

# СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

- **Тема 1. Основы производственного процесса и технологии процесса производства продукции**

# Организация производственных процессов с использованием поточных линий.

Определяющий признак - изготовление изделий одного наименования (коэффициент специализации рабочих мест равен единице), или нескольких изделий (коэффициент специализации рабочих мест больше единицы).

## Условия применения:

- изделия сходные по конструкции,
- используется одна и та же последовательность технологических операций и одни и те же рабочие места, расположенные в порядке выполнения технологических операций.

## Преимущества при использовании:

- наиболее благоприятные условия для выполнения требований к организации производственных процессов: прямоточность, пропорциональность, цикличность, непрерывность, параллельность и др.,
- меньший объем незавершенного производства,
- большая степень использования рабочего времени оборудования и работников,
- возможно эффективное планирование вспомогательных и обслуживающих процессов.

В результате снижается производственная себестоимость продукции.

# Ограничение применения

- достаточно большой и стабильный объем выпуска продукции в течение длительного периода;
- технологичная конструкция изделия;
- транспортабельные узлы и детали;
- делимость изделия на конструктивно-сборочные единицы для организации потока на сборке;
- синхронизация затрат времени по отдельным операциям (синхронизация операций) либо обеспечение их кратных значений;
- обеспечение непрерывной подачи к рабочим местам материалов, деталей и сборочных узлов;
- обеспечение полной (синхронной) загрузки оборудования на рабочих местах линии.

# Календарно-плановые нормативы однопредметных непрерывно-поточных линий

1. Такт или ритм потока.
2. Число рабочих мест по операциям или по всей поточной линии.
3. Период конвейера и система адресования.
4. Длина ленты конвейера (определяется конструкцией).
5. Скорость движения ленты конвейера и пропускная способность поточной линии.
6. Величина заделов и НЗП.
7. Продолжительность производственного цикла (технологическая характеристика).

## Расчет такта или ритма потока

$$r = \frac{F_{\text{эф.}}}{N_3} \quad \text{где} \quad N_3 = \frac{N_B - 100}{100 - \alpha}$$

$N_3$  - программа запуска, (шт.)

$N_B$  - программа выпуска, (шт.)

$\alpha$  - процент потерь по технологическим причинам или из-за брака

$$F_{\text{эф.}} = F_H \times K_{\text{см.}} \times \left(1 - \frac{\alpha_P + \alpha_{\text{П}}}{100}\right)$$

$F_H$  - номинальный фонд времени за расчетный период, часов.

$K_{\text{см.}}$  - число смен в день

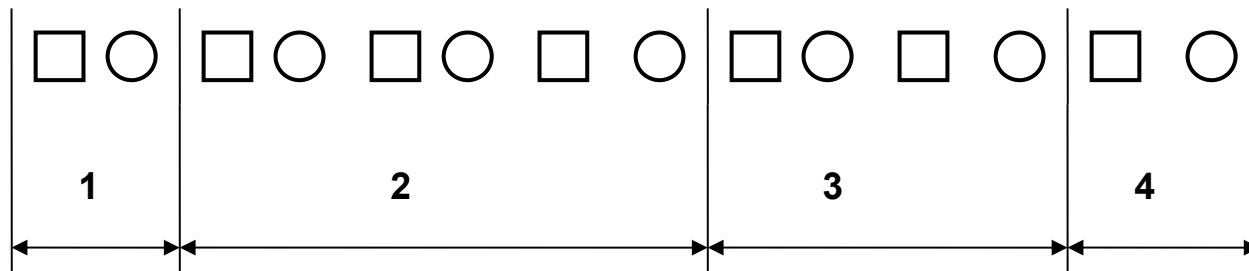
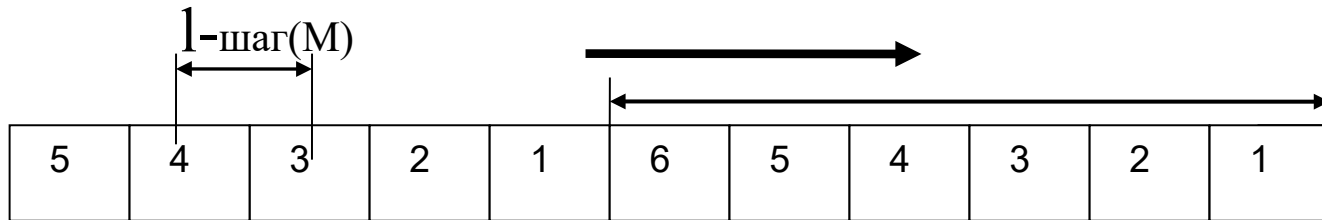
$\alpha_P$  - потери рабочего времени на плановые настройки и ремонт

$\alpha_{\text{П}}$  - потери рабочего времени на регламентированные перерывы

$c_i = \frac{t_i}{r}$  - число рабочих мест на  $i$ -той операции

# Определение периода конвейера и системы адресования

Распределительный конвейер



$$V = l/r \quad (M/C) - \text{ скорость конвейера}$$

## Расчет периода конвейера

$$C_1=1, C_2=3, C_3=2, C_4=1$$

*Период конвейера  $\Pi = \text{НОК}(C_1, C_2, C_3, \dots, C_n)$*

$$\Pi = \text{НОК}(1, 3, 2, 1) = 6$$

Номер операции	Число рабочих мест операции	Номер рабочего места	Число закрепленных знаков	Последовательность обслуживания закрепленных знаков
1	1	1	6	1,2,3,4,5,6
2	3	2	2	1, 4 (кратно «3»)
		3	2	2, 5 (кратно «3»)
		4	2	3, 6 (кратно «3»)
3	2	5	3	1, 3, 5 (кратно «2»)
		6	3	2, 4, 6 (кратно «2»)
4	1	7	6	1,2,3,4,5,6

# Расчет заделов на поточных линиях

- Технологические заделы
- Транспортные заделы  $\sum_{i=1}^m c_i = C_{Л}$  – количество рабочих мест линии
- Страховые заделы

$$Z_{ТЕХ.} = \sum_{i=1}^m c_i - \text{при поштучной передаче ПТ}$$

$$Z_{ТЕХ.} = p \times \sum_{i=1}^m c_i - \text{при передаче ПТ транспортными партиями}$$

$$Z_{ТР.} = C_{Л} - \text{при поштучной передаче ПТ}$$

$$Z_{ТР.} = p \times (C_{Л} - 1) - \text{при передаче ПТ транспортными партиями}$$

Страховой (резервный) задел – на наиболее ответственных операциях  
 $\leq$  сменного задания данной операции

$$Z_{РЕЗ.} = \frac{\sum_{i=1}^m t_{РЕЗi}}{r}$$



# **Многопредметные непрерывно-поточные линии (МНПЛ)**

## Отличительные признаки МНПЛ

- Изготавливается несколько видов продукции,
- На каждом рабочем месте выполняется несколько деталей операций  $k_{сп} \geq 2$

**В зависимости от метода чередования предметов труда на МНПЛ:**

- Групповые с последовательным чередованием,
- Переменно-поточные с последовательным чередованием.

## **Групповые ПЛ с последовательным чередованием ПТ. Особенности процессов.**

- 1. Не выполняется переналадка оборудования.**
- 2. Каждое рабочее место оборудуется универсальным приспособлением для всех предметов труда данной группы.**
- 3. Оборудование размещается по предметному принципу.**
- 4. Технологические процессы полностью синхронизированы, что обеспечивается предварительным комплектованием деталей.**

# Синхронизация МНПЛ путем комплектования деталей

Детали	Трудоемкость операций, мин.				
	1	2	3	4	5
А	4,0	2,4	0,6	2,2	3,6
В	1,0	0,8	0,7	0,9	1,2
Комплект	6	4	2	4	6

*Комплект  $A + 2 \times B$*

$$\text{Такт линии } r_{\text{МНПЛ}} = \frac{F_{\text{ЭФ.}}}{N_{\text{К.СМ.}}}$$

# **Переменно-поточные ПЛ с последовательным чередованием ПТ. Особенности процессов.**

- 1. Обрабатываются или собираются изделия разных наименований или типоразмеров чередующимися партиями.**
- 2. При переходе на очередной ПТ выполняется переналадка оборудования.**
- 3. Каждое рабочее место оснащается в каждый период специальным приспособлением для изделия данного наименования.**
- 4. Оборудование размещается по предметному принципу.**
- 5. Технологические процессы для всех изделий полностью синхронизированы.**

# Расчет параметров линии

## 1. За линией закреплены изделия с одинаковой суммарной трудоемкостью.

Обработка ведется с единым тактом с учетом потерь времени на переналадку оборудования

$$r_{III} = \frac{F_{эф.} \times (1 - \alpha_{ПР})}{\sum_{i=1}^n N_{ЗАП.i}}$$

$\alpha_{ПР}$  – коэффициент потерь времени на переналадку оборудования (0,02-0,08).

$\sum_{i=1}^n N_{ЗАП.i}$  – программа запуска  $i$ -го изделия, шт.

$n$  – номенклатура изделий, закрепленных за линией.

## Число рабочих мест на линии

$$C_{III} = \frac{\sum_{i=1}^n N_{3АП.i} \times T_i}{F_{эф.} \times (1 - \alpha_{ПР})}$$

$T_i$  – трудоемкость обработки  $i$ -го изделия на линии, мин.

### 2. За линией закреплены изделия с различной трудоемкостью (переменно-поточная линия)

Обработка ведется с частными тактами. Расчет тактов – с использованием условного объекта.

1. Принимают трудоемкость одного из объектов как базовую величину (трудоемкость условного объекта).
2. Программы других изделий выражают в условных объектах через коэффициенты приведения.
3. Рассчитывают условный такт и частные такты обработки каждого изделия.
4. Определяют число рабочих мест на линии.

# **Способы синхронизации операций на участках обработки.**

## **Выделяют три основных пути синхронизации:**

- 1. Рационализация метода обработки.**
- 2. Организация режима работы участка как прерывно-поточной линии.**
- 3. Переброска части обрабатываемых деталей на другие станки, не входящие в состав линии.**



# Рационализация метода обработки.

## Данный подход предполагает:

- а) повышение производительности станков за счет изменения режимов резания, направленных на уменьшение машинного времени как основной составляющей штучного времени,
- б) сокращение времени вспомогательных составляющих штучного времени (время замеров, установки заготовки и т.д.);
- в) выполнение одновременной обработки нескольких деталей на параллельных рабочих местах.

## Пример синхронизированного (непрерывного) процесса

№ оп.	1	2
$t_i$ , мин.	20	15
$C_i$	4	3



$$t_{\text{эф.}} = 480 \text{ мин.}$$

$$M_1 = \frac{480 \times 4}{20} = 96 \text{ шт.}$$

$$M_2 = \frac{480 \times 3}{15} = 96 \text{ шт.}$$

$$t_{\text{эф.}} = 120 \text{ мин.}$$

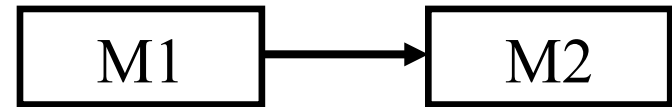
$$M_1 = \frac{120 \times 4}{20} = 24 \text{ шт.}$$

$$M_2 = \frac{480 \times 3}{15} = 96 \text{ шт.}$$

*За любой период  $M_1 = M_2$*

## Пример несинхронизированного (прерывного) процесса

№ оп.	1	2
$t_i$ , мин.	20	15
$C_i$	2	2



$$t_{\text{эф.}} = 480 \text{ мин.}$$

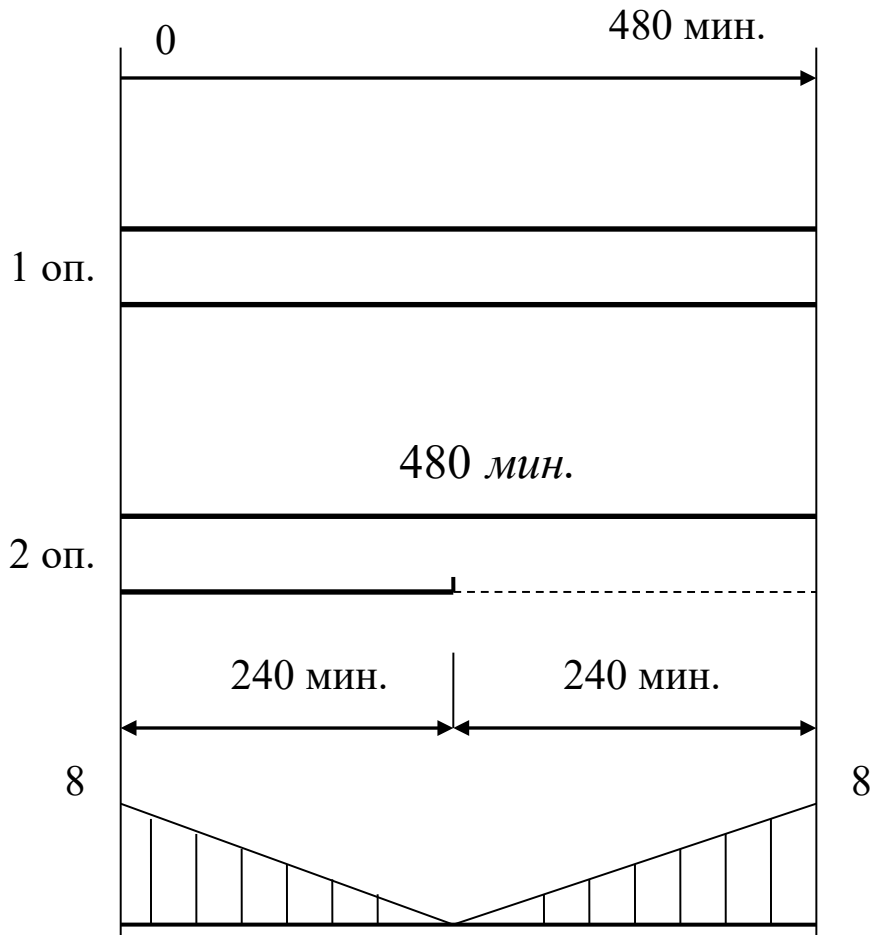
$$M_1 = \frac{480 \times 2}{20} = 48 \text{ шт.}$$

$$M_2 = \frac{480 \times 2}{15} = 64 \text{ шт.}$$

$M_1$  – узкое место    принимаем  $M_1 = M_2 = 48 \text{ шт.}$

тогда  $C_2 = 1,5$

# Графическое отображение участка и процесса



Разность в производительности операций за первый период (240 мин)

$$\frac{T^1 \times c_1}{t_1} - \frac{T^1 \times c_2}{t_2} = \frac{240 \times 2}{20} - \frac{240 \times 2}{15} = -8 \text{ шт.}$$

Разность в производительности операций за второй период (240 мин)

$$\frac{T^2 \times c_1}{t_1} - \frac{T^2 \times c_2}{t_2} = \frac{240 \times 2}{20} - \frac{240 \times 1}{15} = +8 \text{ шт.}$$

График межоперационных заделов участка в установившемся режиме

# Организация режима работы участка как прерывно-поточной линии и расчеты параметров линии.

## Последовательность действий:

- а) расчет такта из заданного периода и рассчитанной программы запуска;
- б) определение необходимого количества рабочих мест на каждой операции,
- в) составление графика-регламента (план-график) загрузки рабочих мест участка и переходов работников с операции на операцию с целью обеспечения их полной загрузки;
- г) выделение периодов с неизменными условиями загрузки каждой пары смежных операций;
- г) расчет изменяющихся в течение заданного рабочего периода межоперационных оборотных заделов по каждой паре операций и по всей линии, а также соответствующего им незавершенного производства.

## Пример.

На участке механической обработки изготавливается картер редуктора.

Программа запуска  $N_{\text{зап.}} = 200$  шт. в смену,  $t_{\text{см.}} = 8$  час.

Номер операции	1	2	3	4	5	6
Норма времени, $t_i$ мин.	3,6	4,0	1,2	5,2	3,2	2,0
Квалификационный разряд	3	3	3	4	3	4

## Решение

Рассчитывается такт линии:

$$r = \frac{F_{\text{эф.}}}{N_{\text{зап.}}} = 2,4 \text{ мин.}$$

Определяется потребное (расчетное) число рабочих мест

$$c_{ip} = \frac{t_i}{r} ; \quad c_1 = 1,5; \quad c_2 = 1,67; \quad c_3 = 0,50$$
$$c_4 = 2,17; \quad c_5 = 1,33; \quad c_6 = 0,83.$$

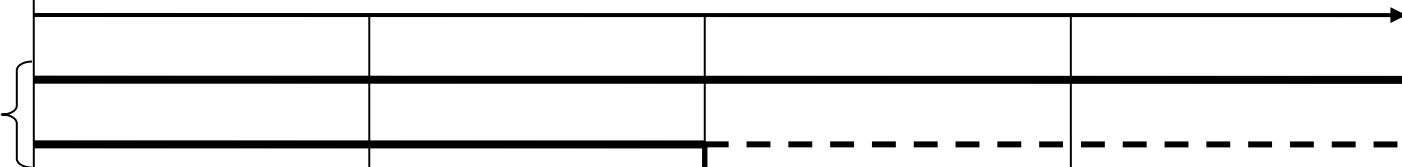
0

Период комплектования - 480 минут

480

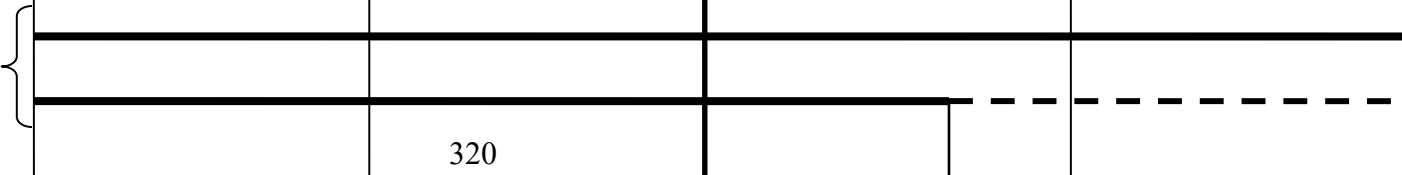
№№  
рабочих

1  
операция



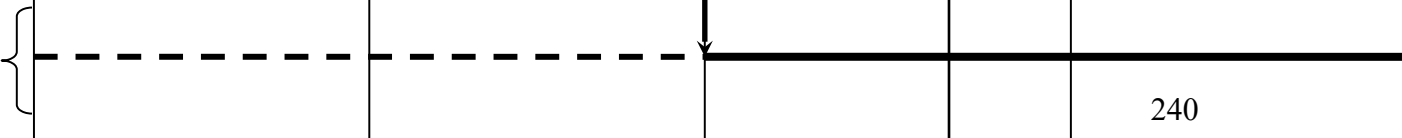
1р.  
2р.

2  
операция



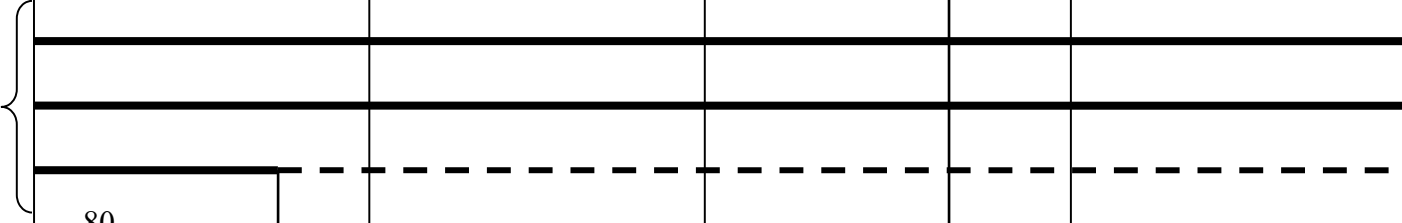
3р.  
4р.

3  
операция



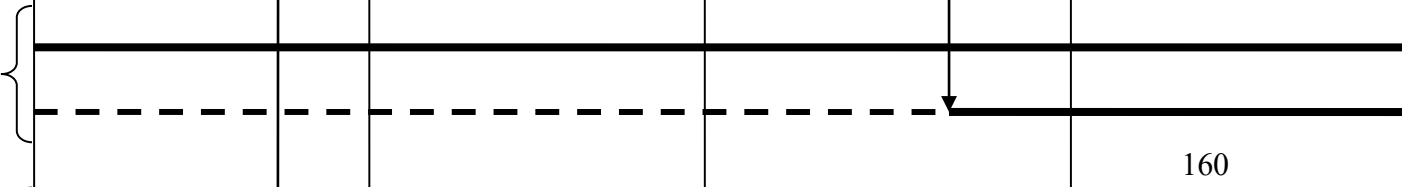
2р.

4  
операция



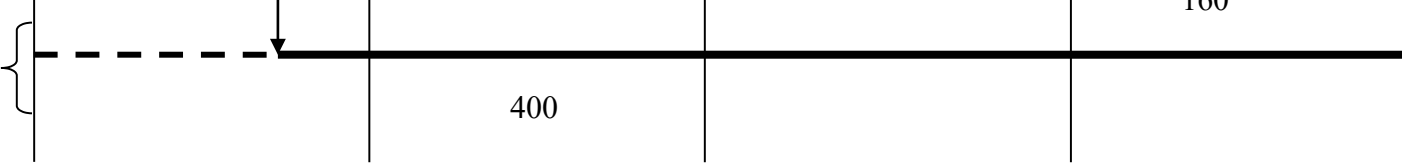
5р.  
6р.  
7р.

5  
операция



8р.  
4р.

6  
операция



7р.

80

240

320

240

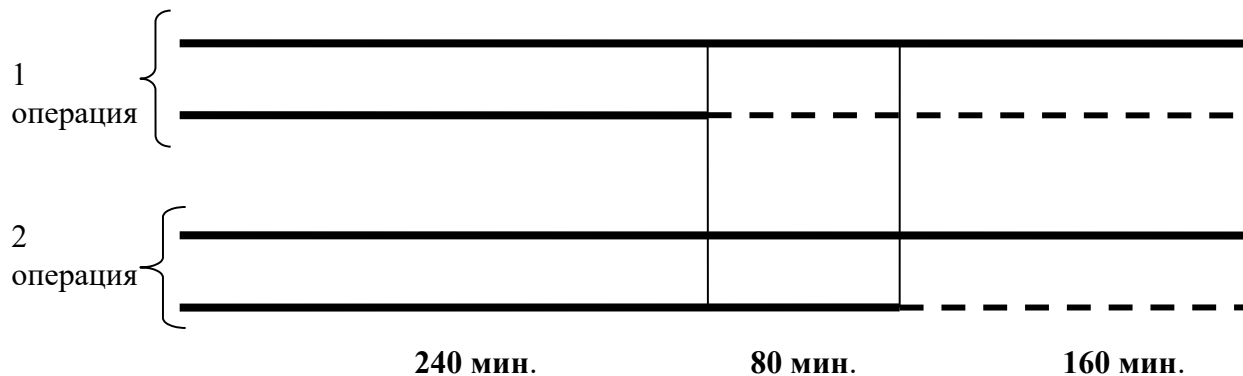
160

400



Рассчитывают значения межоперационных оборотных заделов в каждой паре смежных операций (i, i+1).

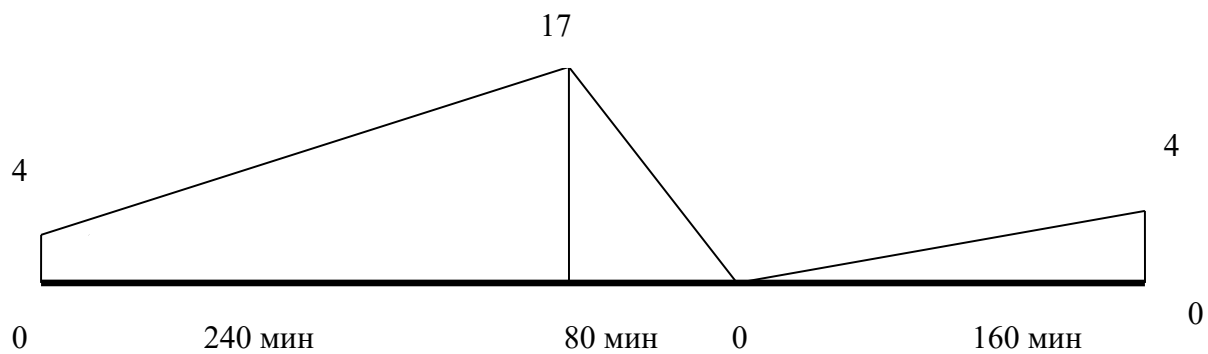
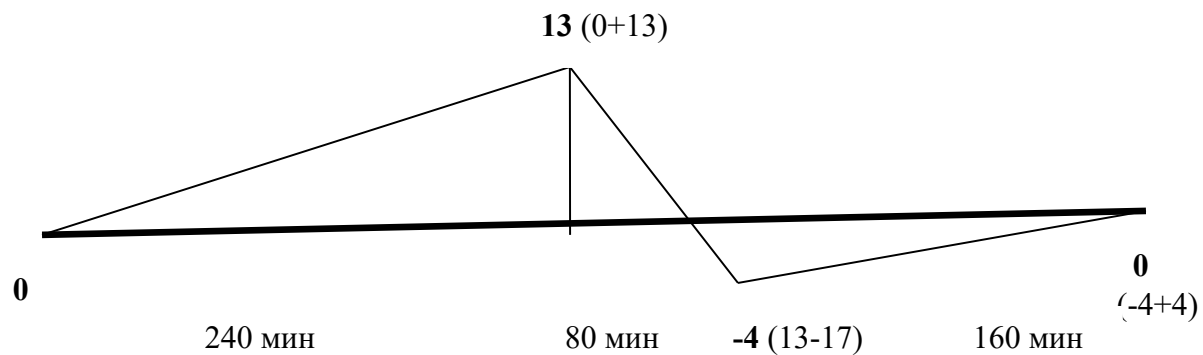
$$Z_{i,i+1} = \frac{T_j \times C_i}{t_i} - \frac{T_j \times C_{i+1}}{t_{i+1}}$$



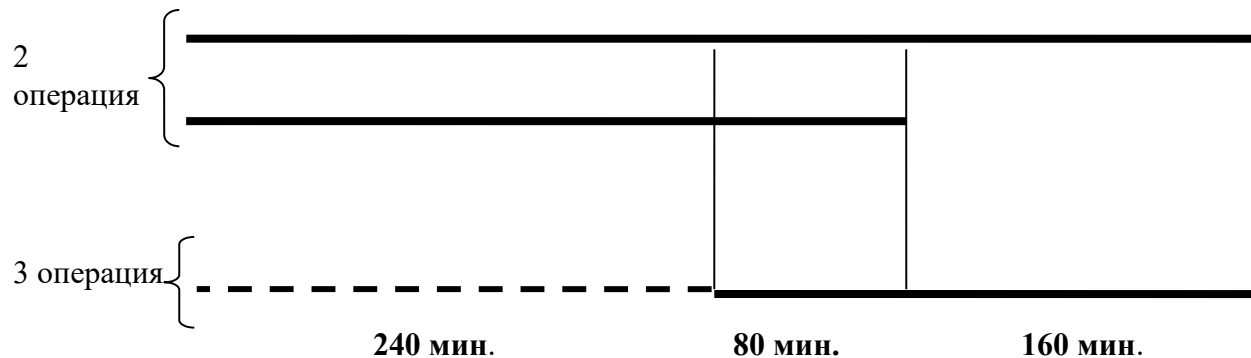
$$Z_{1.2}^I = \frac{240 \times 2}{3.6} - \frac{240 \times 2}{4.0} = +13,3(+13) \text{шт.}$$

$$Z_{1.2}^{II} = \frac{80 \times 1}{3.6} - \frac{80 \times 2}{4.0} = -17,8(-17) \text{шт.}$$

$$Z_{1.2}^{III} = \frac{160 \times 1}{3.6} - \frac{160 \times 1}{4.0} = +4,4(+4) \text{шт.}$$



# Операции 2 и 3

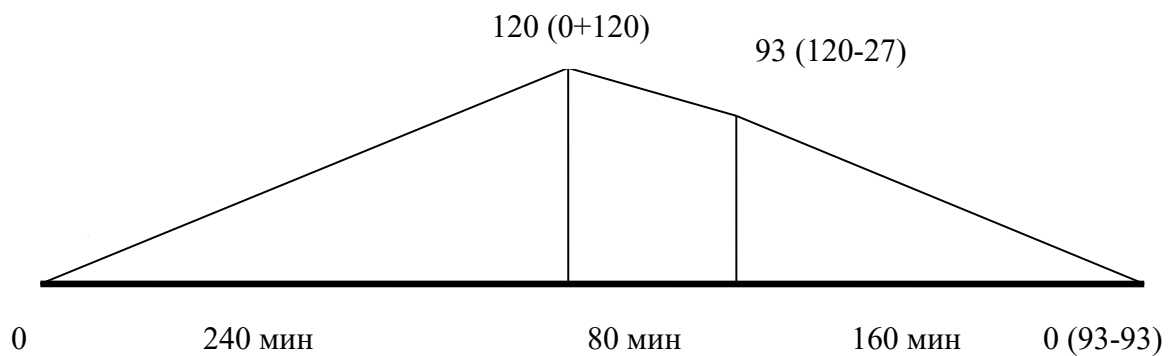


$$Z_{2.3}^I = \frac{240 \times 2}{4,0} - \frac{240 \times 0}{1,2} = +120 \text{ шт.}$$

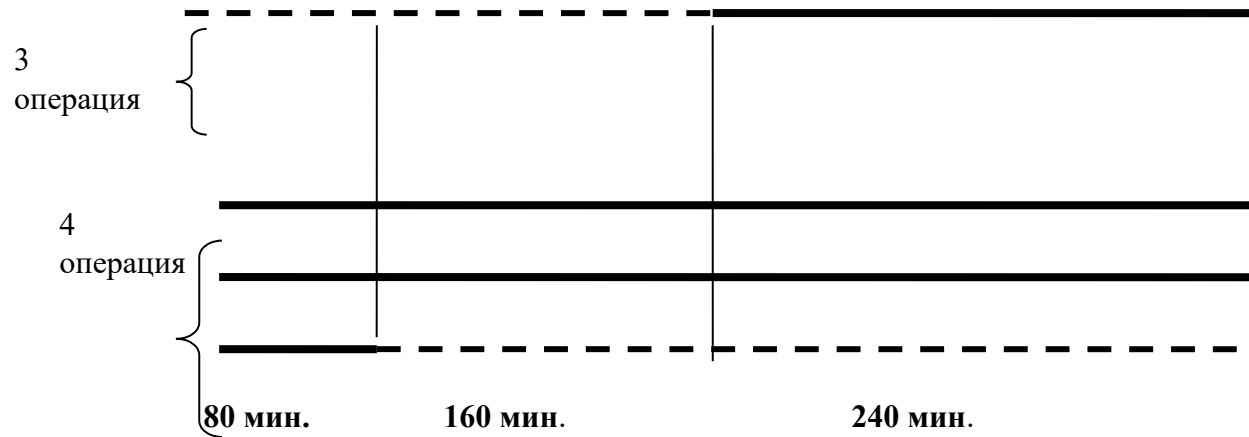
$$Z_{2.3}^{II} = \frac{80 \times 2}{4,0} - \frac{80 \times 1}{1,2} = -26,7(-27) \text{ шт.}$$

$$Z_{2.3}^{III} = \frac{160 \times 1}{4,0} - \frac{160 \times 1}{1,2} = -93,3(-93) \text{ шт.}$$

# Эпюра оборотных заделов



# Операции 3 и 4

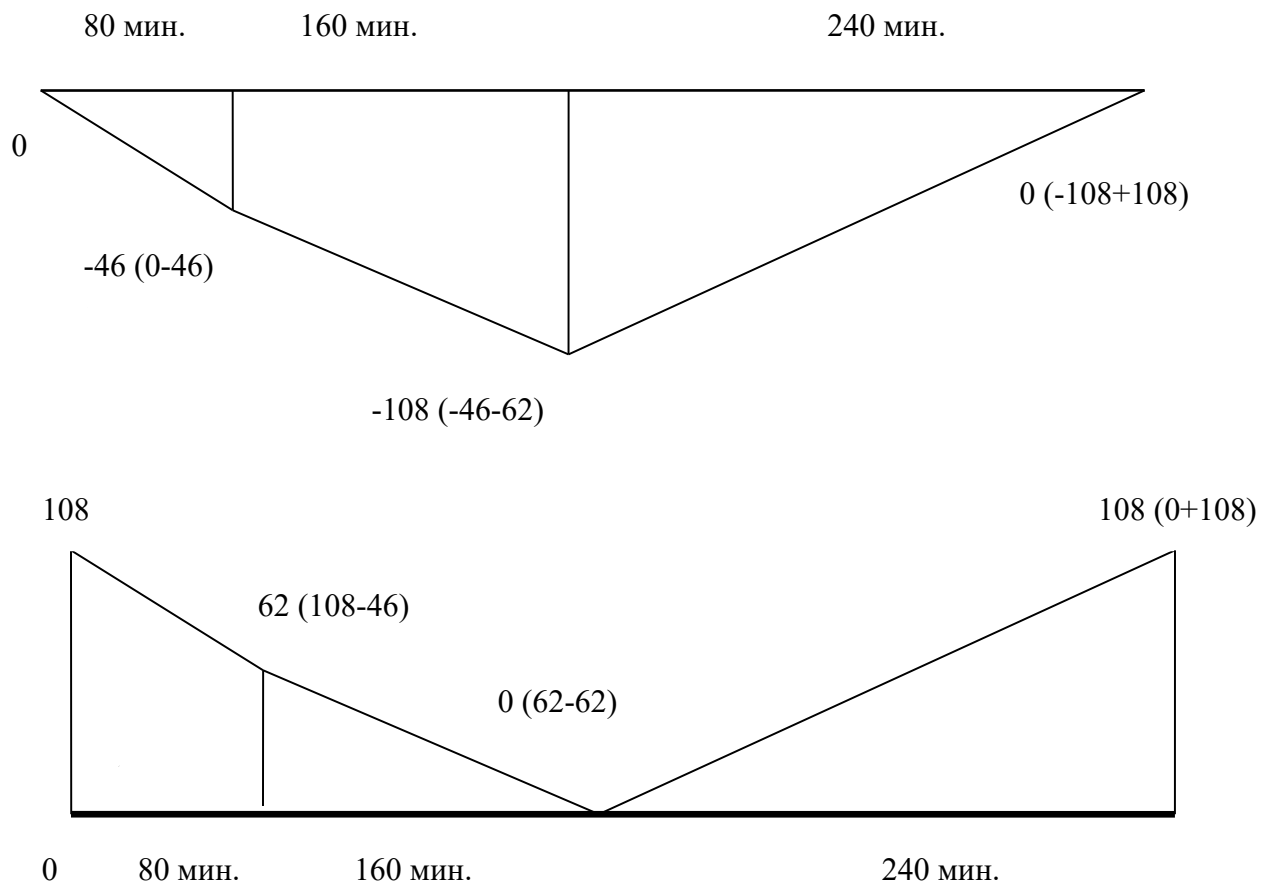


$$Z_{3,4}^I = \frac{80 \times 0}{4,0} - \frac{80 \times 3}{5,2} = -46,15(-46) \text{ шт.}$$

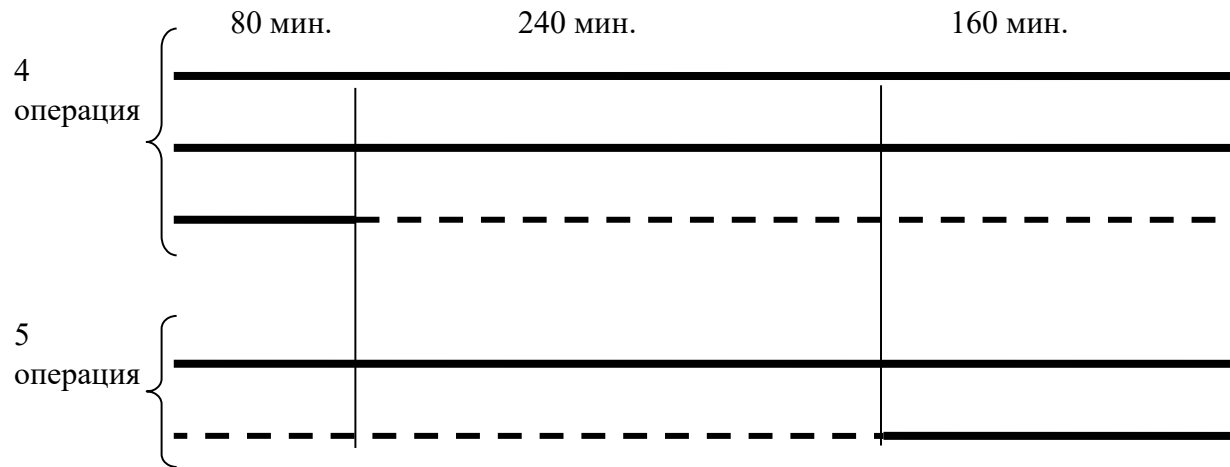
$$Z_{3,4}^{II} = \frac{160 \times 0}{1,2} - \frac{160 \times 2}{5,2} = -61,54(-62) \text{ шт.}$$

$$Z_{3,4}^{III} = \frac{240 \times 1}{1,2} - \frac{240 \times 1}{5,2} = +107,7(+108) \text{ шт.}$$

# Эпюра оборотных заделов



# Операции 4 и 5

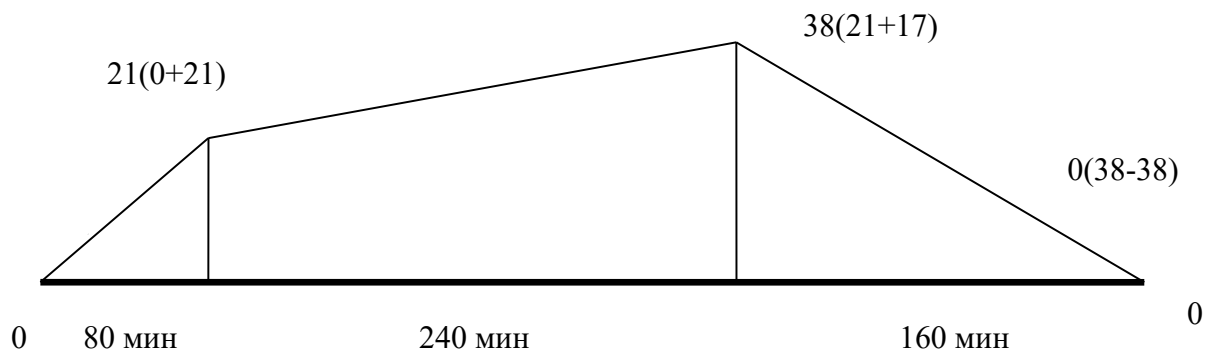


$$Z_{4,5}^I = \frac{80 \times 3}{5,2} - \frac{80 \times 1}{3,2} = +21,15(+21) \text{ шт.}$$

$$Z_{4,5}^{II} = \frac{240 \times 2}{5,2} - \frac{240 \times 1}{3,2} = +17,3(+17) \text{ шт.}$$

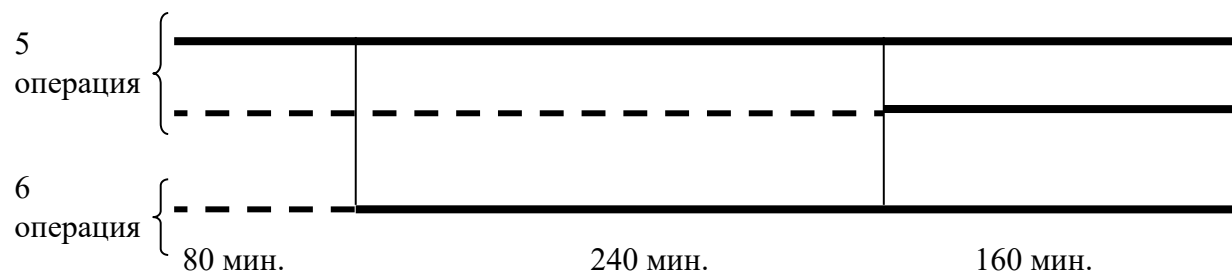
$$Z_{4,5}^{III} = \frac{160 \times 2}{5,2} - \frac{160 \times 2}{3,2} = -38,46(-38) \text{ шт.}$$

# Эпюра оборотных заделов





# Операции 5 и 6

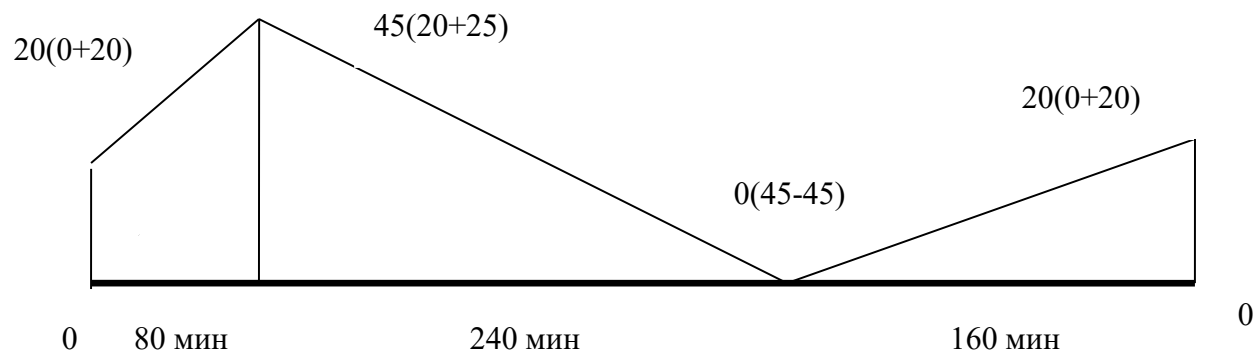


$$Z_{5,6}^I = \frac{80 \times 1}{3,2} - \frac{80 \times 0}{2,0} = +25 \text{шт.}$$

$$Z_{5,6}^{II} = \frac{240 \times 1}{3,2} - \frac{240 \times 2}{2,0} = -45 \text{шт.}$$

$$Z_{5,6}^{III} = \frac{160 \times 2}{3,2} - \frac{160 \times 1}{2,0} = +20 \text{шт.}$$

# Эпюра оборотных заделов



# Расчет вклада в НЗП, обусловленного режимом работы линии

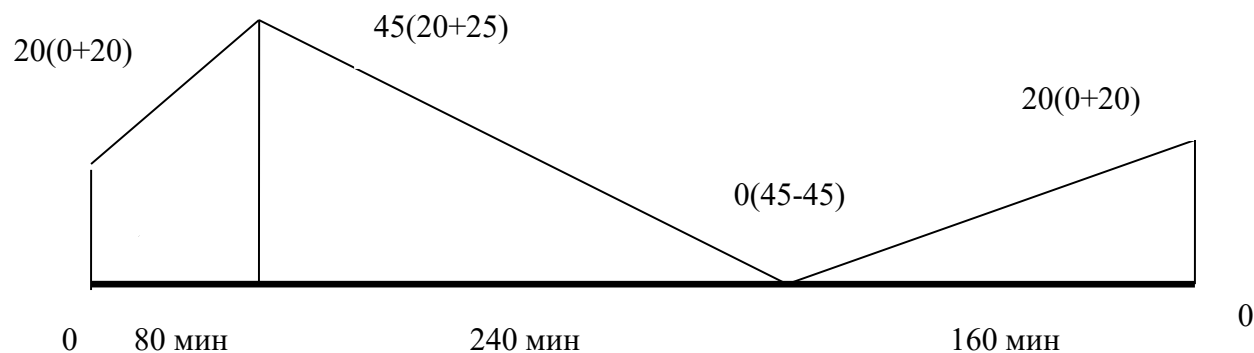
Размер той части незавершенного производства, которое обусловлено существованием межоперационных оборотных заделов, рассчитывается в натуральном измерении по средневзвешенный задел по всем операциям линии за период работы линии (период комплектования):

$$Z_{CP.} = \frac{\sum_1^m S_i}{T_{КОМПЛ.}}$$

$\sum_1^m S_i$  - суммарная площадь всех эпюр заделов линии, шт. × мин.

$T_{КОМПЛ.}$  - период комплектования заделов (480 мин).

# Расчет средневзвешенного задела операций 5-6



$$S_{5-6} = \frac{20+45}{2} \times 80 + \frac{45}{2} \times 240 + \frac{20}{2} \times 160 = 9600 \text{ шт.} \times \text{мин.}$$

$$Z_{5-6} = \frac{9600}{480} = 20 \text{ шт.}$$