

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Учреждение образования  
«Витебский государственный технологический университет»

## **ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА**

Методические указания к практическим занятиям  
для студентов специальностей  
1-25 01 07 «Экономика и управление на предприятии»,  
1-27 01 01-16 «Экономика и организация производства  
(легкая промышленность)»

Витебск  
2019

УДК 658.5 (07)

Составители:

В. А. Скворцов, И. П. Сысоев

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ», протокол № 2 от 27.02.2019.

**Организация производства** : методические указания к практическим занятиям / сост. В. А. Скворцов, И. П. Сысоев. – Витебск : УО «ВГТУ», 2019. – 52 с.

В методических указаниях излагаются теоретические вопросы организации производства, методики организационно-технических расчетов, контрольные вопросы, задачи по организации производства.

УДК 658.5 (07)

© УО «ВГТУ», 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1	
Тема. Теоретические основы организации производства (Теория, методика, практические задания, задачи)	4
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2	
Тема. Методика организационного расчета СКП (Теория, методика, контрольные вопросы, задачи)	11
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3	
Тема. Методика организационного расчета вариантов одновременного изготовления нескольких видов продукции на поточных линиях (Теория, методика, контрольные вопросы, практические задания, задачи)	21
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 4	
Тема. Методика организационного расчета последовательных много-ассортиментных конвейерных потоков ПМКП (Методы расчетов, практические задания, задачи)	30
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 5	
Тема. Методика расчета потока с нерегламентированным темпом и ритмом операции типа ДОО, типа ДОД (Теория, методика, контрольные вопросы, задачи)	35
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 6	
Тема. Особенности организации потоков в швейном, кожгалантерейном и трикотажном производствах (Теория, методика, контрольные вопросы, задачи)	42
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	51

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1

### Тема. Теоретические основы организации производства (Теория, методика, практические задания, задачи)

На предприятиях легкой промышленности решаются разнообразные задачи организации производства труда и управления, важнейшими из которых являются:

1. Разработка и совершенствование прогрессивной производственно-технологической структуры и организационной структуры управления предприятием.

2. Синхронизация и координация производственных процессов во времени по критериям минимум запасов и максимальное приближение к непрерывности преобразования предметов труда в продукт.

3. Формирование условий рационального использования рабочей силы, сырья и оборудования во всех подразделениях предприятия, системы управления персоналом.

4. Разработка организационных форм производства, реализующих принципы рациональной его организации: специализации, пропорциональности, параллельности, прямоочности, непрерывности, ритмичности и автоматичности.

5. Совершенствование подготовки производства новых видов продукции, создание новых видов продукции, создание условий для расширения ее ассортимента, улучшения качества в соответствии с динамично меняющимся спросом.

6. Организация диспетчирования как системы оперативного управления производством и контроля реализации организационных и оперативно-календарных планов предприятия.

7. Совершенствование организации труда рабочих и нормирование его затрат и другие.

Организация движения и обработки партий предметов труда позволяет объединять в едином процессе производства людей, машины, предметы труда. Для измерения и сочетания этих элементов в различных соотношениях и пропорциях используются следующие организационные параметры.

1. Период функционирования производственного процесса в течение смены ( $P_{\phi}$ )

$$P_{\phi} = T_{см} - T_{орг.перерывов}, \quad (1.1)$$

где  $T_{см}$  – продолжительность смены; устанавливается в соответствии с Конституцией Республики Беларусь и оговаривается в коллективном договоре, контракте;  $T_{орг.перерыв}$  – время на отдых и личные надобности, производственную гимнастику, время, необходимое для наладки, регулировки, перезаправки оборудования (15–20 мин). Эти перерывы по режиму работы должны назначаться

через каждые 2 часа. Через 4 часа работы назначается обеденный перерыв (30–60 мин), время этого перерыва не включается в продолжительность смены.

2. Сменное задание ( $P_{см}$ ) устанавливается исходя из производственной мощности ( $ПМ$ ) – максимально возможный выпуск продукции в течение смены в натуральных измерителях, который характеризует организационно-технический потенциал производства, при максимальном использовании рабочего времени, максимальной загрузке оборудования, полном использовании производственной площади с учетом существующих нормативов.  $K_{ПМ}$  – коэффициент использования производственной мощности

$$K_{ПМ} = \frac{P_{см}}{ПМ}. \quad (1.2)$$

3.  $b$  – передаточная партия в натуральном выражении (однократный запуск-выпуск или транспортная партия).

4.  $W$  – количество запусков-выпусков

$$W = \frac{P_{см}}{b}. \quad (1.3)$$

5.  $\tau$  – такт производственного процесса. Это промежуток времени, через который в производственный процесс осуществляется запуск очередной партии предметов труда

$$\tau = \frac{П_{\phi} \times b}{P_{см}}. \quad (1.4)$$

В приборостроении и машиностроении используется организационный параметр-ритм

$$R = \tau \times b, \quad (1.5)$$

где

$$\tau = \frac{П_{\phi}}{P_{см}}. \quad (1.6)$$

Во всех подотраслях легкой промышленности такт рассчитывается по формуле (1.4), включая  $b = 1$ .

6.  $\sigma$  – темп выпуска продукции

$$\sigma = \frac{P_{см}}{П_{\phi}}. \quad (1.7)$$

7.  $t_i$  – продолжительность обработки предметов труда или партии предметов труда на  $i$ -й операции.

8.  $K_{pi}$  – расчетное количество рабочих мест или исполнителей, машин, оборудования конкретных видов, инструмента, применяемого на  $i$ -й операции производственного процесса

$$K_{pi} = \frac{t_i \times P_{CM}}{b \times \Pi_{\phi}} = \frac{t_i}{\tau} \quad (1.8)$$

$$K_{pi} = \frac{t_i}{\tau} = \text{нецелое число} \approx K_{\phi i}, \quad (1.9)$$

где  $K_p$  и  $K_{\phi}$  – соответственно расчетное и фактическое число исполнителей.

Загрузка (3) на  $i$ -й операции составляет

$$3_i = \left( \frac{K_{pi}}{K_{\phi i}} \right) \times 100. \quad (1.10)$$

Если на операции наблюдается перегрузка, то ее пределы на машинных операциях  $|3_i - 100| \leq 10\%$ , на ручных операциях  $|3_i - 100| \leq 15 \div 20\%$ .

Недогрузка на операциях обусловлена некрatностью продолжительности операции и такта производственного процесса. Это вызывает потери от некрatности, потери по заработной плате, снижение производительности труда, удорожание продукции. Преодолевается следующими методами: либо расчет оптимального сменного задания по критерию максимальной загрузки, либо с помощью действительной синхронизации операции.

9. Длительность производственного цикла ( $T_{\text{ц}}$ ) – время, в течение которого изделие проходит все частичные процессы, операции с момента запуска конкретных предметов труда в производство до момента выпуска из них готовой продукции

$$T_{\text{ц}} = T_m + T_k + T_{mp} + T_o + T_z + T_{\text{пер}}, \quad (1.11)$$

где  $T_m$  – сумма продолжительности всех технологических операций по обработке изделия (мин, часах) с учетом вида движения предметов труда;  $T_k$  – время выполнения контрольных операций, не перекрываемое технологическим временем;  $T_{mp}$  – время выполнения транспортных операций;  $T_o$  – время операций по обслуживанию производства, увеличивающее длительность производственного цикла;  $T_z$  – время нахождения предметов труда в различных заделах, запасах, между операциями, участками, цехами, на складах и так далее;  $T_{\text{пер}}$  – время перерывов, включаемое в продолжительность цикла.

10. *НЗП* – объем незавершенного производства в натуральных измерителях. Расчет этого организационного параметра позволяет связать воедино все операции производственного процесса с размещением в нем определенного объема незавершенного производства

$$НЗП = \frac{T_{ц} \times b}{\tau}. \quad (1.12)$$

Например, чтобы определить количество предметов труда, которое расположено на транспортных устройствах, определяется объем *НЗП* в транспортировании

$$НЗП = \frac{T_{тр} \times b}{\tau} \text{ (аналогично по всем другим составляющим)}. \quad (1.13)$$

Для непрерывного функционирования производственного процесса весь объем *НЗП* по составляющим должен быть размещен в производстве от первой до последней операции в процессе технической подготовки производства любого нового вида продукции.

Для соединения указанных элементов в конкретном производственном процессе определенным образом организуется перемещение предметов труда в пространстве и времени с учетом технологии и форм организации труда и производства. Движение и обработка могут быть организованы для каждой партии предметов труда последовательно, параллельно и смешанно. При последовательном движении продолжительность обработки партии предметов труда (длительность технологического цикла) определяется по формуле

$$T_{Т. посл.} = b \sum_{i=1}^n t_i, \quad (1.14)$$

где  $T_{Т. посл.}$  – длительность технологического цикла при последовательном движении;  $i$  – число операций;  $t_i$  – продолжительность обработки каждой операции;  $b$  – партия предметов труда.

При параллельном виде движения длительность технологического цикла составит

$$T_{Т. нар.} = \sum_{i=1}^n t_i + (b - 1) \times t_{max}, \quad (1.15)$$

где  $T_{Т. нар.}$  – длительность технологического цикла при параллельном движении;  $t_{max}$  – самая трудоемкая операция в процессе производства.

Для определения продолжительности обработки партии предметов труда при смешанном виде движения (параллельно-последовательном) используется формула

$$T_{T.n.n.} = b \sum_{i=1}^n t_i - (b-1) \sum_{i=1}^{n-1} t_{кор.i}, \quad (1.16)$$

где  $T_{T.n.n.}$  – длительность технологического цикла при параллельно-последовательном движении;  $t_{кор.i}$  – продолжительность короткой  $i$ -й операции.

### Практические задания

**Задача 1.** Рассчитать длительность технологической части производственного цикла (продолжительность обработки партии предметов труда) при последовательном, параллельном, параллельно-последовательном виде движения предметов труда по операциям по следующим исходным данным:

$B$  – передаточная партия предметов труда – 4 шт.;

$N_{опер}$  – номер операции в техпроцессе;

$t_{нр}$  – продолжительность операции, мин.

1)

$N_{опер}$	1	2	3	4	5	6
$t_{нр}$ , (мин)	8	10	9	13	15	12

2)

$N_{опер}$	1	2	3	4	5	6
$t_{нр}$ , (мин)	15	13	8	10	9	13

3)

$N_{опер}$	1	2	3	4	5	6
$t_{нр}$ , (мин)	10	15	12	9	14	8

4)

$N_{опер}$	1	2	3	4	5	6
$t_{нр}$ , (мин)	16	14	12	10	8	6

5)

$N_{опер}$	1	2	3	4	5	6
$t_{нр}$ , (мин)	8	9	12	14	15	16

6)

$N_{опер}$	1	2	3	4	5	6
$t_{нр}$ , (мин)	15	9	14	10	12	10

7)

$N_{опер}$	1	2	3	4	5	6
$t_{нр}$ , (мин)	10	15	12	14	9	12

8)

$N_{опер}$	1	2	3	4	5	6
$t_{нр}$ , (мин)	15	15	12	12	9	14



Построить графики движения и обработки партии предметов труда при различных видах движения по каждому варианту, сделать выводы.

**Задача 2.** Рассчитать оптимальное сменное задание по критерию максимум загрузки исполнителей ( $Z \rightarrow \max$ ) по следующим технико-экономическим данным производственного процесса (табл. 1.1–1.4).

Таблица 1.1 – Исходные данные к задаче

№ операции	Вид операции	Норма выработки, ед./см	$P_{см}=500ед.$		$P_{см}=680ед.$		$P_{см}=700ед.$		$P_{см}=800ед.$		$P_{см}=950ед.$	
			$K_p$	$K_f$	$K_p$	$K_f$	$K_p$	$K_f$	$K_p$	$K_f$	$K_p$	$K_f$
1	м – р	400										
2	м – р	550										
3	м	600										
4	р	400										
5	м	750										
6	р	500										
7	м – р	800										
8	м – р	750										
9	р	500										
10	м – р	900										

Выбрать оптимальный вариант и обосновать его эффективность.

Таблица 1.2 – Исходные данные к задаче

№ операции	Вид операции	Норма выработки, ед./см	$P_{см}=450ед.$		$P_{см}=550ед.$		$P_{см}=600ед.$		$P_{см}=800ед.$		$P_{см}=900ед.$	
			$K_p$	$K_f$	$K_p$	$K_f$	$K_p$	$K_f$	$K_p$	$K_f$	$K_p$	$K_f$
1	м	600										
2	р	450										
3	м – р	500										
4	м – р	650										
5	р	700										
6	р	500										
7	м – р	700										
8	м	850										
9	р	400										
10	м	800										

Выбрать оптимальный вариант и обосновать его эффективность.

Таблица 1.3 – Исходные данные к задаче

№ операции	Вид операции	Норма выработки, ед./см	$P_{см}=950ед.$		$P_{см}=800ед.$		$P_{см}=750ед.$		$P_{см}=500ед.$		$P_{см}=600ед.$	
			$K_p$	$K_f$	$K_p$	$K_f$	$K_p$	$K_f$	$K_p$	$K_f$	$K_p$	$K_f$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	м	800										
2	м	750										
3	р	400										
4	м – р	600										

Окончание таблицы 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5	м – р	650										
6	р	550										
7	м	800										
8	м – р	500										
9	м – р	550										
10	м	700										

Выбрать оптимальный вариант и обосновать его эффективность.

Таблица 1.4 – Исходные данные к задаче

№ операции	Вид операции	Норма выработки, ед./см	$P_{см}=1000ед.$		$P_{см}=600ед.$		$P_{см}=800ед.$		$P_{см}=700ед.$		$P_{см}=500ед.$	
			$K_p$	$K_\phi$	$K_p$	$K_\phi$	$K_p$	$K_\phi$	$K_p$	$K_\phi$	$K_p$	$K_\phi$
1	м	500										
2	м	700										
3	м – р	650										
4	р	400										
5	р	500										
6	м – р	800										
7	м – р	1000										
8	м	750										
9	р	600										
10	м – р	700										

Выбрать оптимальный вариант и обосновать его эффективность.

**Задача 3.** Рассчитать такт, темп, количество запусков-выпусков предметов труда в производственном процессе.

Таблица 1.5 – Исходные данные к задаче

Показатели	Варианты				
	1	2	3	4	5
Годовой выпуск продукции $B$ , шт.	100000	60000	120000	90000	46000
Количество рабочих дней в году	240	232	242	236	244
Продолжительность смены $T_{см}$ , ч	8	8,2	8	8,2	8
Время организации перерывов $T_{орг.пер.}$ , мин	10	15	20	10	15
Количество смен	2	1	2	2	1

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2

### Тема. Методика организационного расчета СКП

(Теория, методика, контрольные вопросы, задачи)

**1 этап.** Определение и принятие исходных условий для расчета:

- перечень и последовательность выполнения технологических и контрольных операций, разработка технологических и инструкционных карт;
- сменное задание производственному процессу и по каждой операции процесса, они могут быть равными и равновеликими, по каждой операции норма времени ( $t_i$ ) и норма выработки;
- обоснование величины передаточной партии ( $b$ ) с учетом конструкции транспортера и габаритов изделия; число запусков-выпусков в течение смены;
- оптимальное сменное задание и коэффициент использования ПМ (производственной мощности);
- режим работы в течение рабочего дня: начало и окончание смены, организационные перерывы, обед, пересменка, расчет периода функционирования в течение смены;
- расчет такта производственного процесса

$$\tau = \frac{P_{\phi} \times b}{P_{CM}}. \quad (2.1)$$

**2 этап.** Определение числа рабочих мест по каждой операции, проведение расчетной и действительной синхронизации операций, определение абсолютных и относительных потерь от некрatности, загрузка исполнителей на каждом рабочем месте по каждой операции

$$K_{pi} = \frac{t_i}{\tau} = \text{нецелое число} \approx K_{\phi i}, \quad (2.2)$$

где  $K_p$  и  $K_{\phi}$  – соответственно расчетное и фактическое число исполнителей.

Загрузка ( $Z$ ) на  $i$ -й операции составляет

$$Z_i = \left( \frac{K_{pi}}{K_{\phi i}} \right) \times 100. \quad (2.3)$$

Если на операции наблюдается перегрузка, то ее пределы на машинных операциях  $|Z_i - 100| \leq 10\%$ , на ручных операциях  $|Z_i - 100| \leq 15 \div 20\%$ .

Недогрузка на операциях обусловлена некрatностью продолжительности

операции и такта производственного процесса. Это вызывает потери от некратности, потери по заработной плате, снижение производительности труда, удорожание продукции. Преодолевается следующими методами: либо расчет оптимального сменного задания по критерию максимальной загрузки, либо с помощью действительной синхронизации операции.

**3 этап.** На основе выбора транспортирующего устройства определяется его скорость, она является скоростью конвейера

$$v = \frac{\ell}{\tau}. \quad (2.4)$$

Шаг конвейера ( $\ell$ ) определяется размерами ячейки и зависит от вида изделия и величины транспортируемой партии. В обувном и кожгалантерейном производстве шаг конвейера варьируется от 0,18 до 0,45 м, в швейном и трикотажном 0,45–0,8 м.

**4 этап.** Проводятся организационно-технические расчеты транспортера и осуществляется компоновка рабочих мест:

– определяется необходимая погонная длина конвейера ( $L_K$ ) с учетом одностороннего или двухстороннего расположения рабочих мест и шага каждого рабочего места ( $A_i$ )

$$L_{K(\text{односторон})} = \sum_{j=1}^n A_i \times K_{\phi i}, \quad (2.5)$$

$$L_{K(\text{двухсторонний})} = \sum_{j=1}^n A_i \times K_{\phi i} / 2. \quad (2.6)$$

– определяется длина цепи или ленты транспортера

$$L_{\text{цепи}} = 2L_K + \pi \times D_{3в}. \quad (2.7)$$

**5 этап.** Для организации распределения работы между исполнителями на каждой операции общее количество ячеек транспортера разбивается на серии

$$C = \text{НОК}(K_{\phi i}) = \text{НОК}(1, 2, 3, 4) = 12, \quad (2.8)$$

или

$$C = \text{НОК}(1, 2, 3) = 6 \text{ и т. д.,}$$

где  $C$  – величина серии ячеек;  $\text{НОК}$  – наименьшее общее кратное числа рабочих мест на операциях.

Количество серий ячеек на транспортере ( $K_c$ )

$$K_c = \frac{L}{C \times \ell} \approx K'_c - \text{целое число.} \quad (2.9)$$

Округление количества серий ячеек до целого числа должно осуществляться не формально арифметически, а с учетом компоновки рабочих мест.

Например,

$$K_c = 20,4 \approx K'_c = 20;$$

$$C = 12 \text{ ячеек};$$

$$\ell = 0,5 \text{ м.}$$

$\Delta L_{\text{цепи}} = 0,5 \times 0,4 \times 12 = 2,4$  м, то есть цепь уменьшается на 2,4 м, а при шаге рабочих мест в швейном и обувном производстве  $A_{\text{шв}} = 0,8$  м,  $A_{\text{об}} = 1,2-1,4$  м, из обслуживания транспортером выпадает 2–3 рабочих места, что требует учета этого условия при их компоновке и корректировке длины цепи.

Корректируется длина цепи транспортера и погонная длина конвейера

$$L'_{\text{цепи}} = K'_c \times C \times \ell. \quad (2.10)$$

$$L'_K = \frac{(L'_{\text{цепи}} - \pi \times D_{3в})}{2}. \quad (2.11)$$

**6 этап.** Осуществляется построение графика адресования ячеек транспортера на каждое рабочее место каждой операции производственного процесса. Результаты заносятся в инструкционные карты операций, например, если  $C = 6$ , адресование ячеек следующее (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – График адресования ячеек транспортера на рабочие места

Наименование операции	$K_{\phi i}$	$C = 6$											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 .....	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2 .....	3	1 <sub>1</sub>	2 <sub>2</sub>	3 <sub>3</sub>	4 <sub>1</sub>	5 <sub>2</sub>	6 <sub>3</sub>	7 <sub>1</sub>	8 <sub>2</sub>	9 <sub>3</sub>	10 <sub>1</sub>	11 <sub>2</sub>	12 <sub>3</sub>
3 .....	2	1 <sub>1</sub>	2 <sub>2</sub>	3 <sub>1</sub>	4 <sub>2</sub>	5 <sub>1</sub>	6 <sub>2</sub>	7 <sub>1</sub>	8 <sub>2</sub>	9 <sub>1</sub>	10 <sub>2</sub>	11 <sub>1</sub>	12 <sub>2</sub>
4 .....	3												
5 .....	2												
.....	$y$	1 <sub>1</sub>	2 <sub>2</sub>	3 <sub>3</sub>	4 <sub>4</sub>	5 <sub>1</sub>	6 <sub>2</sub>	7 <sub>3</sub>	8 <sub>4</sub>	9 <sub>1</sub>	10 <sub>2</sub>	11 <sub>3</sub>	12 <sub>4</sub>

*Примечание:* индекс – это порядковый номер рабочего места, например, 1<sub>1</sub> – первая ячейка транспортера закрепляется за первым рабочим местом, 2<sub>2</sub> – вторая ячейка транспортера закрепляется за вторым рабочим местом.

**7 этап.** Для каждого рабочего места вводится организационный параметр – рабочая зона ( $z$ ), это пределы досягаемости рук исполнителя в горизонтальной плоскости по длине транспортера при неизменной позе исполнителя по выполнению приемов: взять изделие из ячейки, вернуть его после обработки.

Рабочая зона исполнителя должна позволять выполнять работу, адресо-

ванную ему, без лишних затрат энергии при неизменной позе с учетом норм времени на выполнение операции и скорости конвейера. При этом возникает два возможных варианта условий работы исполнителя:

- 1) без смещения изделий относительно ячеек конвейера;
- 2) со смещением (*c/c*) изделий относительно ячеек конвейера последовательно по порядковым номерам ячеек, закрепленным за данным исполнителем (работа в обмен). Для организации этого режима на каждой из операций, функционирующих со смещением, и на каждом ее рабочем месте организуется в процессе технической подготовки производства запас предметов труда в размере одной передаточной партии (*b*).

**8 этап.** Определение условий работы исполнителей на рабочих местах на каждой операции производственного процесса.

*1 методика:* по времени обработки предметов труда на рабочем месте

$$t_{zi} = z_i / v \geq (t_i + \Delta t_i) - \text{без смещения (б/с)}, \quad (2.12)$$

где  $t_{zi}$  – время движения 1-й ячейки транспортера в пределах зоны;  $(t_i + \Delta t_i)$  – время обработки партии предметов труда на операции;

*2 методика:* по пути, который проходит каждая ячейка транспортера за время обработки

$$S_{zi} = (t_i + \Delta t_i) \cdot v \leq z_i - \text{без смещения}; \quad (2.13)$$

*3 методика:* по скорости обработки предметов труда в пределах рабочей зоны

$$v_{maxi} = \left( \frac{z_i}{t_i + \Delta t_i} \right) \geq v - \text{без смещения}, \quad (2.14)$$

где  $v$  – рабочая скорость транспортера;

*4 методика:* по соотношению числа шагов транспортера в пределах рабочей зоны и числа тактов времени обработки предметов труда

$$N_{zi} = \frac{z_i}{1}, \quad (2.15)$$

где  $N_{zi}$  – количество шагов транспортера в пределах зоны;

$$N_{ti} = \frac{(t_i + \Delta t_i)}{\tau} \leq N_{zi} - \text{без смещения}, \quad (2.16)$$

где  $N_{ti}$  – количество тактов времени выполнения операции.

**9 этап.** Осуществляется построение графика смещения изделия относительно ячеек транспортера, начиная с 1-й операции, с учетом условий работы со смещением или без. График в поле таблицы отображает местонахождение любого изделия в конкретном номере ячейки на каждой операции. Так как каждая ячейка на любой операции закреплена графиком адресования за конкретным исполнителем, это дает возможность устанавливать конкретного виновника брака на любой операции, где бы ни был обнаружен брак (на последующих операциях или на финишном контроле).

Таблица 2.2 – График смещения изделий

Наименование операции	$K_{\phi i}$	Условия работы	C = 12											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 ...	1	б/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2 ...	2	с/с	3 <sub>1</sub>	4 <sub>2</sub>	5 <sub>1</sub>	6 <sub>2</sub>	7 <sub>1</sub>	8 <sub>2</sub>	9 <sub>1</sub>	10 <sub>2</sub>	11 <sub>1</sub>	12 <sub>2</sub>	1 <sub>1</sub> '	2 <sub>2</sub> '
3 ...	4	с/с	7 <sub>3</sub>	8 <sub>4</sub>	9 <sub>1</sub>	10 <sub>2</sub>	11 <sub>3</sub>	12 <sub>4</sub>	1 <sub>1</sub> '	2 <sub>2</sub> '	3 <sub>3</sub> '	4 <sub>4</sub> '	5 <sub>1</sub> '	6 <sub>2</sub> '
4 ...	3	с/с	10 <sub>1</sub>	11 <sub>2</sub>	12 <sub>3</sub>	1 <sub>1</sub> '	2 <sub>2</sub> '	3 <sub>3</sub> '	4 <sub>1</sub> '	5 <sub>2</sub> '	6 <sub>3</sub> '	7 <sub>1</sub> '	8 <sub>2</sub> '	9 <sub>3</sub> '
5 ...	2	б/с	10 <sub>2</sub>	11 <sub>1</sub>	12 <sub>2</sub>	1 <sub>1</sub> '	2 <sub>2</sub> '	3 <sub>1</sub> '	4 <sub>2</sub> '	5 <sub>1</sub> '	6 <sub>2</sub> '	7 <sub>1</sub> '	8 <sub>2</sub> '	9 <sub>1</sub> '
6 ...	1	б/с	10	11	12	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'
7	4	с/с	2 <sub>2</sub> '	3 <sub>3</sub> '	4 <sub>4</sub> '	5 <sub>1</sub> '	6 <sub>2</sub> '	7 <sub>3</sub> '	8 <sub>4</sub> '	9 <sub>1</sub> '	10 <sub>2</sub> '	11 <sub>3</sub> '	12 <sub>4</sub> '	1 <sub>1</sub>
....	...	...												

В поле таблицы 2.2 каждая верхняя строка показывает местонахождение изделия в ячейке с конкретным номером. Например, изделие в ячейке № 1 на первой операции смещается одним из двух исполнителей на второй операции в ячейку № (1+2) = № 3, на третьей операции это изделие смещается уже одним из четырех исполнителей в ячейку № (3+4) = № 7, на четвертой операции в ячейку № (7+3) = № 10, а на пятой операции (режим без смещения) остается в той же № 10 ячейке и т. д.

**10 этап.** Определение длительности производственного цикла в СКП.  $T_{ц}$  – это время нахождения конкретных материалов в потоке с момента их запуска в обработку до момента выпуска из них готовой продукции. Предметы труда могут находиться на пунктах запуска-выпуска, между операциями и обособленными участками, в различных перекидчиках и элеваторах

$$T_{ц} = T_{л} + T_{с/см} + T_{з} + T_{пер/эл} + T_{зигртерм}, \quad (2.17)$$

где  $T_{л}$  – время нахождения предметов труда на цепи (ленте) транспортера

$$T_{л} = \frac{L_{ц}}{v}, \quad (2.18)$$

$T_{с/см}$  – время нахождения предметов труда на операциях со смещением

$$T_{с/см} = \sum K_{\phi i (с/см)} \times \tau, \quad (2.19)$$

$T_3$  – время нахождения предметов труда в различных запасах

$$T_3 = \frac{(HЗП_{max} + HЗП_{min}) \times \tau}{2 \times b}, \quad (2.20)$$

где  $HЗП_{max}$ ,  $HЗП_{min}$  – максимальная и минимальная величина незавершенного производства в запасе в течение смены в натуральных измерителях;  $T_{пер/эл}$  – время нахождения предметов труда на перекидчиках, элеваторах

$$T_{пер/эл} = \frac{L_{ц(пер)}}{2 \times v_{(пер)}}, \quad (2.21)$$

$$L_{ц(пер)} = 4H + 2L_{(пер)} + \pi \times D_{зв(пер)}, \quad (2.22)$$

где  $D_{зв(пер)}$  – диаметр звездочки перекидчика;  $L_{(пер)}$  – погонная длина;  $H$  – высота перекидчика, элеватора.

$$v_{(пер)} = \frac{\ell}{\tau}, \quad (2.23)$$

где  $\ell$  – шаг перекидчика, элеватора (м).

$T_{гигротерм}$  – время выполнения гигротермических операций (влажно-тепловая обработка – ВТО, сушка и прочее в соответствии с режимами и технологическим регламентом).

**11 этап.** Определение объема незавершенного производства (НЗП) по местам его нахождения

$$HЗП = T_y \times b / \tau. \quad (2.24)$$

В различных подотраслях легкой промышленности методика определения длительности цикла и объема НЗП различна. Например, в швейной промышленности сначала рассчитывается объем НЗП от пункта запуска до выпуска, затем считается длительность цикла. В обувной – наоборот.

**12 этап.** Расчет технико-экономических показателей, характеризующих эффективность производственного процесса и уровень его организации.

*1 группа показателей* – использование живого конкретного труда. Показатели: загрузка, выработка на 1 рабочего (в смену), абсолютные и относительные потери от некратности.

*2 группа показателей* – использование основных средств.

Использование активной части основных средств: фондоотдача



$$\Phi_o = \frac{P_{CM}}{\sum_{i=1}^n K_{\phi i} \times C_{обi}}, \quad (2.25)$$

где  $C_{обi}$  – стоимость единицы оборудования на  $i$ -й операции.

Использование пассивной части основных средств:

- объем продукции с 1 пог. м  $B_{Inог.м.} = \frac{P_{CM}}{L_K}$ ;
- объем продукции с 1 м<sup>2</sup> площади потока;
- количество продукции, приходящееся на 1 м<sup>3</sup> производственного помещения.

3 группа показателей – уровень использования предметов труда. Показатель – удельное незавершенное производство ( $HЗП_{уд}$ )

$$HЗП_{уд} = \frac{HЗП}{P_{CM}}. \quad (2.26)$$

### Контрольные вопросы

1. Координирующее значение транспортной операции в конвейерном потоке.
2. Специализированный конвейерный поток (СПК): режим функционирования.
3. Количество исполнителей на операциях СКП, загрузка, потери от некрatности.
4. Организационно-технические расчеты транспортера СКП.
5. Организация распределения работы между исполнителями на операциях СКП.
6. Определение условий работы исполнителей на операциях потока.
7. Методика разработки и значение графика смещения изделий относительно ячеек транспортера.
8. Определение длительности производственного цикла и объема незавершенного производства в СКП.
9. Техничко-экономические показатели, характеризующие уровень организации СКП.
10. Учет количества и качества работы исполнителей в СКП.
11. Критерии выбора и классификация транспортирующих средств для перемещения предметов труда по стадиям и операциям производства.

## Практические задания

**Задача 1.** Выполнить орграсчет СКП с вертикально-замкнутым конвейером (одностороннее расположение рабочих мест).

*Исходные данные:*  $P_{см} = 600$  ед.,  $d_{зв} = 0,5$  м,  $Z = 1,2$  м,  $v = 2$ ,  $L_K = 20$  м (по предварительной компоновке),  $\ell = 0,4$  м. Количество рабочих мест на различных операциях – 1, 2, 3.  $НП_{заделах} = 160$  изд.,  $T_{см} = 8$  ч,  $T_{орг.пер.} = 15$  мин.

**Задача 2.** Выполнить орграсчет СКП с вертикально-замкнутым конвейером (двухстороннее расположение рабочих мест).

*Исходные данные:*  $P_{см} = 1200$  ед.,  $v = 2$ ,  $\ell = 0,4$  м,  $Z = 1,0$  м,  $A = 1,2$  м,  $d_{зв} = 0,5$  м,  $K_{раб} = 62$  чел. Число рабочих на операциях – 2, 4, 5, в том числе: 3 операции – по 4 рабочих, 2 операции – по 5 рабочих.  $T_{см} = 8$  ч,  $T_{орг.пер.} = 10$  мин.

**Задача 3.** Выполнить орграсчет СКП (конвейер горизонтально-замкнутый).

*Исходные данные:*  $P_{см} = 1600$  ед.,  $v = 4$ ,  $\ell = 0,4$  м,  $Z = 1,3$  м,  $K_{раб} = 22$  чел.,  $d_{зв} = 0,5$  м. Число рабочих на операциях – 1, 2, 3, 4. Количество операций с числом рабочих: 2 операции – по 3 рабочих, 1 операция – по 4 рабочих. Запас полуфабрикатов на запуске –  $P_{см} НВ_{вто} = 20$  изд.,  $T_{см} = 8$  ч,  $T_{орг.пер.} = 20$  мин.

**Задача 4.** Определить длительность производственного цикла и величину незавершенного производства по активному и календарному времени.

*Исходные данные:*  $P_{см} = 500$  ед.,  $v = 1$ ,  $U = 0,6$  м/мин,  $L_{раб} = 52$  м. Число рабочих на операциях «со смещением» – 12 рабочих.  $НП_{запуска} = 20$  изд.,  $T_{вто} = 90$  мин,  $D_p = 265$ ,  $D_k = 365$ . Количество смен – 2.  $T_{см} = 8$  ч,  $T_{орг.пер.} = 10$  мин.

**Задача 5.** На трикотажной фабрике футболки обрабатываются на потоке партиями до 10 шт. Суточная норма – 1400 футболок. Продолжительность смены – 8 ч, режим работы – двухсменный; время регламентированных перерывов в смену – 10 мин. Определить такт, темп потока.

**Задача 6.** В цехе, который работает в две смены по 8 ч, установлены три поточные линии. Каждая в течение смены два раза останавливается на 5-минутный перерыв. План производства и характеристика линий представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – План производства и характеристика линий

Показатели	Линии		
	1	2	3
Сменное производственное задание, шт.	200	220	250
Количество рабочих мест на линии	20	22	2
Шаг конвейера, м	2	2,2	2,2
Размер транспортной партии, шт.	1	1	2

Определить такт, темп работы линий, скорость движения линий, их общую длину, цикл изготовления деталей.

**Задача 7.** Определить порядок работы на трех смежных операциях потока при условии, что продолжительность операций составляет:  $t_A = 1,3$  мин,  $t_B = 0,5$  мин,  $t_C = 0,9$  мин.

*Исходные данные:*  $P_{см} = 1200$  изд.,  $v = 1$ ,  $\ell = 0,45$  м,  $Z = 1,25$  м,  $T_{см} = 8$  ч,  $T_{орг.пер.} = 20$  мин.

Построить графики адресования и смещения. Определить виновника брака, если брак, допущенный на операции А, был обнаружен на операции В в ячейке № 4.

**Задача 8.** Определить порядок работы на операциях СКП. Построить графики смещения и адресования изделий.

*Исходные данные:*  $P_{см} = 1000$  изд.,  $v = 1$ ,  $\ell = 0,3$  м,  $Z = 1,0$  м,  $T_{см} = 28800$  с,  $T_{орг.пер.} = 600$  с,  $\Delta t = 0,1 \times t_i$ .

Таблица 2.4 – Исходные данные к задаче 8

Номер операции	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Норма времени, с	25	40	32	60	88	104	30	28	54	62

**Задача 9.** Определить порядок работы на операциях СКП:

а) по пути, проходимому ячейкой в рабочей зоне;

б) по максимально допустимой скорости конвейера.

*Исходные данные:*  $P_{см} = 700$  изд.,  $v = 1$ ,  $\ell = 0,35$  м,  $T_{см} = 8$  ч,  $T_{орг.пер.} = 10$  мин.

Таблица 2.5 – Исходные данные к задаче 9

Номер операции	A <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>
$K_{раб}$ , м	3	5	2
	1,1	0,9	1,4

**Задача 10.** На операции СКП имеется возможность увеличения рабочей зоны  $Z$  за счет изменения компоновки рабочего места. Определить, при каком положении рабочего обеспечивается работа без смещения.

*Исходные данные:*  $U = 0,38$  м/мин,  $\ell = 0,5$  м,  $K = 3$  раб.,  $Z_{сидя\ боком} = 0,9$  м,  $Z_{сидя\ лицом} = 1,2$  м,  $Z_{стоя\ боком} = 1,3$  м,  $Z_{стоя\ лицом} = 1,8$  м.

**Задача 11.** Количество изделий, обрабатываемых на поточной линии за сутки по каждому из 10 вариантов, приведено в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Исходные данные к задаче 11

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Объем производства, шт.	320	340	360	380	400	420	440	460	480	500

Режим работы конвейера – двухсменный. Продолжительность смены – 8

часов. В течение смены конвейер 2 раза останавливается на 5-минутный перерыв. Рабочих зон на конвейере – 20. Длина обрабатываемого изделия – 2,4 м. Расстояние между смежными машинами – 2,4 м. Ширина конвейера и проходов с каждой стороны – 3 м.

Рассчитать такт, скорость и длину конвейера, площадь участка конвейера, длительность цикла.

**Задача 12.** Выполнить организационный расчет СКП с вертикально-замкнутым конвейером.

*Исходные данные:*  $P_{см} = 800$  изд.,  $\ell = 0,35$  м,  $Z = 1,2$  м,  $v = 1$ ,  $A_{ср} = 1,3$  м,  $d_{зв} = 0,4$  м,  $T_{вто} = 15$  мин,  $НП_{зад} = 100$  изд.,  $D_{раб} = 230$ ,  $n_{см} = 2$ ,  $T_{см} = 8$  ч,  $T_{орг.пер.} = 600$  с.

Таблица 2.7 – Исходные данные к задаче 12

Номер операции	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Норма времени, с	25	34	110	82	60	54	48	70	27	20

**Задача 13.** Выполнить организационный расчет СКП с горизонтально-замкнутым конвейером.

*Исходные данные:*  $P_{см} = 600$  изд.,  $\ell = 0,3$  м,  $Z = 1,5$  м,  $v = 2$ ,  $L_{конв} = 48$  м,  $d_{зв} = 0,35$  м,  $T_{вто} = 20$  мин,  $НП_{зан} = 80$  изд.,  $D_p = 240$ ,  $n_{см} = 2$ ,  $T_{см} = 8$  ч,  $T_{орг.пер.} = 10$  мин.

Таблица 2.8 – Исходные данные к задаче 13

Номер операции	1	2	3	4	5	6	7	8
Норма выработки в смену, изд.	560	210	180	320	440	820	170	560

**Задача 14.** Выполнить организационный расчет СКП с горизонтально-замкнутым конвейером.

*Исходные данные:*  $P_{см} = 900$  изд.,  $v = 1$ ,  $\ell = 0,4$  м,  $A = 1,8$  м,  $d_{зв} = 0,5$  м,  $T_{см} = 28800$  с,  $T_{орг.пер.} = 600$  с.

Величина рабочей зоны при выполнении машинной операции:  $Z_{сидя} = 1,2$  м,  $Z_{стоя} = 1,5$  м.

Величина рабочей зоны при выполнении ручной операции:  $Z_{сидя} = 0,9$  м,  $Z_{стоя} = 1,4$  м.

Таблица 2.9 – Исходные данные к задаче 14

Номер операции	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Норма времени, с	31	60	75	93	110	40	52	22	30	60
Условие выполнения операции	<i>P</i>	<i>M</i>	<i>M</i>	<i>P</i>	<i>P</i>	<i>M</i>	<i>M</i>	<i>P</i>	<i>M</i>	<i>P</i>
Положение рабочего	стоя	сидя	сидя	сидя	стоя	стоя	сидя	стоя	стоя	сидя

Примечание: *P* – ручная операция, *M* – машинная операция.

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3

**Тема. Методика организационного расчета вариантов одновременного изготовления нескольких видов продукции на поточных линиях**  
(Теория, методика, контрольные вопросы, практические задания, задачи)

**Многоассортиментное производство продукции** – пространственное совмещение нескольких специализированных процессов изготовления изделий с координацией функционирования во времени операций по обработке различных видов продукции.

В промышленности используются два основных варианта выпуска широкого ассортимента продукции:

- 1) одновременный;
- 2) последовательный.

Для организации одновременного выпуска широкого ассортимента продукции вводятся следующие *организационные параметры*:

1) *ассортиментные числа* – наименьшие числа, выражающие соотношение выпускаемых видов продукции в сменном задании: виды продукции  $A$  и  $B$ :  
 $R_A : R_B = 1 : 5$ ;  $P_{см} = 600$  шт.,  $P_{см A} = 100$  шт.,  $P_{см B} = 500$  шт. =  $(600 \times 5) / 6$ ;

2) *ассортиментная сумма* – сумма ассортиментных чисел в указанном примере:  $S = R_A + R_B = 1 + 5 = 6$ ;

3) *число видов продукции*, одновременно обрабатываемых в производственном процессе:  $r = 2$  ( $A$  и  $B$ );

4) *количество ячеек транспортера*, в которых располагается ассортиментная сумма при различных формах запуска предметов труда в обработку ( $m$ ):

– 1 форма запуска – суммарный

$$R_A : R_B = 1 : 5; S = 1 + 5 = 6; r = 2; m = 1$$

$\underbrace{5B1A \ 5B1A \ 5B1A \ 5B1A \ \dots}$

– 2 форма – пропорциональные партии

$$R_A : R_B = 1 : 5; S = 1 + 5 = 6; r = 2; m = r = 2$$

$\underbrace{A \ 5B \ A \ 5B \ \dots}$

– 3 форма – циклический запуск

$$R_A : R_B = 1 : 5; S = 1 + 5 = 6; r = 2; m = S = 6$$

$\underbrace{A \ B \ B \ B \ B \ B \ A \ B \ \dots}$

В этом случае партия предметов труда составит в соответствии с формой запуска:

- суммарный запуск:  $b_c = S$ ;
- пропорциональный запуск:  $b_{np} = S/m$ ;

– циклический запуск:  $b_u=1$ .

В связи с различием форм запуска в ОМКП (одновременных многоассортиментных конвейерных потоках) существуют определенные особенности расчета различных организационных параметров.

Для суммарного запуска такт определяется следующим образом:

$$\tau_C = \frac{P_\phi \times S}{P_{CM}}, \quad (3.1)$$

где ( $b=S$ ).

Количество исполнителей на операциях

$$K_{p(c)i} = \frac{\sum_{k=1}^{k=r} R_k \times t_{ki}}{\tau_c} = \frac{\sum_{k=1}^r (R_k \times t_{ki}) \times P_{CM}}{P_\phi \times S}, \quad (3.2)$$

где  $t_{ki}$  – трудоемкость  $k$ -го изделия на  $i$ -й операции.

Пропорциональные партии

$$\tau_{np} = \frac{P_\phi \times S}{P_{CM} \times r}, \quad (3.3)$$

где ( $r=m$ ).

Количество исполнителей на операциях

$$K_{p(c)i} = \frac{\sum_{k=1}^r t_{ki} \times R_k}{\tau_{np} \times m}. \quad (3.4)$$

Циклический запуск

$$\tau_\psi = \frac{P_\phi}{P_{CM}}, \quad (3.5)$$

где ( $b=1, m=S$ ).

Количество исполнителей на операциях

$$K_{p(c)i} = \frac{\sum_{k=1}^r R_k \times t_{ki}}{\tau_{\text{ц}} \times m}, \quad (3.6)$$

Расчеты по ОМКП осложняются проблемами обеспечения равномерной загрузки исполнителей на отдельных операциях.

Например, выпускаются три вида продукции  $A, B, B$ ;  $R_A : R_B : R_B = 1:2:3$ ;  $K_{\phi 1} = 2$ ;  $m = S = 6$ ;

Таблица 3.1 – Распределение ячеек транспортера между рабочими местами (график адресования ячеек)

№ рабочего места	№ ячейки и вид изделия				
1-е	1A	3B	5B	7A	9B
2-е	2B	4B	6B	8B	10B и т.д.

Если  $t_A \gg t_B, t_B$ , то первый исполнитель обрабатывает наиболее трудоемкие изделия.

При  $K_{\phi 2} = 3$  также не достигается равномерная загрузка.

Таблица 3.2 – Распределение ячеек транспортера между рабочими местами

№ рабочего места	№ ячейки и вид изделия				
1-е	1A	4B	7A	10B	13A
2-е	2B	5B	8B	11B	14B и т.д.
3-е	3B	6B	9B	12B	

В случае  $K_{\phi 3} = 5$  загрузка равномерна.

Таблица 3.3 – Распределение ячеек транспортера между рабочими местами (график адресования ячеек)

№ рабочего места	№ ячейки и вид изделия					
1-е	1A	6B	11B	16B	21B	26B
2-е	2B	7A	12B	17B	22B	27B
3-е	3B	8B	13A	18B	23B	28B
4-е	4B	9B	14B	19A	24B	29B
5-е	5B	10B	15B	20B	25A	30B

В этой связи наличие общего делителя, включая единицу, между фактическим числом исполнителей на операции и числом ячеек, в которых располагается ассортиментная сумма  $m = S$ , приведет к неравномерной загрузке людей, что усугубляется различной трудоемкостью. Для преодоления этого противоречия используется два способа адресования ячеек.

*1 способ* – способ пропусков и введения фиктивной серии ячеек.

$m_{\text{ц}} = S = 6$ ; при  $R_A : R_B : R_B = 1:2:3$ ,

$C' = 6 + 1 = 7$ , 7-я пустая, то есть

$C' = m_{\text{ц}} + 1$  – фиктивная серия.

Таблица 3.4 – Распределение ячеек по рабочим местам при  $K_{\phi} = 2$

№ рабочего места	№ ячейки и вид изделия						
1-е	1А	3Б	5В	7–	9Б	11В	13В
2-е	2Б	4В	6В	8А	10Б	12В	14 и т. д.

2 способ – способ сдвигания ячеек при адресовании. Сдвигаются ячейки, несущие наименее трудоемкие изделия.

Таблица 3.5 – Распределение ячеек по рабочим местам при  $K_{\phi} = 2$

№ рабочего места	№ ячейки и вид изделия				
1-е	1А	3Б	6В	8Б	10В, 11В
2-е	2Б	4В, 5В	7А	9Б	12В и т. д.

Этим не ограничивается круг проблем, связанных с использованием одновременных форм запуска. Сложности возникают при запуске пропорциональными партиями и циклическом способе при определении условий работы исполнителей со смещением изделий относительно ячеек транспортера и без. При суммарном запуске этих проблем не возникает, так как исполнители работают в режиме специализированного потока, обрабатывая партию предметов труда с различными по трудоемкости изделиями. Все этапы организационного расчета ОМКП при суммарном запуске аналогичны СКП (кроме такта и числа исполнителей  $K_p$ ).

При запуске пропорциональными партиями и циклическом запуске используется методика, построенная на закономерности конвейерного производства: 1 шаг транспортера в пространстве – 1 такт работы исполнителя во времени.

Например, в ОМКП при циклическом запуске обрабатываются 3 вида продукции на конкретной операции.

Исходные данные:  $R_A : R_B : R_B = 1:3:2$ ;  $m = S = 6$ ;  $\tau = 1/3$  мин; рабочая зона  $z = 1,1$  м;  $\ell = 0,314$  м; продолжительность операции по обработке изделия: А –  $t_A = 1,15$  мин, Б –  $t_B = 0,9$  мин, В –  $t_B = 0,8$  мин.

1 этап: определяется расчетное и фактическое количество исполнителей

$$K_p = (1 \times 1,15 + 3 \times 0,9 + 2 \times 0,8) / 6 \times 1/3 = 2,725 \approx 3 = K_{\phi}.$$

2 этап: обеспечивается равномерная загрузка исполнителей с учетом сдвигания ячеек, так как  $m = 6$ ,  $K_{\phi} = 3$  есть общий делитель.

Таблица 3.6 – График адресования ячеек

№ рабочего места	№ ячейки и вид изделия				
1-е	1А	4Б	8Б	11В, 12В	15Б
2-е	2Б	5В, 6В	9Б	13А	16Б
3-е	3Б	7А	10Б	14Б	17В, 18В и т. д.



Так как достигнута равномерная загрузка всех 3-х исполнителей, достаточно определить условия работы одного из них, например, первого. Для этого рассчитаем периодичность поступления ячеек №№ 1, 4, 8, 11, 12, 15 в рабочую зону первого исполнителя (П). Периодичность поступления ячеек в рабочую зону первого исполнителя (ячейка № 1 условно расположена на границе зоны Z) рассчитывается как разность №№ последовательно поступающих ячеек:  $4 - 1 = 3$ ;  $8 - 4 = 4$  и так далее.

$$\left. \begin{aligned} \Pi_{1A} &= 0\tau \\ \Pi_{4B} &= 4 - 1 = 3\tau \\ \Pi_{8B} &= 8 - 4 = 4\tau \\ \Pi_{11B} &= 11 - 8 = 3\tau \\ \Pi_{12B} &= 12 - 11 = 1\tau \\ \Pi_{15B} &= 15 - 12 = 3\tau \end{aligned} \right\}$$

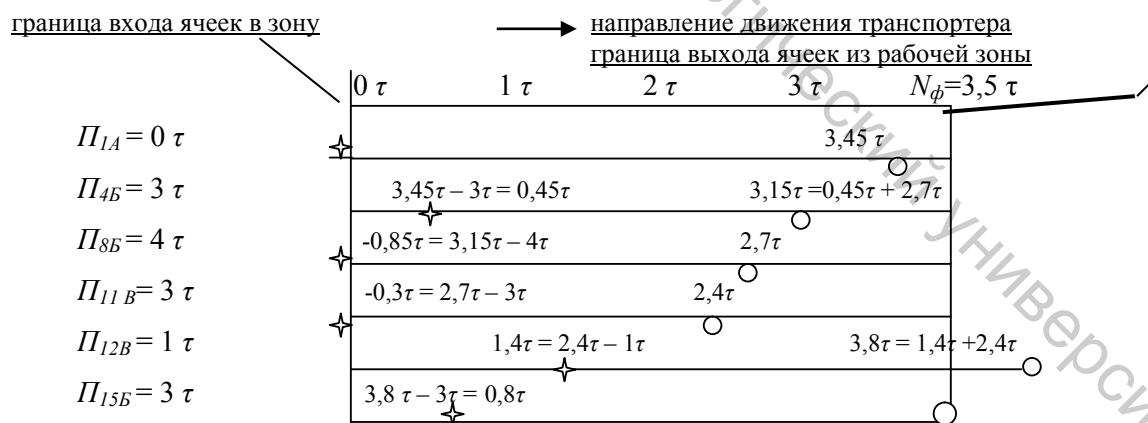
3 этап: определяется продолжительность обработки каждого изделия в тактах потока ( $\tau = 1/3$  мин):

$$t_A = 1,15 \text{ мин}/\tau = 3,45\tau; \quad t_B = 0,9 \text{ мин}/\tau = 2,7\tau, \quad t_C = 0,8 \text{ мин}/\tau = 2,4\tau.$$

4 этап: определяется протяженность рабочей зоны с учетом постоянной скорости (в пределах зоны работа осуществляется без смещения изделий)

$$N_\phi = 1,1/0,314 = 3,5 \text{ шага транспортера за время } 3,5\tau.$$

5 этап: строится диаграмма, отображающая процесс обработки ассортиментной суммы продукции в рабочей зоне 1-го исполнителя



- ✦ – моменты взятия изделия к обработке;
- – моменты возврата изделий в ячейку.

Рисунок 3.1 – Диаграмма движения и обработок изделий в рабочей зоне первого исполнителя

Таким образом, при обработке изделия В из ячейки № 12, последняя вы-

ходит за пределы рабочей зоны, а исполнитель вынужден работать со смещением.

Если выявляется режим работы исполнителей на операции со смещением в условиях многоассортиментного производства, это может привести к его дезорганизации.

В связи с нежелательностью такого режима работы (в обмен) могут быть разработаны различные мероприятия, позволяющие работать в режиме без смещения на данной операции. Для этого можно предпринять следующее:

1) вместо режима сдвигания ячеек при адресовании предусмотреть режим пропусков и провести соответствующие расчеты;

2) необходимо рассчитать оптимальную рабочую зону для данной операции и реорганизовать для этого все рабочие места:  $z_{onm}' = 3,8 \times 0,314 = 1,19$  м;

3) необходимо оптимизировать шаг транспортера для увеличения шагов в рабочей зоне  $l_{onm} = 1,1 \text{ м} / 3,8 = 0,29$  м;

4) при проведении действительной синхронизации операций формирования новых организационных операций необходимо осуществлять по 2-м критериям: максимизация загрузки и режим работы без смещения.

*6 этап:* вместо диаграммы, для определения условий работы исполнителей может быть рассчитано время задержки любого  $k$ -го изделия, взятого из ячейки, адресованной исполнителю, в пределах его рабочей зоны

$$t_{3k(i+x)} = (t_{3j} - \Pi_{(i+x)}) \times q + t_{k,j+x}, \quad (3.7)$$

где  $t_{3k(j+x)}$  – время задержки обработки изделия, взятого из ячейки с номером  $(j+x)$ ;  $t_{3j}$  – время задержки изделия, взятого из  $j$ -й ячейки, предшествующей ячейке с номером  $(j+x)$  по графику адресования ячеек;  $x$  – абсолютная величина периодичности поступления ячейки в зону;  $\Pi_{(j+x)}$  – периодичность поступления в рабочую зону ячейки, следующей за  $j$ -й по графику адресования;  $q$  – логический коэффициент, принимающий два значения:  $q = 1$ , если  $(t_{3j} - \Pi_{(j+x)}) > 0$ ;  $q = 0$ , если  $(t_{3j} - \Pi_{(j+x)}) \leq 0$ ;  $t_{k,j+x}$  – время обработки  $k$ -го изделия, взятого из ячейки  $(j+x)$ , выраженное в тактах.

При условии  $t_{3k(i+x)} \leq N_{\phi} = \frac{Z}{l}$  работа на операции осуществляется в режиме без смещения изделий относительно ячеек транспортера.

Расчет начинается с ячейки № 1 по графику адресования:

$$\left. \begin{aligned} t_{3A(1)} &= (0 - 0) \times 0 + 3,45 = 3,45\tau \\ t_{3B(1+3)} &= (3,45 - 3) \times 1 + 2,7 = 3,15\tau \\ t_{3B(4+4)} &= (3,15 - 4) \times 0 + 2,7 = 2,7\tau \\ t_{3B(8+3)} &= (2,7 - 3) \times 0 + 2,4 = 2,4\tau \\ t_{3B(11+1)} &= (2,4 - 1) \times 1 + 2,4 = 3,8\tau \\ t_{3B(12+3)} &= (3,8 - 3) \times 1 + 2,7 = 3,5\tau \end{aligned} \right\} > N_{\phi} = 3,5 \rightarrow \text{со смещением}$$

Соответствует диаграмме на рисунке 3.1.

Для способа пропусков  $C' = m + 1 = 6 + 1 = 7$  строится график адресования.

Таблица 3.7 – График адресования

№ рабочего места	№ ячейки и вид изделия						
1-е	1А	4Б	7–	10Б	13В	16Б	19В
2-е	2Б	5В	8А	11Б	14–	17Б	20В
3-е	3Б	6В	9Б	12В	15А	18Б	21–

Периодичность поступления ячеек в рабочую зону первого исполнителя (П) составляет:

$$\left. \begin{aligned} P_{1A} &= 0\tau \\ P_{4B} &= 4 - 1 = 3\tau \\ P_{10B} &= 10 - 4 = 6\tau \\ P_{13B} &= 13 - 10 = 3\tau \\ P_{16B} &= 16 - 13 = 3\tau \\ P_{19B} &= 19 - 16 = 3\tau \end{aligned} \right\}$$

Время задержки по ячейкам №№ 1, 4, 10, 13, 16, 19 составляет:

$$\left. \begin{aligned} t_{3A(1)} &= (0 - 0) \times 0 + 3,45 = 3,45\tau \\ t_{3B(1+3)} &= (3,45 - 3) \times 1 + 2,7 = 3,15\tau \\ t_{3B(4+6)} &= (3,15 - 6) \times 0 + 2,7 = 2,7\tau \\ t_{3B(10+3)} &= (2,7 - 3) \times 0 + 2,4 = 2,4\tau \\ t_{3B(13+3)} &= (2,4 - 3) \times 0 + 2,7 = 2,7\tau \\ t_{3B(16+3)} &= (2,7 - 3) \times 0 + 2,4 = 2,4\tau \end{aligned} \right\} < N_{\phi} = 3,5 \rightarrow \text{без смещения}$$

Таким образом, организована работа исполнителей в режиме без смещения изделий по ячейкам транспортера.

### Контрольные вопросы

1. Виды одновременного производства широкого ассортимента продукции.
2. Виды последовательного производства широкого ассортимента продукции.
3. Организационные параметры многоассортиментного производства.
4. Расчет количества исполнителей при различных формах одновременного запуска широкого ассортимента продукции.
5. Равномерная загрузка исполнителей на операциях в ОМКП.
6. Определение условий работы исполнителей в ОМКП на основе диаграммы движения и обработки изделий в рабочей зоне.
7. Определение условий работы исполнителей в ОМКП расчетным путем.
8. Организация ПМКП, расчет организационных параметров.
9. Расчет количества исполнителей и разработка графика переходов рабочих.
10. Разработка графика функционирования МКП.

## Практические задания

**Задача 1.** Определить такт потока и количество рабочих мест на операции ОМКП при:

- а) суммарном запуске;
- б) запуске пропорциональными партиями;
- в) циклическом запуске.

*Исходные данные:*  $P_{см} = 1200$  изд.,  $R_A : R_B : R_B = 1:3:2$ ,  $t_A = 0,3$  мин,  $t_B = 0,6$  мин,  $t_B = 0,95$  мин,  $T_{см} = 480$  мин,  $T_{орг.пер.} = 10$  мин.

**Задача 2.** Выполнить организационный расчет ОМКП при циклическом варианте запуска.

*Исходные данные:*  $R_A : R_B : R_B = 2:3:1$ ,  $P_{см} = 1000$  изд.,  $Z = 1,3$  м,  $\ell = 0,3$  м,  $A = 1,5$  м,  $d_{зв} = 0,4$  м,  $T_{см} = 28800$  с,  $T_{орг.пер.} = 600$  с.

Таблица 3.8 – Исходные данные к задаче 2

Номер операции	Норма времени при обработке изделий, с		
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>B</i>
1	30	45	70
2	24	32	40
3	110	115	102
4	90	83	93
5	28	30	34
6	48	20	25

**Задача 3.** Определить порядок работы на операциях ОМКП при циклическом запуске.

*Исходные данные:*  $P_{см} = 1200$  изд.,  $R_A : R_B : R_B = 1:4:1$ ,  $Z = 1,2$  м,  $\ell = 0,32$  м,  $T_{см} = 28800$  с,  $T_{орг.пер.} = 600$  с.

Таблица 3.9 – Исходные данные к задаче 3

Номер операции	Норма времени при обработке изделий, с		
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>B</i>
1	2	3	4
1	35	21	60
2	73	48	53
3	84	36	94
4	21	54	72
5	40	65	23

**Задача 4.** На операции ОМКП имеется возможность увеличения рабочей зоны  $Z$  за счет изменения положения исполнителей относительно конвейера. Определить, каковы должны быть её размеры для обеспечения работы без смещения при способах сдваивания и пропусков.

*Исходные данные:*  $P_{см} = 1000$  изд.,  $R_A = 1$ ,  $R_B = 4$ ,  $R_B = 1$ . Нормы времени

на обработку изделия:  $t_A = 1,35$  мин,  $t_B = 1,95$  мин,  $t_B = 1,1$  мин,  $\ell = 0,4$  м. Вариант запуска – циклический.  $T_{см} = 480$  мин,  $T_{орг.пер.} = 20$  мин.

**Задача 5.** Выполнить орграсчет ОМКП при циклическом варианте запуска.

Исходные данные:  $R_A : R_B : R_B = 4:2:1$ ,  $P_{см} = 900$  изд.,  $Z_{1,2,3,4} = 1,3$  м,  $Z_5 = 1,2$  м,  $Z_{6,7} = 1,4$  м,  $Z_8 = 1,1$  м,  $Z_{9,10} = 1,5$  м,  $\ell = 0,35$  м,  $A = 1,8$  м,  $d_{36} = 0,4$  м,  $T_{см} = 8$  ч,  $T_{орг.пер.} = 10$  мин.

Таблица 3.10 – Исходные данные к задаче 5

Номер операции	Норма времени при обработке изделий, с		
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>B</i>
1	35	41	44
2	70	78	60
3	48	52	60
4	52	28	43
5	46	56	44
6	24	24	33
7	123	111	108
8	65	70	75
9	72	84	72
10	45	40	60

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 4

### Тема. Методика организационного расчета последовательных многоассортиментных конвейерных потоков ПМКП (Методы расчетов, практические задания, задачи)

В любой момент времени ПМКП функционирует в режиме специализированного. В связи с этим необходимо определить периоды времени, когда в производственном процессе обрабатывается только один из закрепленных за ним видов продукции.

#### Этапы

1. Устанавливается порядок запуска всех видов продукции  $A, B, B, \dots$

$$P_{см} = P_A + P_B + P_B + \dots,$$

где  $P_A, P_B, \dots$  – сменное задание по каждому изделию.

2. Определяются затраты времени на обработку 1 изделия на каждой операции производственного процесса ( $t_{Ai}, t_{Bi}, t_{Bi}$ ).

Таблица 4.1 – Трудоемкость изделий  $A, B, B$  на операциях потока

№	Наименование операции	Трудоемкость, мин		
		$t_{Ai}$	$t_{Bi}$	$t_{Bi}$
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1		$t_{A1}$	–	$t_{B1}$
2		$t_{A2}$	–	$t_{B2}$
3		$t_{A3}$	$t_{B3}$	–
4		–	$t_{B4}$	$t_{B4}$
5		–	$t_{B5}$	–
6		$t_{A6}$	–	$t_{B6}$

3. Определяется трудоемкость каждого вида продукции

$$t_A = \sum_{i=1}^n t_{Ai} \text{ и т. д.} \quad (4.1)$$

4. Определяется суммарная трудоемкость сменного задания

$$t_{см} = t_A \times P_A + t_B \times P_B + t_B \times P_B. \quad (4.2)$$

5. Определяется период функционирования производственного процесса в течение смены

$$P_{ф} = T_{см} - T_{орг. пер.} \quad (4.3)$$

6. Определяется период времени обработки в процессе каждого вида продукции

$$P_A = P_\phi \times P_A \times t_A / t_{см} \quad \text{и т.д.} \quad (4.4)$$

$$P_\phi = P_A + P_B + P_B. \quad (4.5)$$

7. Разрабатывается график функционирования производственного процесса по обработке всех видов продукции с учетом начала смены, времени организационных перерывов ( $T_{орг.пер.}$ ), перерывов на обед ( $T_{обед.}$ ), периодов обработки всех видов продукции:

- начало смены  $7^{00}$ , запуск изделия вида  $A$ ;
- запуск  $B$  происходит в  $7^{00} + P_A + 1/2 T_{орг.пер.}$ . Если  $P_A > 2$  часов, то срок смещается на  $1/2 T_{орг.пер.}$ ;
- если продолжительность обработки изделий  $A$  и  $B > 4$  часов, то через 4 часа работы назначается обеденный перерыв  $T_{обед.}$ . Тогда запуск  $B$  состоится в срок  $7^{00} + P_A + 1/2 T_{орг.пер.} + T_{обед.} + P_B$ .

8. Определяется такт производственного процесса при обработке всех видов продукции

$$\tau_A = P_A \times b_A / P_A. \quad (4.6)$$

Аналогично  $\tau_B, \tau_B$ .

9. Определяется скорость транспортирования

$$v_A = 1 / \tau_A, \quad (4.7)$$

$$v_B = 1 / \tau_B \quad \text{и т. д.} \quad (4.8)$$

10. Определяется расчетное и фактическое количество рабочих мест по каждой операции и назначается необходимое количество рабочих мест для выпуска каждого вида продукции (критерий – максимальная трудоемкость изделия на операции), например:

Таблица 4.2 – Расчет количества рабочих по видам продукции на операциях

Наименование операции	Количество рабочих						Количество рабочих мест
	$K_{PA}$	$K_{\phi A}$	$K_{PB}$	$K_{\phi B}$	$K_{PB}$	$K_{\phi B}$	
1.	1,2	2	–	–	2,4	3	3
2.	2,3	2	1,1	1	–	–	2
3.	1,3	2	–	–	3,4	4	4
4.	–	–	2,2	2	–	–	2
5.	2,5	3	–	–	1,3	2	3
6.	–	–	4,1	4	–	–	4

11. Осуществляется построение графика перехода рабочих по операциям при переключении с обработки одного изделия на другое. Критерии построения:

- минимизация переходов;
- минимизация освоения рабочими дополнительных операций.

Освоение рабочими дополнительных операций осуществляется с их согласия с учетом специальности и квалификации в процессе технической подготовки производства всех видов продукции, закрепленных за потоком.

Таблица 4.3 – График переходов рабочих (пример)

Наименование операции	Количество рабочих мест	Количество рабочих			График переходов		
		А	Б	В	А	Б	В
2	3	4	5	6	7	8	9
1.	2	1	2	1	А		
2.	1	1	1	1	Б		
3.	3	3	1	3	В, Г, Д		
4.	2	–	2	1	–		
5.	3	3	1	1	Е, Ё, Ж		
6.	2	2	–	2	З, И		
7.	2	1	2	1	К		
8.	1	1	1	1	Л		
9.	3	2	1	3	М, Н		
10.	3	1	3	1	О		
11.	22	15	14	15			

*Примечание:* буква алфавита обозначает рабочих по операциям (график переходов разработать самостоятельно).

Все последующие этапы расчетов по ПМКП и ОМКП осуществляются по методикам специализированного производства и включают:

- определение серии ячеек;
- расчет длины цепи, ее корректировку;
- расчет длительности цикла по отдельным видам продукции;
- расчет объема незавершенного производства и технико-экономических показателей.

### Практические задания

**Задача 1.** Выполнить орграсчет ПАЗ.

*Исходные данные:*  $P_{см} = 1800$  ед.,  $R_A = 2$ ,  $R_B = 1$ ,  $R_B = 2$ ,  $\ell = 0,3$  м,  $A = 1,2$  м,  $T_{см} = 480$  мин,  $T_{орг.пер.} = 10$  мин.



Таблица 4.4 – Исходные данные к задаче 1

Номер операции	Норма выработки при обработке, изд.		
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>B</i>
1	900	540	670
2	–	310	850
3	1150	2000	1900
4	480	940	510
5	640	580	430
6	250	780	910
7	700	650	840
8	610	770	820
9	344	420	310
10	520	810	930

**Задача 2.** Выполнить орграсчет ПАЗ.

Исходные данные:  $R_A = 2$ ,  $R_B = 1$ ,  $R_B = 1$ ,  $\ell = 0,5$  м,  $P_{см} = 800$  пар,  $T_{см} = 8$  ч,  $T_{орг.пер.} = 20$  мин,  $Z = 1,2$  м,  $v_A = 2$  пара,  $v_B = 1$  пара =  $v_B$ .

Таблица 4.5 – Исходные данные к задаче 2

Номер операции	Норма времени при обработке, с		
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>B</i>
1	24	–	42
2	28	51	20
3	63	75	–
4	72	18	22
5	50	52	63

**Задача 3.** Выполнить орграсчет ПАЗ.

Исходные данные:  $P_{см} = 900$  изд.,  $R_A = 2$ ,  $R_B = 4$ ,  $R_B = 5$ ,  $\ell = 0,3$  м,  $T_{см} = 28800$  с,  $T_{орг.пер.} = 20$  мин,  $v_A = 2$ ,  $v_B = 4$ ,  $v_B = 5$ .

Таблица 4.6 – Исходные данные к задаче 3

Номер операции	Норма времени, с		
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>B</i>
1	35	–	53
2	–	24	20
3	48	73	52
4	52	43	–
5	50	20	28
6	76	63	25
7	–	18	25
8	110	102	125
9	22	–	30
10	94	60	72

**Задача 4.** Составить график перехода рабочих мест при переключении ПАЗ с одного вида продукции на другой.

Таблица 4.7 – Исходные данные к задаче 4

Номер операции	Количество рабочих при обработке, чел.		
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>B</i>
1	3	2	4
2	1	1	–
3	5	4	6
4	2	3	2
5	–	4	3
6	4	4	2
7	8	9	7
8	–	1	1
9	2	–	1
10	1	2	3

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 5

### Тема. Методика расчета потока с нерегламентированным темпом и ритмом операции типа ДОО, типа ДОД

(Теория, методика, контрольные вопросы, задачи)

#### 5.1 Методика расчета потока с нерегламентированным темпом и ритмом операций типа ДОО

Поток ДОО со свободным темпом выпуска продукции и ритмом работы исполнителей функционирует в режиме «диспетчер – операция – операция» и оснащен горизонтально-замкнутым полуавтоматическим распределительным транспортером.

При этом диспетчер осуществляет запуск на площадки транспортера контейнеров с партией предметов труда – ( $b$ ), которые последовательно сбрасываются на резервные площадки рабочих мест, где выполняются операции, соответствующие технологической последовательности изготовления продукции.

Последовательность расположения рабочих мест и последовательность закрепляемых за ними операций могут не совпадать, равно как и возможно совмещение на рабочих местах операций смежных и несмежных (например, рабочее место № 1 – операции №№ 1, 3 или 1, 2; или №№ 10, 40, 41 и т. д.).

Последнее обуславливает путь  $S_k$ , который проходит каждый контейнер за полный цикл обработки изделия на потоке

$$S_k = L_{\text{ц}} \times (\varphi + 1), \quad (5.1)$$

где  $L_{\text{ц}}$  – длина цепи транспортера, м;  $\varphi$  – количество пересечений каждым контейнером условной линии запуска УЛЗ (точки запуска контейнера на площадку транспортера диспетчером) за полный цикл обработки.

Ниже излагаются этапы организационного расчета потока ДОО.

1. Определяется такт потока. Для потока ДОО такт является расчетной величиной

$$\tau = \frac{P_{\phi}}{P_{\text{см}}} \times b, \quad (5.2)$$

где  $P_{\phi}$  – период функционирования потока в течение смены (ч, мин, с);  $P_{\text{см}}$  – сменное задание потоку (шт., пары и т. д.);  $b$  – величина транспортируемой партии (шт., пары).

2. Определяется количество рабочих мест по операциям и порядок совмещения операций.

3. Определяется длина цепи транспортирующего устройства

$$L_{ц} = 2L_n + \pi D_{зв}, \quad (5.3)$$

где  $L_n$  – погонная длина потока (определяется по компоновке или рассчитывается по шагу рабочих мест);  $D_{зв}$  – диаметр направляющих звездочек транспортирующего устройства (м).

4. Определяется путь, совершаемый контейнером с партией изделий на транспортирующем устройстве за полный цикл обработки

$$S = L_{ц} \times (\varphi + 1), \quad (5.4)$$

где  $\varphi$  – количество пересечения условий линии запуска.

Величина  $\varphi$  зависит от принятой схемы совмещения операций и порядка расположения рабочих мест. Определяется следующим образом:

– выписываются номера операций в такой последовательности, которая соответствует принятому размещению их в потоке.

Например, пусть в потоке принято следующее размещение операции:

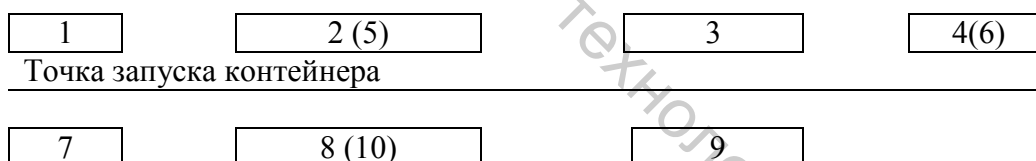
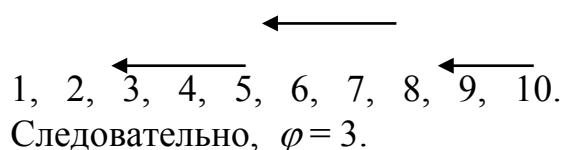


Рисунок 5.1 – Размещение рабочих мест и операций

Совмещение операций 2 и 5, 4 и 6, 8 и 10. Последовательность номеров операций в потоке следующая: 1, 2, 5, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 9;

– выписываются эти числа в строгой последовательности в порядке нарастания: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10;

– определяется, какое необходимо минимальное число перестановок в последовательном ряду, чтобы получить имеющийся порядок расположения операций в потоке. В приведенном примере необходимо осуществлять три такие перестановки



5. Определяется скорость транспортирования изделий ( $v$ )

$$v = \frac{3 \times \ell \times (\phi + 1)}{\tau}, \quad (5.5)$$

где  $\ell$  – расстояние между центрами смежных площадок транспортера (шаг площадок).

Специфика работы потока типа ДОО и соответствующего транспортирующего устройства обуславливает некоторые особенности в определении скорости. Эта особенность заключается в том, что скорость транспортирующего устройства должна обеспечивать не только бесперебойную подачу на рабочие места контейнеров с изделиями для обработки, но и рециркуляцию контейнеров для совмещения несмежных операций.

6. Определяется время пребывания изделия на транспортирующем устройстве ( $t_T$ )

$$t_T = \frac{S}{v}. \quad (5.6)$$

7. Определяется общее количество транспортных партий в потоке (контейнеров с изделиями)

$$НП_n = \frac{t_T}{\tau} + 2K_p, \quad (5.7)$$

где  $K_p$  – количество рабочих мест в потоке.

8. Определяется периодичность запуска контейнеров в поток, то есть число площадок, через которое осуществляется очередной запуск ( $n_3$ )

$$n_3 = \frac{\tau \times v}{\ell}. \quad (5.8)$$

9. Определяется величина незавершенного производства ( $НП$ )

$$НП = НП_n \times b + П_c \times K_c, \quad (5.9)$$

где  $П_c$  – величина производственной серии;  $K_c$  – количество производственных серий на запуске потока.

10. Длительность производственного цикла ( $T_u$ )

$$T_u = \frac{НП_n \times T_{см}}{P_{см}} = \frac{(НП - П_c \times K_c) \times T_{см}}{P_{см}}. \quad (5.10)$$

## 5.2 Методика расчета потока с нерегламентированным темпом и ритмом операций типа ДОД

В настоящее время на предприятиях легкой промышленности используются два типа транспортирующих устройств, применяемых в потоках, организованных по системе ДОД: ленточного или челночного типа.

Причем, как правило, транспортирующее устройство представляет собой вертикально-замкнутый транспортер.

Практика использования рассматриваемых типов конструкций транспортирующих устройств свидетельствует о том, что для успешного выполнения задания для потока по выпуску продукции и обеспечения бесперебойной работы исполнителей большое значение имеет обоснование пропускной способности потока. Это обоснование заключается в проведении некоторых расчетов, связанных с определением баланса времени работы потока.

Поток ДОД функционирует в режиме «диспетчер – операция – диспетчер» со свободным темпом выпуска продукции и ритмом работы исполнителей. Диспетчер осуществляет запуск контейнера с партией предметов труда на соответствующую операцию и после его возврата отправляет контейнер на последующие операции.

Рассмотрим основные этапы организационно-технического расчета.

1. Определяется время посылки (адресования) контейнера на рабочее место и обратно на диспетчерский пункт.

В общем случае это время ( $t_{noc}$ ) может быть определено по формуле

$$t_{noc} = t_d + t_g + 2 t_{3.p.}, \quad (5.11)$$

где  $t_d$  – время доставки контейнера на рабочее место;  $t_g$  – время возврата на пункт диспетчера;  $t_{3.p.}$  – время однократной загрузки (разгрузки) контейнера на транспортирующее устройство. Величина  $t_{3.p.}$  определяется хронометражными наблюдениями.

В свою очередь, время доставки ( $t_d$ ) определяется по формуле

$$t_d = \frac{L_{mp}}{2v}, \quad (5.12)$$

где  $L_{mp}$  – длина транспортера (погонная, м);  $v$  – скорость транспортирующего устройства.

Время возврата ( $t_g$ ) определяется аналогичным образом.

Следовательно,  $t_{noc}$  можно определить по формуле (челночный тип)

$$t_{noc} = \frac{L_{mp}}{v} + 2t_{з.р}. \quad (5.13)$$

Для ленточного транспортирующего устройства время посылки определяется по формуле

$$t_{noc} = \frac{L_{mp}}{2v} + t_{з.р}. \quad (5.14)$$

Таким образом, продолжительность каждого адресования при применении ленточного транспортирующего устройства меньше, чем челночного, что увеличивает его пропускную способность при прочих равных условиях (рабочей является верхняя и нижняя ветвь транспортера).

Опыт использования транспортирующих устройств челночного типа свидетельствует, что даже при рациональной организации работы диспетчера время одного адресования ( $t_{noc}$ ) не менее  $0,75 \div 1$  мин. Применение ленточного транспортирующего устройства, благодаря его преимуществам, сокращает это время на 50–75 %.

2. Определяется число адресования ( $N$ ), которое должен осуществить диспетчер в течение смены для выполнения сменного задания

$$N = \frac{P}{b} \times n, \quad (5.15)$$

где  $P$  – сменное задание потоку;  $b$  – величина транспортируемой партии;  $n$  – число операций в потоке (адресатов).

Данная формула верна лишь тогда, когда задание по каждой операции равно заданию потока. Если поток является многоассортиментным и изделия отличаются по числу операций, то целесообразно определить  $N$  пооперационным расчетом по формуле

$$N = \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{b}, \quad (5.16)$$

где  $P_i$  – задание по  $i$ -й операции ( $i = 1, 2, \dots, n$ ).

3. Определяется возможное количество адресований, которое может выполнить диспетчер за время смены с учетом неравномерности работы транспортера

$$N_e = \frac{\Pi \phi}{t_{noc}} \times K_{н.р}, \quad (5.17)$$

где  $P_\phi$  – время функционирования потока в течение смены;  $K_{н.р.}$  – коэффициент неравномерности работы ( $K_{н.р.} = 0,75 \div 0,85$ ).

Для успешной работы потока необходимо, чтобы  $N_\phi \geq N$ .

Если такое условие не соблюдается (то есть  $N_\phi < N$ ), то необходимо уменьшить число адресований. Это может быть достигнуто за счет

а) увеличения транспортируемой партии;  
б) дополнительного совмещения (или объединения) технологических операций;

в) организации передачи контейнеров непосредственно на последующие операции, минуя диспетчера.

Величина транспортируемой партии ( $b$ ) может быть определена по формуле

$$b = \frac{P_{CM} \times n}{N_\phi} \quad (5.18)$$

4. Величина объема незавершенного производства

$$НП = 2 \times K_{р.м.} \times b + P_c \times K_c, \quad (5.19)$$

где  $K_{р.м.}$  – количество рабочих мест в потоке;  $P_c$  – величина производственной серии;  $K_c$  – количество производственных серий на запуске потока.

### Контрольные вопросы

1. Проблемы конвейерного производства и цели преодоления его противоречий.
2. Организационные мероприятия, сглаживающие противоречия конвейера.
3. Принципы создания потоков со свободным темпом выпуска продукции и ритмом работы исполнителей.
4. Основные виды потоков со свободным темпом и ритмом.
5. Принципы организации потоков типа ДОД.
6. Расчет организационных параметров потока ДОД.

### Практические задания

**Задача 1.** Произвести орграсчет потока типа ДОО.

*Исходные данные:*  $P_{cm} = 900$  ед,  $v = 4$ ,  $\ell = 0,6$  м,  $\varphi_{cp} = 7$ ,  $A = 1,4$  м,  $d_{зв} = 0,5$  м,  $T_{cm} = 8$  ч,  $L_k = 40$  м.

Выполнить расчет как специализированный процесс. Выполнить расчет



для  $R_A : R_B = 1 : 2$  (одновременно, последовательно) широкого ассортимента.

**Задача 2.** Произвести орграсчет потока типа ДОО.

*Исходные данные:*  $P_{см} = 1250$  изд.,  $v = 6$ ,  $\ell = 0,5$  м,  $\varphi_{ср} = 4$ ,  $L_{конв} = 37$  м,  $K_p = 62$ ,  $T_{см} = 8$  ч.

**Задача 3.** Произвести орграсчет потока типа ДОД.

*Исходные данные:*  $P_{см} = 1200$  изд.,  $U_{тех} = 150$  м/мин,  $t_{загр} = 0,15$  мин,  $L_{тр} = 33$  м,  $K_{н.з} = 0,85$ ,  $N_{опер} = 24$ ,  $K_{раб} = 35$ ,  $v = 4$  изд.,  $T_{см} = 8$  ч.

Выполнить расчет как специализированный процесс. Выполнить расчет для  $R_A : R_B = 1 : 2$  (одновременно, последовательно) широкого ассортимента.

**Задача 4.** Произвести орграсчет параметров посыльно-распределительного ленточного транспортера.

*Исходные данные:*  $P_{см} = 950$  изд.,  $U_{тех} = 65$  м/мин,  $t_{загр} = 0,1$  мин,  $L_{тр} = 36$  м,  $K_{н.з} = 0,7$ ,  $N_{оп} = 30$ ,  $K_{раб} = 37$ ,  $T_{см} = 8$  ч.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 6

### Тема. Особенности организации потоков в швейном, кожгалантерейном и трикотажном производствах

(Теория, методика, контрольные вопросы, задачи)

В различных подотраслях легкой промышленности используются агрегатно-групповые потоки (АГП) или потоки малых серий (ПМС). Их различие в мощности и структуре, причем мощность оценивается по количеству рабочих мест: ПМС – до 50 р. м, АГП – 100 – 150 р. м. Структура АГП:

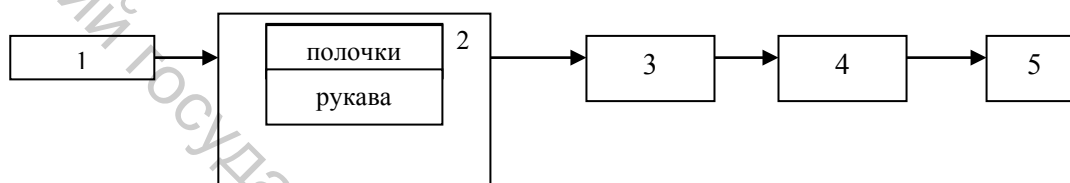


Рисунок 6.1 – Структура АГП в швейной промышленности:

- 1 – пункт комплектования деталей, их предварительная обработка;
- 2 – заготовочная секция, включающая группы рабочих мест, специализирующихся на обработке и сборке различных узлов;
- 3 – пункт комплектования узлов для запуска на монтаж;
- 4 – монтаж, сборка изделия из узлов и деталей;
- 5 – отделка

ПМС включает 2 секции – заготовочную и сборочно-отделочную.

Данная форма организации потоков представляет собой разновидность секционных широко ассортиментных потоков с глубоким разделением труда, технологический процесс в которых делится на секции.

Важнейшими этапами проектирования агрегатно-групповых потоков являются:

- обособление групп рабочих мест по изготовлению деталей и узлов. Число рабочих мест в группе зависит от задания потоку и трудоемкости обработки узла;
- синхронизация во времени всех организационных операций, разработка технологической схемы потока;
- размещение рабочих мест в группе, секции, потоке с учетом технологической последовательности операций, обеспечения удобства выполнения операций, непрерывности движения предметов труда, минимизации пути их движения.

Для перемещения узлов изделия между группами рабочих мест и секциями применяются приводные и бесприводные транспортирующие устройства: ленточные конвейеры, пульсирующий конвейер, подвесные цепные и винтовые конвейеры и разного рода тележки.

Обработанные в секции заготовки и скомплектованные детали и узлы из-

делий передаются в монтажную секцию с помощью либо тележек-конвейеров, либо подвесных транспортирующих устройств и др.

В монтажной секции в зависимости от мощности потока и ассортимента выпускаемой продукции сборка деталей и узлов может быть организована либо параллельными (на нескольких линиях или группах рабочих мест, отведенных для монтажа изделий соответствующих моделей), либо последовательным методом. Запуск предметов труда в секцию только пачковый. В монтажной секции могут применяться конвейеры.

В отделочной секции предметы труда запускаются поштучно. Их транспортирование осуществляется в подвешенном состоянии посредством либо подвесных транспортных устройств, либо тележек-кранштейнов.

Расчет агрегатно-группового потока имеет свои отличительные особенности в основном для секции заготовки, так как технологическая схема составляется для обработки каждого узла изделия.

При этом выполняются следующие расчеты:

1. Определяется среднее расчетный такт потока  $\tau$

$$\tau = \frac{T_{CM}}{(P_1 + P_2 + \dots + P_n)}, \quad (6.1)$$

где  $T_{CM}$  – продолжительность смены;  $P$  – задание потоку в смену по видам изделия (1, 2, ...,  $n$ ).

2. Запуск деталей (изделий) пачковый.

3. Определяется количество рабочих  $K$  по операциям

$$K = \frac{t_{cp}}{\tau}, \quad (6.2)$$

где  $t_{cp}$  – средневзвешенная продолжительность операции над единицей изделия; «веса» является число изделий каждой одновременно обрабатываемой модели в сменном задании

$$t_{cp} = \frac{(t_1 P_1 + t_2 P_2 + \dots + t_n P_n)}{(P_1 + P_2 + \dots + P_n)}, \quad (6.3)$$

где  $n$  – число моделей.

4. Осуществляется выбор транспортирующих устройств.

5. Составляется технологическая схема с соблюдением требований узловой специализации рабочих, выполнения операций на одном и том же оборудовании, технологической последовательности обработки, соответствия норм времени на операцию такту потока.

6. Осуществляется размещение рабочих мест и соответствующего оборудования.

7. Определяются объем незавершенного производства  $НП_{заг}$  и длительность производственного цикла  $T_{ц}$

$$НП_{заг} = НП_{зан} + НП_{р.м} + НП_{м.с}, \quad (6.4)$$

где  $НП_{зан}$  – объем незавершенного производства на запуске;  $НП_{р.м}$  – объем незавершенного производства на рабочих местах;  $НП_{м.с}$  – межсекционный запас.

$$НП_{ЗАП} = \frac{n_{max} + n_{min}}{2}, \quad (6.5)$$

где  $n_{min} = 0,5-1$  пачка каждой модели. Величина пачки в зависимости от вида продукции принимается равной 5–30 ед.

$$n_{max} = \frac{P \times t_{п}}{T_{CM}}, \quad (6.6)$$

где  $t_n$  – периодичность поставки кроя в часах в секцию заготовки.

На предприятиях разрабатывается почасовой график подачи кроя в секцию заготовки, определяется как произведение числа рабочих  $K$ , числа пачек изделий на рабочем месте  $n_{пач}$  и количества изделий в пачке  $b$

$$НП_{р.м} = \sum_k K n_{пач} \times b. \quad (6.7)$$

Следует отметить, что при расчете длительности производственного цикла в секции заготовки ( $T_{цзаг} = НП_{заг\tau}$ ) в связи с параллельным изготовлением различных узлов изделия, в расчет следует принимать не весь объем незавершенного производства на рабочих местах, а лишь на тех рабочих местах, где обрабатывается наиболее трудоемкий узел.

Для создания необходимого запаса обработанных узлов имеются межсекционные запасы ( $НП_{м.с}$ ). Количество изделий в межсекционном запасе принимается равным 0,25–0,5 величины сменного выпуска изделий потоком.

Общий объем незавершенного производства в агрегатно-групповом потоке составит

$$НП_{общ} = НП_{заг} + НП_{м} + НП_{отд} + НП_{м.с} + НП_{вып}, \quad (6.8)$$

где  $НП_{заг}$  – объем незавершенного производства в заготовительной секции (рассчитывается по приведенной выше методике);  $НП_{отд}$  – объем незавершенного производства в отделочной секции;  $НП_{м}$  – объем незавершенного производства в монтажной секции;  $НП_{м.с}$  – объем незавершенного производства меж-

ду секциями (зависит от числа секций в потоке);  $НП_{вып}$  – объем незавершенного производства на выпуске (принимается в размере 2–4 пачек изделий).

Продолжительность производственного цикла в потоке определяется по формуле

$$T_{ц} = НП_{общ} \times \tau. \quad (6.9)$$

### Контрольные вопросы

1. Принцип организации АГП и ПМС.
2. Расчет организационных параметров АГП.
3. Основы организации многостаночной работы исполнителей<sup>1</sup>.
4. Способы расположения оборудования при многостаночной работе.
5. Условия организации многостаночной работы в поточном производстве.
6. Социально-психологические аспекты регулирования темпа выпуска продукции в поточном производстве.

### Практические задания

**Задача 1.** Выполнить предварительный расчет основного потока по изготовлению сорочек из хлопчатобумажной ткани для мальчиков старшего школьного возраста. Техническим заданием предусмотрен поток мощностью 984 сорочки в смену.

Таблица 6.1 – Исходные данные к задаче 1

Стадия и узел обработки изделия	Время изготовления, с	Число рабочих	Площадь, м <sup>2</sup>	Номер секции, группы
1	2	3	4	5
Подготовка кроя, запуск, комплектование	30	1	1	1,1
Заготовка деталей				
– манжеты	105,4	3,51	–	2,1
– воротник	187	6,23		
– рукава	101,2	3,37		
– спинка	–	–	–	3,1
– карман	53	1,77		
– полочки	138,4	4,65		
ИТОГО:	586	19,53	110,9	–
Монтаж	519,5	17,32	93,5	II
Отделка	165,5	5,22	55,2	III
Всего по потоку	1301	43,37	259,6	–
Без отделки	1135,5	37,85	204,4	–

<sup>1</sup> Организация производства на предприятиях легкой промышленности : учебное пособие / В. А. Скворцов. – Витебск : УО «ВГТУ», 2007. – 210 с.

Примечания:

1. В конвейерных и агрегатных потоках рассчитывают длину поточных линий по секциям и потоку в целом.
2. Площадь каждой секции ( $m^2$ ) определяют умножением нормы площади для одного рабочего на количество рабочих.

**Задача 2.** Рассчитать потоки неосновных изделий для цеха из задачи 1. В целях специализации цеха проектируем второй поток по изготовлению сорочек для мальчиков старшего школьного возраста. Выпуск изделий в смену на этом потоке примем такой же, как и на основном, то есть 984 шт. На оставшейся площади разместим потоки по изготовлению детских сорочек из хлопчатобумажной ткани для другой возрастной группы (например, для мальчиков младшего школьного возраста).

Таблица 6.2 – Предварительная характеристика потоков и цеха

Изделие	Количество потоков	Затраты времени на изделие, с	Такт потока, с	Выпуск потока в смену, шт.	Расчетное число рабочих в потоке	Площадь, занимаемая потоком, $m^2$	Количество секций в одном потоке
Сорочка хлопчатобумажная для мальчиков старшего школьного возраста	2	1135,5	30	984	36,85	204,4	2
Сорочка хлопчатобумажная для мальчиков младшего школьного возраста	2	1067	25,3	1166	42,15	227,6	2

Примечания:

1. Принятый тип потока (АГП) групповой в заготовительной секции и агрегатный в монтажной.
2. Отделочная секция выделена в централизованный участок.

**Задача 3.** В потоке малых серий установлен горизонтально-замкнутый транспортер с площадками и автоматическим адресованием изделий на рабочие места.

Определить скорость транспортера, объем незавершенного производства и длительность производственного цикла по следующим данным:

- выпуск в смену – 183 ед.;
- число работников – 32 чел.;
- число резервных рабочих мест – 2;
- число изделий в коробке – 3 ед.;
- число совмещенных операций – 6;
- количество коробок на рабочем месте – 2;
- шаг рабочего места – 1,15 м;

- шаг транспортера – 0,7 м;
- диаметр барабана (звездочки) – 0,6 м;
- средний запас изделия, ед., на пунктах:  
запуск – 20;  
выпуск – 36.

**Задача 4.** Выполнить орграсчет потоков малых серий с транспортером ТМС-1, определить такт, скорость, число работников, длину потока и рабочей части транспортера, количество коробок и карточек адресования, объем незавершенного производства и длительность производственного цикла по данным, приведенным в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Исходные данные для задачи 4

Показатели	Единицы измерения	Номер потока									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Выпуск изделий за смену	ед.	92	172	103	137	114	132	80	86	125	160
Норма времени на изделие	ч	2,5	1,2	2,4	1,5	1,8	1,6	2,5	2,5	1,8	1,1
Число изделий в коробке	ед.	2	5	2	4	2	3	2	2	3	3
Число коробок на рабочем месте	шт.	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Шаг рабочего места	м	1,2	1,1	1,2	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1
Радиус поворотного круга (звездочки)	м	0,3	0,35	0,3	0,35	0,3	0,3	0,3	0,3	0,32	0,35
Число совмещенных операций	–	8	3	6	4	5	5	4	4	6	5
Средний запас изделия на запуске	ед.	20	30	20	40	30	30	20	20	30	70
Число резервных рабочих мест	–	2	1	2	1	2	2	2	2	1	2

**Задача 5.** В синхронном потоке с выпуском 1030 ед. определить число работников, необходимых для обработки каждого узла изделия и в целом по потоку, объем незавершенного производства и длительность производственного цикла. Норма времени на выполнение работ по изготовлению мужских сорочек (с):

- заготовительная секция:  
рукава – 180;  
воротник – 220;  
манжеты – 120;  
полочки – 90;  
спинка – 60;
- монтажная секция – 720;
- отделочная секция – 180.

На каждом рабочем месте находится в среднем 1,5 пачки изделий (в пачке 30 ед.). Задел между секциями – 240 ед., на запуск – 200 ед., на пункт приемки – 150 ед.

**Задача 6.** В синхронном потоке выпускаются мужские сорочки для школьников (трех фасонов). Запуск – партиями, изделия всех фасонов изготавливаются на протяжении смены.

Определить число работников, необходимых для обработки каждого узла в каждой секции и в целом по потоку, длительность производственного цикла и объем незавершенного производства. Данные для расчетов приведены в таблице 6.4. На каждом рабочем месте находится в среднем две пачки изделий (в пачке 40 ед.), задел между секциями – 240 ед., на запуске – 300 ед., на пункте приеме готовой продукции – 120 ед.

Таблица 6.4 – Исходные данные для задачи 6

Показатели	Единицы измерения	Изделие		
		А	Б	В
Выпуск изделия за смену	ед.	460	570	340
Норма времени на обработку изделия:				
– заготовительная секция	с			
рукава		220	200	60
воротник		250	190	250
манжеты		120	120	–
полочки		100	90	130
спинка		130	80	70
– монтажная секция	с	720	700	630
– отделочная секция	с	270	250	200

**Задача 7.** Проанализируйте последовательность и укомплектованность операции по принципу технологической однородности и экономичности для организации синхронного потока. Выберите наиболее приемлемый такт. Исходные данные приведены в таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Исходные данные к задаче 7 (обработка задних половинок брюк)

Операции	Разряд	Оборудование	Норма времени, с
1	2	3	4
Обметка боковины, шаговых и средних срезов задних половинок брюк	II	51-А	53
Обметка края шаговых клиньев	II	51-А	17
Пришивание шаговых клиньев к задним половинкам	III	97	30
Страчивание двух выточек	III	97	31
Распрессование швов сшивания выточек, пришивания шаговых клиньев	III	ПСП	15
	III	ПСП	20
Оттянуть задние половинки и запрессовать сгибы	V	II	125



Окончание таблицы 6.5

1	2	3	4
Наметить линию размещения кармана на правой половине брюк	III	PO	15
Пришить обтачку, разреза входа в карман, вывернуть обтачку	III	CM	65
Настрочить внутренний край обтачки на мешковину	II	22-A	14
Сшить мешковину кармана	III	22-A	26
Вывернуть мешковину, прострочить другой строчкой	III	22-A	28
Прострочить верхнюю рамку задних карманов, подложив мешковину с подкладкой и клапаном	III	22-A	34
Закрепить концы кармана	III	CM	27

Рассчитать число работников по операциям, сменное задание, определить такт (с):

I секция:

обработка мелких деталей – 520;

обработка задних половинок брюк – 500;

обработка передних половинок брюк – 270.

II секция:

1-я линия – 830;

2-я линия – 1050.

III секция – 648.

Общая трудоемкость – 3818.

Период функционирования ( $P_{\phi}$ ) – 28800.

**Задача 8.** Выполнить орграсчет всех секций потока, в котором используются такие формы организации производства: в заготовительной секции – синхронный поток, в монтажной секции – конвейерный поток с вертикально-замкнутым ленточным транспортером, в отделочной секции – конвейерный поток с подвесным горизонтально-замкнутым цепным транспортером. В потоке обрабатываются мужские сорочки. Способ запуска – циклический, в смену – 1140 ед. Средняя норма времени на обработку и параметры потоков следующие:

Заготовительная секция:

спинка – 70 с;

перед – 120 с;

рукава – 200 с;

манжеты – 140 с;

воротник – 250 с.

Монтажная секция – 800 с.

Отделочная секция – 290 с.

Шаг конвейера:

в монтажной секции – 0,45 м;

в отделочной секции – 0,28 м.

Шаг рабочего места:

в монтажной секции – 1,1 м;

в отделочной секции – 1,6 м.

Число работников на операциях, выполняемых со смещением:

в монтажной секции – 6;

в отделочной секции – 8.

Число ячеек в серии – 12.

Диаметр барабана транспортера (звездочки):

в монтажной секции – 0,3 м;

в отделочной секции – 0,5 м.

Запасы:

крой на запуск – 400 ед.;

изделий на рабочих местах в заготовительной секции (в пачке – 30 ед.) – по 1,5 пачки;

между I и II секцией – 300 ед.;

между II и III секцией – 100 ед.;

на пункте приемки готовой продукции – 200 ед.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скворцов, В. А. Организация производства на предприятиях легкой промышленности : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по спец. «Экономика и организация производства (легкая промышленность)» / В. А. Скворцов, С. М. Снетков. – Витебск : УО «ВГТУ», 2016. – 344 с.
2. Организация производства на предприятиях легкой промышленности : учебное пособие / В. А. Скворцов. – Витебск : УО «ВГТУ», 2007. – 210 с.
3. Современные проблемы организации производства, труда и управления на предприятиях легкой промышленности Республики Беларусь / Е. В. Ванкевич [и др.]; под науч. ред. Е. В. Ванкевич, В. А. Скворцова. – Витебск : УО «ВГТУ», 2010. – 284 с.
4. Быховский, Е. Б. Совершенствование организации потоков сборки обуви / Е. Б. Быховский, В. А., Скворцов, В. А. Овчинников. – Москва : Легкая индустрия, 1983. – 137 с.
5. Новицкий, Н. И. Организация и планирование производства / Н. И. Новицкий. – Минск : ООО «Новое знание», 2004. – 256 с.
6. Феденя, А. К. Организация производства и управление предприятием / А. К. Феденя. – Минск : ТетраСистемс, 2004. – 192 с.

Учебное издание

## ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Методические указания к практическим занятиям

Составители:

Скворцов Виктор Александрович  
Сысоев Иван Павлович

Редактор *Т.А. Осипова*  
Корректор *А.В. Пухальская*  
Компьютерная верстка *Н.В. Красева*

---

Подписано к печати 05.03.2019. Формат 60x90<sup>1/16</sup>. Усл. печ. листов 3,25.  
Уч.-изд. листов 4,3. Тираж 46 экз. Заказ № 102.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»  
210038, г. Витебск, Московский пр., 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Витебский государственный технологический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.