлен в таблице 1.

Таблица 1

Технологический процесс механической обработки валиков

№ операции	Содержание операции	Оборудование	Инструменты		Время	
			Режущий	Мерительный	$t_m$	$t_{шт}$
1	Обточить начерно: - передний суппорт - задний суппорт	Токарный многорезцовый станок То же	Резцы проходные черновые 16×25 (3 шт.) Резцы подрезные черновые 16×25 (4 шт.)	Скобы 87 <sup>0,5</sup> , 72 <sup>0,5</sup> , 57 <sup>0,5</sup> Скоба 152 <sup>0,5</sup>	1,85	3,64
					1,96	3,48
2	Обточить начерно: - передний суппорт - задний суппорт	То же То же	Резцы проходные чистовые (3 шт.)  Резцы подрезные чистовые 16×25 (4 шт.)	Скобы 87 <sup>0,2</sup> , 70 <sup>0,2</sup> , 55 <sup>0,2</sup>  Скоба 150 <sup>0,2</sup>	1,43	2,47
					1,35	2,53
3	Шлифовать ступень диаметром 85 мм	Круглошлифовальный станок	Шлифовальный круг	Скоба 85 <sup>0,1</sup>	1,82	2,64
4	Фрезеровать шлицы на ступени диаметром 85 мм	Фрезерный станок	Фреза черновая 90 мм	Проходной калибр	7,38	12,42

Таблица 2

Нормативы используемого инструмента по всем типоразмерам

Наименование инструмента	$L$ , мм	$l$ , мм	$t_{ст}$ , ч	$n_{н}$ , шт.	$T_m$ , ч
1. Резец проходной черновой	5,1	0,7	2,4	3	8
2. Резец подрезной черновой	2,8	0,4	2,4	4	4

3. Резец проходной чистовой	5,1	0,7	2,4	3	8
4. Резец подрезной чистовой	2,8	0,4	2,4	4	4
5. Шлифовальный круг	25	1,0	1,0	1	4
6. Фреза червячная	7,3	0,6	4,0	1	8

Таблица 3

Нормативы мерительного инструмента

Мерительный инструмент	$a_g$ , мкм	$B$	$a_B$ , шт.	$n_{в.к.}$
1. Скобы	10	2630		
87 <sup>-0,5</sup>			5	0,3
72 <sup>-0,5</sup>			4	0,2
57 <sup>-0,5</sup>			3	0,2
152 <sup>-0,5</sup>			2	0,1
87 <sup>-0,2</sup>			4	0,3
70 <sup>-0,2</sup>			5	0,2
55 <sup>-0,2</sup>			4	0,2
150 <sup>-0,2</sup>			2	0,1
85 <sup>-0,1</sup>			4	0,5
2. Калибры проходные для шлицов	12	900	1	0,7

**Определить** необходимое количество режущего и мерительного инструмента на годовую программу. Произвести расчет цехового фонда режущего инструмента.

**Тема 3.2. Организация ремонтного хозяйства предприятия**

*Методические указания к практическим заданиям*

Расчет длительности межремонтного цикла для лёгких и средних металлорежущих станков производится по формуле

$$T_{м.ц.} = 24000 \cdot \beta_{п.} \cdot \beta_{м.} \cdot \beta_{у.} \cdot \beta_{с.}, \quad (1)$$

где 24 000- нормативный ремонтный цикл, станко-ч;

$\beta_{п.}$  - коэффициент, учитывающий тип производства (для массового и крупносерийного  $\beta_{п.} = 1,0$ , для серийного  $\beta_{п.} = 1,3$ , для мелкосерийного и единичного  $\beta_{п.} = 1,5$ );

$\beta_{м.}$  - коэффициент, учитывающий род обрабатываемого материала (при обработке конструкционных сталей  $\beta_{м.} = 1,0$ , чугуна и бронзы  $\beta_{м.} = 0,8$ , высокопрочных сталей  $\beta_{м.} = 0,7$ );

$\beta_{у.}$  - коэффициент, учитывающий условия эксплуатации оборудования (при нормальных условиях механических цехов  $\beta_{у.} = 1,0$ , в запыленных и влажных помещениях  $\beta_{у.} = 0,7$ );

$\beta_{с.}$  - коэффициент, характеризующий группу станков (для легких и средних  $\beta_{с.} = 1,0$ ).

Определение длительности межремонтного периода производится по формуле



$$t_{\text{мр}} = \frac{T_{\text{м.ц.}}}{n_{\text{с}} + n_{\text{т}} + 1}, \quad (2)$$

где  $n_{\text{с}}$  и  $n_{\text{т}}$  – количество средних и текущих ремонтов.

Длительность межосмотрового периода:

$$t_{\text{мо}} = \frac{T_{\text{м.ц.}}}{n_{\text{с}} + n_{\text{т}} + n_{\text{о}} + 1}, \quad (3)$$

где  $n_{\text{о}}$  – количество осмотров на протяжении межремонтного цикла.

Длительность межремонтного цикла может быть определена по формулам

$$T_{\text{м.ц.}} = t_{\text{мр}} \cdot (1 + n_{\text{с}} + n_{\text{т}}), \quad (4)$$

или

$$T_{\text{м.ц.}} = t_{\text{мо}} \cdot (1 + n_{\text{с}} + n_{\text{т}} + n_{\text{о}}), \quad (5)$$

Общий годовой объем ремонтных работ определяется по формуле

$$T_{\text{рем}}^{\text{общ}} = \frac{T_{\text{к}} \cdot n_{\text{к}} + T_{\text{с}} \cdot n_{\text{с}} + T_{\text{т}} \cdot n_{\text{т}} + T_{\text{о}} \cdot n_{\text{о}}}{T_{\text{м.ц.}}} \times \sum_{i=1}^m R_i \cdot C_{\text{пр}i}, \quad (6)$$

где  $T_{\text{к}}$ ,  $T_{\text{с}}$ ,  $T_{\text{т}}$ ,  $T_{\text{о}}$  – суммарная трудоемкость (слесарных, станочных и прочих работ) соответственно капитального, среднего, текущего ремонтов и осмотров на одну единицу ремонтной сложности, н.-ч;

$R_i$  – количество единиц ремонтной сложности  $i$ -й единицы оборудования (механической части), рем.ед.;

$C_{\text{пр}i}$  – количество единиц оборудования  $i$ -го наименования, шт.

Годовой объем работ по межремонтному обслуживанию:

$$T_{\text{об}} = \frac{F_{\text{эф}} \cdot K_{\text{см}}}{H_{\text{об}}} \cdot \sum_{i=1}^m R_i \cdot C_{\text{пр}i}, \quad (7)$$

где  $F_{\text{эф}}$  – годовой эффективный фонд времени работы одного рабочего, ч;

$K_{\text{см}}$  – сменность работы обслуживаемого оборудования;

$H_{\text{об}}$  – норма обслуживания на одного рабочего в смену, рем.ед.

Расчет численности рабочих, необходимых для выполнения ремонтных работ и межремонтного обслуживания, производится по видам работ:

$$P_{\text{сл}} = \frac{T_{\text{рем}}^{\text{сл}}}{F_{\text{эф}} \cdot K_{\text{в}}}, \quad (8)$$

и

$$P'_{\text{сл}} = \frac{T_{\text{об}}^{\text{сл}}}{F_{\text{эф}} \cdot K_{\text{в}}}, \quad (9)$$

где  $T_{\text{рем}}^{\text{сл}}$ ,  $T_{\text{об}}^{\text{сл}}$  – трудоёмкость слесарных работ соответственно для выполнения ремонтных работ и межремонтного обслуживания, н.-ч;

$K_{\text{в}}$  – коэффициент выполнения норм времени.

Аналогично производится расчет численности ремонтного и межремонтного персонала по станочным и прочим видам работ.

Необходимое количество единиц оборудования (станков) для выполнения станочных работ по ремонтному и межремонтному обслуживанию осуществляется по формуле

$$C_{\text{пр}} = \frac{T_{\text{рем}}^{\text{ст}} + T_{\text{об}}^{\text{ст}}}{F_{\text{эф}} \cdot K_{\text{см}} \cdot K_{\text{в}}}, \quad (10)$$

где  $F_{эф}$  – годовой эффективный фонд времени работы одного станка в одну смену, ч.

Потребность цеха в материалах для ремонта производится по формуле

$$Q = \lambda \cdot H_1 \cdot (\sum R_k + L \cdot \sum R_c + B \cdot \sum R_t), \quad (11)$$

где  $\lambda$  – коэффициент, учитывающий расход материала на осмотры и межремонтное обслуживание;

$H_1$  – норма расхода материала на один капитальный ремонт оборудования на одну ремонтную единицу;

$\sum R_k, \sum R_c, \sum R_t$  - сумма ремонтных единиц агрегатов, подвергаемых течение года соответственно капитальному, среднему и текущему ремонтам;

$L$  – коэффициент, характеризующий соотношение нормы расхода материала при среднем и капитальном ремонтах;

$B$  - коэффициент, характеризующий соотношение нормы расхода материала при текущем и капитальном ремонтах.

Нормы запаса однотипных деталей для группы однотипного оборудования определяются по формуле

$$H_3 = C_{пр} \cdot C_d \cdot \frac{T_{ц}}{t_{сл}} \cdot K_{сн}, \quad (12)$$

где  $C_{пр}$  - количество однотипных единиц оборудования, шт.;

$C_d$  - количество однотипных деталей в данном типе оборудования, шт.;

$t_{сл}$  – срок службы деталей, дни;

$K_{сн}$  – коэффициент снижения численной величины запаса однотипных деталей, зависящий от их количества в одномодельных агрегатах (берется из практических данных службы главного механика предприятия).

Максимальный запас не должен превышать трехмесячного расхода сменных деталей одного наименования.

### ***Решение практических задач***

В механообрабатывающем цехе установлено 44 металлорежущих станка (табл. 1).

*Таблица 1*

**Состав станочного парка в цехе**

№ п/п	Оборудование	Модель или марка	Категория ремонтной сложности (механическая часть)	Установленная мощность, кВт	Оптовая цена единицы оборудования, руб.
1	2	3	4	5	6
1	Токарно-винторезные станки	1К62	11,0	10,0	3 650
		1К62Б	12,5	11,0	6 000
		1К62Д	14,5	11,5	6 500
		1М63М	13,0	18,5	8 290
		1М63Б	14,0	15,0	7 870
		1М65	16,5	22,0	11 160
2	Полуавтоматы токарно-револьверные	1М42Б	17,5	13,0	14 500
		1А124М	14,5	12,5	12 300

		1А136МЦ	14,0	13,0	15 300
3	Автоматы токарно-револьверные одношпиндельные	1Г140П	17,5	7,1	15 500
		1Д112	18,0	5,5	2 450
		1Е125	15,5	11,0	9 500
4	Полуавтоматы токарные многошпиндельные	1Б265НП-8К	50,0	30,0	54 100
		1Б290НП-6К	41,0	30,0	66 300
5	Вертикально-фрезерные станки	692Р-1	12,5	2,2	5 000
		ГФ2380	13,0	11,0	14 000
6	Горизонтально-фрезерные станки	6Н13Ц	14,0	13,0	15 000
		6Т82Г-1	12,5	7,5	6 365
		6Р83Г	11,0	7,0	6 300
		6Т83Г-1	11,5	7,5	7 290
7	Вертикально-сверлильные станки	2С132	9,5	4,0	4 570
		2Г125	4,5	3,5	3 470
		2Н135-1	6,0	4,0	4 750
		КД-26	5,5	1,6	3 250
8	Радиально-сверлильные станки	2К52	7,0	4,5	3 950
		2М55	20,0	5,5	4 750
		2А576	17,5	7,5	18 200
9	Круглошлифовальные станки	3У10В	15,5	2,1	12 400
		3У10А	19,5	2,5	13 750
		3М195	38,5	30,0	38 900
10	Плоскошлифовальные станки	3Е711В-1	15,0	4,0	7 129
		3Е711ВФ1	17,5	10,0	14 500
11	Внутришлифовальные станки	3К225В	17,5	2,5	9 870
		3К225А	16,5	2,5	11 860
		3К227В	12,5	4,5	14 430
12	Универсально-заточные станки	3Е622	10,0	3,0	4 450
		3Е642Е	12,5	3,0	6 750
13	Горизонтально-расточные станки	2620В	28,0	10,2	20 800
		2620Г	18,0	10,2	19 730
14	Протяженные станки	7Б64	17,5	11,0	17 924
		7Б67	24,5	40,0	29 970
15	Отрезные станки	8Г662	16,0	3,2	8 500
		8Г681	17,5	18,1	13 170
		8Б66	8,0	2,5	3 610
Итого			694	448,2	578058

Режим работы цеха двухсменный (шорные работы выполняются в одну смену). Продолжительность смены 8 часов. Условия работы оборудования нормальные. Обрабатываются конструкционные стали, следовательно, коэффициенты, учитывающие тип производства ( $\beta_n$ ), свойства обрабатываемого материала ( $\beta_m$ ), условия эксплуатации ( $\beta_y$ ), характеристику станков ( $\beta_c$ ) принимаются равными единице. Нормативное время работы станка в течение межремонтного цикла  $A = 24000$  ч. Структура межремонтного цикла для установленных станков имеет вид

$K_1 - O_1 - T_1 - O_2 - T_2 - O_3 - C_1 - O_4 - T_3 - O_5 - T_4 - O_6 - C_2 - O_7 - T_5 - O_8 - T_6 - O_9 - K_2$ .

Нормы времени для выполнения ремонтных работ представлены в табл.2. Годовой эффективный фонд времени одного рабочего составляет 1835 ч. Нормы обслуживания на одного рабочего в смену по межремонтному обслуживанию составляют:  $H_{оо}^{cm} = 1650 \text{ рем.ед.}; H_{оо}^{cl} = 500 \text{ рем.ед.}; H_{оо}^{cm} = 1000 \text{ рем.ед.}; H_{оо}^{uu} = 3390 \text{ рем.ед.}$ . Коэффициент, учитывающий затраты предприятия на транспортировку, монтаж и пусконаладочные работы ( $k_{тр}$ ) составляет 1,15.

Таблица 2

Нормы времени на выполнение ремонтных работ на одну ремонтную единицу для технологического оборудования, н.-ч

Виды работ	Работы			Всего
	слесарные	станочные	прочие	
Осмотр (О)	0,75	0,10	-	0,85
Ремонты:				
текущий (Т)	4,00	2,00	0,10	6,10
средний (С)	16,00	7,00	0,50	23,50
капитальный (К)	23,00	10,00	2,00	35,00

Коэффициент, учитывающий расход материала на осмотры и межремонтное обслуживание ( $\lambda$ ), равен 1,12. норма расхода материала на один капитальный ремонт оборудования на одну ремонтную единицу составляет 14 кг конструкционной стали. Коэффициент, характеризующий соотношение нормы расходы материала при среднем и капитальном ремонтах ( $L$ ), равен 0,6; коэффициент, характеризующий соотношение нормы расходы материала при текущем и капитальном ремонтах ( $B$ ), равен 0,2.

Ежегодно капитальному ремонту подвергается 10% оборудования, среднему ремонту – 25% и текущему ремонту – 100% оборудования.

Определить длительность межремонтного цикла, межремонтного и межосмотрового периодов, трудоемкость ремонтных и межремонтных работ, численность персонала по категориям для выполнения ремонтных работ и межремонтного обслуживания, годовую потребность цеха в материалах для ремонтных нужд, установленную мощность оборудования в цехе, балансовую стоимость активной части основных производственных фондов и количество станков для выполнения станочных работ для ремонтов и межремонтного обслуживания оборудования.

### Тема 3.3. Организация энергетического хозяйства предприятия

#### Методические указания к практическим заданиям

1. Плановое потребление электроэнергии  $P_{эл}^{пл} = W_y \cdot \eta_c \cdot F_{эф}$ ,

где  $W_y$  – суммарная установленная мощность электромоторов оборудования, кВт;  $\eta_c$  – коэффициент спроса потребителей электроэнергии;  $F_{эф}$  – эффективный фонд времени работы оборудования, ч.

2. Фактическое потребление электроэнергии  $P_{эл}^{\phi} = \frac{W_y \cdot F_{эф} \cdot K_3 \cdot K_o}{K_c \cdot \eta_э}$ ,

где  $K_3$  – коэффициент загрузки оборудования;  $K_o$  – средний коэффициент одновременной работы оборудования;  $K_c$  – коэффициент полезного действия питающей электрической сети;  $\eta_э$  – коэффициент полезного действия электромоторов.

3. Экономия (перерасход) силовой электроэнергии  $P = P_{эл}^{\phi} - P_{эл}^{пл}$ .

4. Потребность в силовой электроэнергии за год

$$P_{эл} = F_{эф} \cdot \sum_{i=1}^m W_{yi} \cdot \cos \varphi \cdot K_m,$$

где  $\cos \varphi$  – коэффициент мощности установленных электродвигателей,  $K_m$  – коэффициент машинного времени работы станков.

5. Потребность в электроэнергии для освещения помещений

$$P_{эл}^{ном} = \frac{C_{св} \cdot P_{ср} \cdot F_{эф} \cdot K_o}{1000},$$

где  $C_{св}$  – число светильников (лампочек), шт.;  $P_{ср}$  – средняя мощность одной лампочки, Вт.

6. Количество пара для отопления здания  $Q = \frac{q_n \cdot t_o \cdot F_{эф} \cdot V_3}{1000 \cdot i}$ ,

где  $q_n$  – расхода пара на 1 м<sup>3</sup> здания;  $t_o$  – разность внутренней и наружной температур;  $V_3$  – объем здания, м<sup>3</sup>;  $i$  – теплосодержание пара (принимается 540 ккал/кг).

7. Количество сжатого воздуха для производственных целей (м<sup>3</sup>):

$$Q_{возд} = 1,5 \cdot \sum_{i=1}^m d \cdot K_u \cdot F_{эф} \cdot K_3,$$

где 1,5 – коэффициент, учитывающий потери сжатого воздуха в трубопроводах и в местах их соединения;  $d$  – расход сжатого воздуха при непрерывной работе воздухоприёмника, м<sup>3</sup>/ч;  $K_u$  – коэффициент использования воздухоприёмника во времени;  $m$  – число наименований воздухоприёмников.

8. Количество воды для производственных целей  $Q_6 = \frac{q_6 \cdot C_{пр} \cdot F_{эф} \cdot K_3}{1000}$ ,

где  $q_6$  – часовой расход воды на один станок, л;  $C_{пр}$  – количество станков, использующих воду для производственных целей, шт.

### **Решение практических задач**

#### **Задача 6.1**

Мощность установленного по механическому цеху оборудования 448,2 кВт; средний коэффициент полезного действия электромоторов – 0,9; средний коэффициент загрузки оборудования – 0,8; средний коэффициент одновременной работы оборудования – 0,7; коэффициент полезного действия питающей электрической сети – 0,96; плановый коэффициент спроса по цеху – 0,6. Режим работы цеха – двухсменный, продолжительность рабочей смены – 8

ч. Потери времени на плановые ремонты – 5%. Количество рабочих дней в году – 253.

*Определить* экономию (перерасход) силовой электроэнергии по цеху за год.

### Задача 6.2

*Определить* потребность в силовой электрической энергии для участка механического цеха за год на основе данных таблицы 6.1.

Режим работы участка – двухсменный, продолжительность рабочей смены – 8 ч. Потери времени на плановые ремонты – 5%. Количество рабочих дней в году – 260.

Таблица 6.1

Состав оборудования участка

Оборудование	Установленная мощность моторов, кВт	cos φ электромоторо в	Коэффициент машинного времени работы станков (K <sub>м</sub> )
1. Токарно-винторезные	40	0,8	0,7
2. Токарно-револьверные	36	0,7	0,8
3. Вертикально-фрезерные	25	0,8	0,8
4. Горизонтально-фрезерные	15	0,8	0,8
5. Вертикально-сверлильные	20	0,6	0,7
6. Радиально-сверлильные	18	0,6	0,4
7. Круглошлифовальные	20	0,7	0,7
8. Плоско-шлифовальные	24	0,8	0,7
9. Шлифовально-полировальные	12	0,6	0,6
10. зуборезные	18	0,7	0,6

### Задача 6.3

*Определить* потребность в электроэнергии для освещения механического цеха, если в нем установлено 50 люминесцентных светильников; средняя мощность каждого из них – 100 Вт. Время горения светильников в сутки – 15 ч. Коэффициент одновременного горения светильников – 0,75. Число рабочих дней в месяце – 22.

### Задача 6.4

*Определить* расход пара на отопление здания механического цеха, имеющего объем  $V_3 = 8000 \text{ м}^3$ .

Норма расхода пара  $q_{\text{п}} = 0,5 \text{ ккал/ч}$  на  $1 \text{ м}^3$  здания. Средняя наружная температура за отопительный период –  $t_{\text{н}} = 5^\circ\text{C}$ . Внутренняя температура в здании цеха за отопительный период поддерживается на уровне  $t_{\text{вн}} = +18^\circ\text{C}$ . Отопительный период  $F_c = 200$  суток.

### Задача 6.5

*Определить* потребность цеха в сжатом воздухе за месяц, если он используется на 35 станках. Среднечасовой расход сжатого воздуха на одном станке -  $10 \text{ м}^3$ . Коэффициент утечки сжатого воздуха – 1,5. Коэффициент использования

станков во времени – 0,85, а по мощности – 0,75. Режим работы оборудования цеха – двухсменный. Продолжительность рабочей смены – 8ч. Число рабочих дней в месяце – 21. Потери времени на плановые ремонты – 6%.

#### Задача 6.6

Определить расход воды на приготовление охлаждающей эмульсии для металлорежущего инструмента за год по механическому цеху. Вода используется на 40 станках, ее средний часовой расход на один станок составляет 1,3 л. Средний коэффициент загрузки станков 0,8. Режим работы оборудования цеха – двухсменный. Продолжительность рабочей смены – 8ч. Число рабочих дней в году – 255. Потери времени на плановые ремонты – 5%.

### Тема 3.4. Организация транспортного хозяйства предприятия

#### Методические указания к практическим заданиям

1. Время пробега автомобиля в одну сторону (мин.):  $T_{проб} = \frac{L}{V_{cp}}$ ,

где  $L$  – расстояние между двумя пунктами маршрута, м;  $V_{cp}$  – средняя скорость движения транспортного средства, м/мин.

2. Длительность одного рейса (мин):  $T_p = 2 \cdot T_{проб} + t_3 + t_p$ ,

где  $t_3$  ( $t_p$ ) – время на одну погрузку (разгрузку) за каждый рейс, мин.

3. Количество автомашин (односторонний маршрут движения):

$$K_{m.c} = \frac{\sum_{j=1}^H N_j \cdot Q_{ум.j}}{q \cdot K_{uc} \cdot F_{эф}} \left( \frac{2L}{V_{cp}} + t_3 + t_p \right),$$

где  $N_j$  – количество изделий  $j$ -го наименования, перевозимых в течение расчетного периода, шт.;  $Q_{ум.j}$  – вес единицы изделия  $j$ -го наименования, кг;  $q$  – грузоподъемность единицы транспортного средства, кг;  $K_{uc}$  – коэффициент использования грузоподъемности транспортного средства;  $F_{эф}$  – эффективный фонд времени работы единицы транспортного средства, мин.

4. Количество рейсов, совершаемых транспортными средствами за сутки

$$P = \frac{S \cdot \Pi_p \cdot (1 - d\%) }{T_p},$$

где  $S$  – число смен;  $\Pi_p$  – продолжительность рабочей смены, мин;  $d\%$  – потери времени на плановые ремонты автомашин.

5. Количество груза, перевозимого за смену  $Q_{см} = \frac{Q_2}{N \cdot S \cdot K_n}$ ,

где  $Q_2$  – годовой грузооборот на данном маршруте, кг (т);  $N$  – количество рабочих дней в году;  $K_n$  – коэффициент неравномерности перевозок (принимается равным 0,85).

6. Производительность одного рейса  $\Pi = \frac{Q_{см}}{P}$ .

7. Коэффициент загрузки транспортных средств  $K_3 = \frac{K_{m.c}(\text{по расчёту})}{K_{m.c}(\text{принятое})}$ .

8. Необходимое количество конвейеров (для штучных грузов)

$$K_{ш} = \frac{Q_c \cdot l_o}{3,6 \cdot Q_{шт} \cdot V \cdot F_{эф}}$$

где  $Q_c$  – суммарный транспортируемый груз в течение суток, кг;  $l_o$  – шаг конвейера, м;  $Q_{шт}$  – масса (вес) одного транспортируемого изделия, кг; 3,6 – постоянный коэффициент;  $V$  – скорость движения конвейера, м/с.

9. Часовая производительность конвейера  $\tau_ч = 3,6 \cdot Q_{шт} \cdot p \cdot \frac{V}{l_o}$ ,

$p$  – величина транспортной партии, шт.

### **Решение практических задач**

#### **Задача 7.1**

С железнодорожной станции на завод необходимо перевезти 10 000 т груза. Расстояние от железнодорожной станции до завода – 5,6 км. Для перевозки груза будут использованы пятитонные автомашины. Скорость движения автомашины 42 км/ч. Время погрузки – 40 мин., время разгрузки – 25 мин. Количество рабочих дней в году – 255. Режим работы оборудования цеха – двухсменный. Продолжительность рабочей смены – 8ч. Потери времени на плановые простои – 4%. Коэффициент использования грузоподъемности автомашины – 0,8; коэффициент нормирования – 0,85.

*Определить:*

- 1) время пробега автомашины;
- 2) длительность рейса;
- 3) необходимое количество транспортных средств и коэффициент их загрузки;
- 4) количество рейсов в сутки;
- 5) производительность одного рейса.

#### **Задача 7.2**

Суточный грузооборот двух цехов составляет  $Q = 14$  т. Маршрут пробега автокара двусторонний. Средняя скорость движения автокара по маршруту  $V = 60$  м/мин. Грузоподъемность автокара  $q = 1$  т. Расстояние между цехами  $L = 300$  м. Время погрузки-разгрузки автокара в первом цехе  $t_1 = 16$  мин, во втором  $t_2 = 18$  мин. Коэффициент использования грузоподъемности автокара  $K_{ис.г} = 0,8$ ; коэффициент использования времени работы автокара  $K_{ис.в} = 0,85$ . Режим работы автокара – двухсменный.

*Определить* необходимое количество автокаров и производительность автокара за один рейс.

#### **Задача 7.3**



Ежедневный завоз 10 т металлов из центрального склада завода в пять цехов производится электрокаром грузоподъемностью 1 т. Маршрут кольцевой с затухающим грузопотоком, его длина составляет 1 000 м. Скорость движения электрокара – 40 м/мин. Погрузка каждого электрокара на складе 10 мин, разгрузка в каждом цехе 5 мин (в среднем). Склад работает в одну смену. Коэффициент использования времени работы электрокара – 0,85; средний коэффициент использования номинальной грузоподъемности – 0,8.

*Определить* необходимое количество электрокаров, средний коэффициент их загрузки и количество рейсов за смену.

#### *Задача 7.4*

Доставка деталей из литейного, механообрабатывающего и термического цехов в сборочный осуществляется электрокаром номинальной грузоподъемностью 1 т. Суточный грузооборот составляет 15 т. Маршрут кольцевой с возрастающим грузопотоком составляет 1 200 м. Скорость движения электрокара – 40 м/мин. Погрузка в каждом из цехов в среднем составляет 5 мин, а разгрузка в сборочном цехе – 15 мин. Режим работы цехов – двухсменный. Коэффициент использования номинальной грузоподъемности – 0,8; коэффициент использования времени работы электрокара – 0,85.

*Определить* необходимое количество транспортных средств, коэффициент их загрузки и количество рейсов за сутки.

#### *Задача 7.5*

Электромостовой кран механосборочного цеха за смену транспортирует 28 изделий. На погрузку и разгрузку одного изделия требуется 10 мин. Кран движется со скоростью 30 м/мин. Продолжительность трассы крана – 80 м. Коэффициент использования фонда времени работы крана – 0,9. Продолжительность рабочей смены – 8ч.

*Определить* необходимое количество кранов и коэффициент их загрузки.

#### *Задача 7.6*

Подача деталей на сборку осуществляется напольным конвейером. Суточный грузопоток составляет 36,2 т при весе одной детали (в среднем) – 2 кг. Шаг конвейера – 0,7 м. Конвейер движется со скоростью 0,25 м/с. Режим работы цеха – двухсменный. Продолжительность рабочей смены – 8ч. Потери рабочего времени на плановые ремонты – 5%.

*Определить* необходимое количество конвейеров и их часовую производительность.

#### *Задача 7.7*

Подвесной транспортный конвейер подает ежесменно для механообработки 432 заготовки. Вес одной заготовки (в среднем) – 5 кг. Движется конвейер со скоростью 3 м/мин. Длина рабочей ветви конвейера – 78 м. На каждый грузовой крюк навешивается по две заготовки. Режим работы цеха – односменный.

Продолжительность рабочей смены – 8ч. Коэффициент использования фонда времени работы конвейера – 0,9.

*Определить:*

- 1) количество грузовых крюков конвейера;
- 2) шаг конвейера;
- 3) часовую производительность конвейера.

#### *Задача 7.8*

Суточный выпуск деталей на механическом участке составляет 80 шт. Каждая деталь транспортируется электромостовым краном на расстояние 75 м. Скорость движения крана – 40 м/мин. Вес одной детали – 30 кг. На каждую деталь при ее погрузке и разгрузке приходится по 4 операции длительностью по 3 мин каждая. Режим работы участка – двухсменный. Продолжительность рабочей смены – 8ч. Время, затрачиваемое на плановые ремонты, составляет 15%.

*Определить:*

- 1) время, затрачиваемое на один рейс крана;
- 2) количество электрокранов;
- 3) часовую производительность электрокранов.

#### *Задача 7.9*

Месячный грузооборот между двумя цехами составляет 50 т. Заготовки поступают из заготовительного цеха в механообрабатывающий на автокарах номинальной грузоподъемностью 1 т, которые движутся со скоростью 40 м/мин. На погрузку заготовок в заготовительном цехе необходимо 10 мин, а на их разгрузку в механообрабатывающем – 6 мин. Расстояние между цехами – 500 м. Коэффициент использования грузоподъемности автокара – 0,75. Коэффициент использования фонда времени – 0,9. Режим работы – двухсменный. Количество рабочих дней в месяце – 21.

*Определить* необходимое количество автокаров, количество ежедневных рейсов и часовую производительность автокара.

#### *Задача 7.10*

Сменный грузооборот механического и термического цехов равен 10 т. Маршрут движения электрокаров между цехами – маятниковый двусторонний. Расстояние между цехами – 600 м. Номинальная грузоподъемность электрокара – 1 т. Скорость движения электрокара – 40 м/мин. Погрузка деталей в каждом цехе требует 10 мин, а разгрузка – 6 мин. Длительность смены – 8 ч. Коэффициент использования грузоподъемности – 0,8. Коэффициент использования фонда времени – 0,9.

*Определить* необходимое количество электрокаров, коэффициент их загрузки и количество рейсов каждого электрокара за смену.

#### *Задача 7.11*

Из центрального инструментального склада завода каждые два дня при помощи электрокаров снабжаются инструментом шесть цехов завода. Объем снабжения – 2 т. Грузоподъемность электрокара – 1 т. Маршрут движения кольцевой с затухающим грузопотоком протяженностью 1 500 м. скорость движения электрокаров – 50 м/мин. Сортировка и погрузка инструмента в инструментальном складе требует 30 мин, на разгрузку же в каждом цехе уходит (в среднем) 6 мин. Коэффициент использования номинальной грузоподъемности электрокара – 0,7; коэффициент использования фонда времени работы электрокаров – 0,85. Режим работы склада – односменный.

*Определить* необходимое количество электрокаров, количество рейсов и коэффициент загрузки электрокаров.

#### *Задача 7.12*

В сборочный цех поступают детали и мелкие сборочные единицы из четырех цехов завода на электрокарах номинальной грузоподъемностью 1 т. Маршрут – кольцевой с возрастающим грузопотоком протяженностью 1,5 км. Суммарный суточный грузооборот равен 20 т. Скорость движения электрокара 50 м/мин.

### **Тема 4.1. Основы планирования**

#### ***Контрольные вопросы***

1. Сущность планирования.
2. Классификация планов.
3. Основные принципы планирования на предприятии.
4. Методы планирования (балансовый, опытно-статистический).
5. Методы планирования (нормативный, экономико-математический).

### **Тема 4.2. Стратегическое и оперативное планирование производства**

#### ***Контрольные вопросы***

1. Сущность и назначение стратегического планирования. Особенности стратегического планирования.
2. Технология планирования стратегии.
3. Содержание и задачи оперативно-производственного планирования.
4. Методы разработки оперативных планов производства.
5. Виды оперативного планирования.
6. Системы оперативно-календарного планирования.