

Типовая задача №1

1. Построить графики технологических циклов производственного процесса при последовательном, параллельно-последовательном и параллельном движении партии деталей.
2. Проверить правильность построения аналитическим методом.
3. Определить длительность цикла.

Исходные данные

n – количество деталей в партии, $n = 800$ шт.;

p – размер передаточной партии, $p = 200$ шт.

Норма времени и количество рабочих мест приведена в таблице:

Номер операции	1	2	3	4	5	6	7
Норма времени на операцию, t_{um} , мин	3,0	6,8	2,0	3,6	8,0	1,8	1,1
Количество рабочих мест, C	1	2	1	1	2	1	1

t_{mn} – среднее межоперационное время на операцию, $t_{mn} = 60$ мин.

Работы проводятся в 2 смены.

$t_{есм}$ – время естественных операций, $t_{есм} = 0$.

$t_{см}$ – длительность смены, $t_{см} = 8$ ч.

1. Последовательный вид движения

При последовательном виде движения вся изготавливаемая партия передаётся на последующую операцию после того, как будут выполнены работы на данной операции в отношении всей изготавливаемой партии (рис. 2.5).

Проверка аналитическим расчётом:

$$T_{yn} = n \sum_{i=1}^m t_i / C_i, \text{ мин.}$$

$$T_{yn} = 800 \cdot (3,0/1 + 6,8/2 + 2,0/1 + 3,6/1 + 8,0/2 + 1,8/1 + 1,1/1) = 15120 \text{ мин.}$$

Последовательный вид движения применяется в мелкосерийном и единичном производстве.

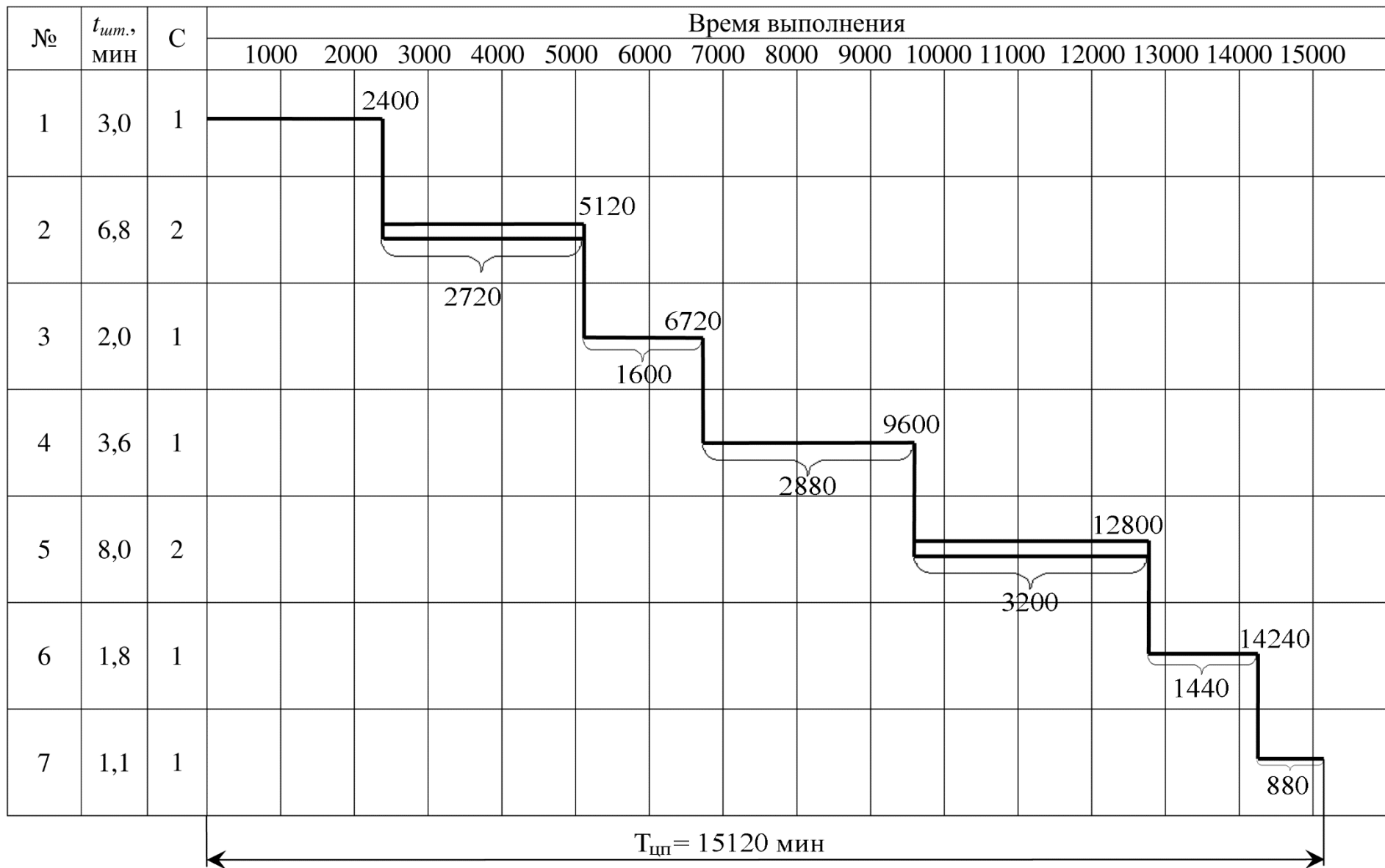


Рисунок 2.5 – Последовательный вид движения

2. Параллельно-последовательный вид движения

При параллельно-последовательном виде движения вся изготавливаемая партия делится на передаточные партии (транспортные пачки). Изделия, входящие в передаточную партию передаются на следующую операцию сразу по окончании выполнения работ в отношении изделий, входящих в эту партию.

Последующая операция начинается с таким расчётом, чтобы она выполнялась непрерывно в отношении всей изготавливаемой партии (рис. 2.6).

Проверка аналитическим расчётом:

$$T_{\text{цпн}} = T_{\text{цп}} - (n - p)(t_{\text{шт}}/C)_{\text{кор}} = n \sum_{i=1}^m t_{\text{шт}}/C - (n - p)(t_{\text{шт}}/C)_{\text{кор}}$$
$$T_{\text{цпн}} = 15120 - (800 - 200)(3,0/1 + 2/1 + 2/1 + 3,6/1 + 1,8/1 + 1,1/1) =$$
$$= 15120 - 600 \cdot 13,5 = 15120 - 8100 = 7020 \text{ мин},$$

где $(t_{\text{шт}}/C)_{\text{кор}}$ – индекс, соответствующий операции с более коротким циклом. Следовательно, это соотношение имеет место для каждой пары смежных операционных циклов.

Параллельно-последовательный вид имеет более короткий цикл, но приводит к увеличению числа учётно-плановых единиц, к более высокому плану работы транспортных средств. Его целесообразно применять при больших партиях и большой трудоёмкости изготовления изделий, что свойственно крупносерийному производству.

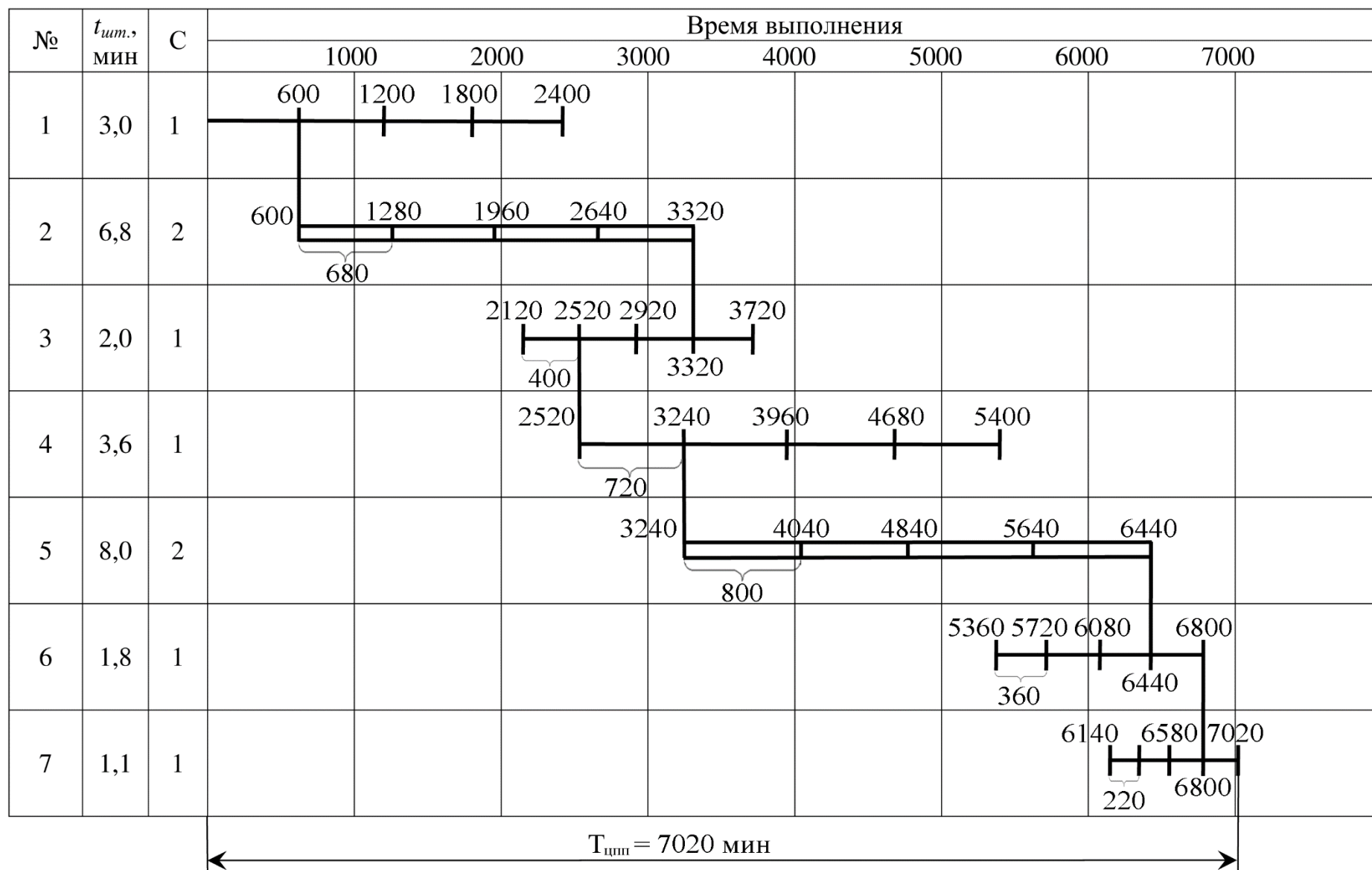


Рисунок 2.6 – Параллельно-последовательный вид движения

3. Параллельный вид движения

При параллельном виде движения детали передаются передаточными партиями, причём последующая операция выполняется сразу же по мере поступления этих передаточных партий (рис. 2.7).

При построении:

1) строится график сначала первой передаточной партии $p = 200$ шт. до пятой операции (самой длинной: $t = 8$ мин);

2) далее по пятой операции строится график по всей передаточной партии $p = 200$ шт. до 5600 мин. и вниз по четвёртой передаточной партии;

3) далее в 5600 мин. строится по четвёртой передаточной партии навёрх, потом по третьей, второй и первой передаточной партии.

Проверка аналитическим расчётом:

$$T_{цпар} = n \sum_{i=1}^m t_{ум} / C + (n - p) \cdot (t_{он} / C)_{\text{дл}}, \text{ мин}$$

$$T_{цпар} = 200 \cdot (3/1 + 6,8/2 + 2/1 + 3,6/1 + 8/2 + 1,8/1 + 1,1/1) + (800 - 200) \cdot 8/2 = 6180 \text{ мин},$$

где $(t_{он} / C)_{\text{дл}}$ – среднее время выполнения наибольшей по длительности операции цикла.

При параллельном виде движения происходит простой оборудования.

4. Расчёт длительности цикла в календарных днях

$$T_{ц} = \frac{t_{он.ц} + t_n \cdot m}{t_{см} \cdot z_{см} \cdot k_p} + 1/24 t_{есм},$$

где $t_{см}$ – длительность смены, $t_{см} = 8$ ч;

$z_{см}$ – количество смен, $z_{см} = 2$;

k_p – коэффициент, учитывающий количество рабочих дней в году,

$$k_p = \frac{n_p}{n_k} = \frac{258}{365} = 0,71.$$

$t_{он.ц}$ – операционное время цикла (из графика), $t_{он.ц} = 15120$ мин.;

t_n – среднее межоперационное время, $t_n = 60$ мин.;

m – количество операций, $m = 7$;

$t_{есм}$ – время естественных перерывов, $t_{есм} = 0$.

$$T_{ц} = \frac{15120 + 60 \cdot 7}{8 \cdot 60 \cdot 2 \cdot 0,71} = 22,3 \text{ дня}.$$

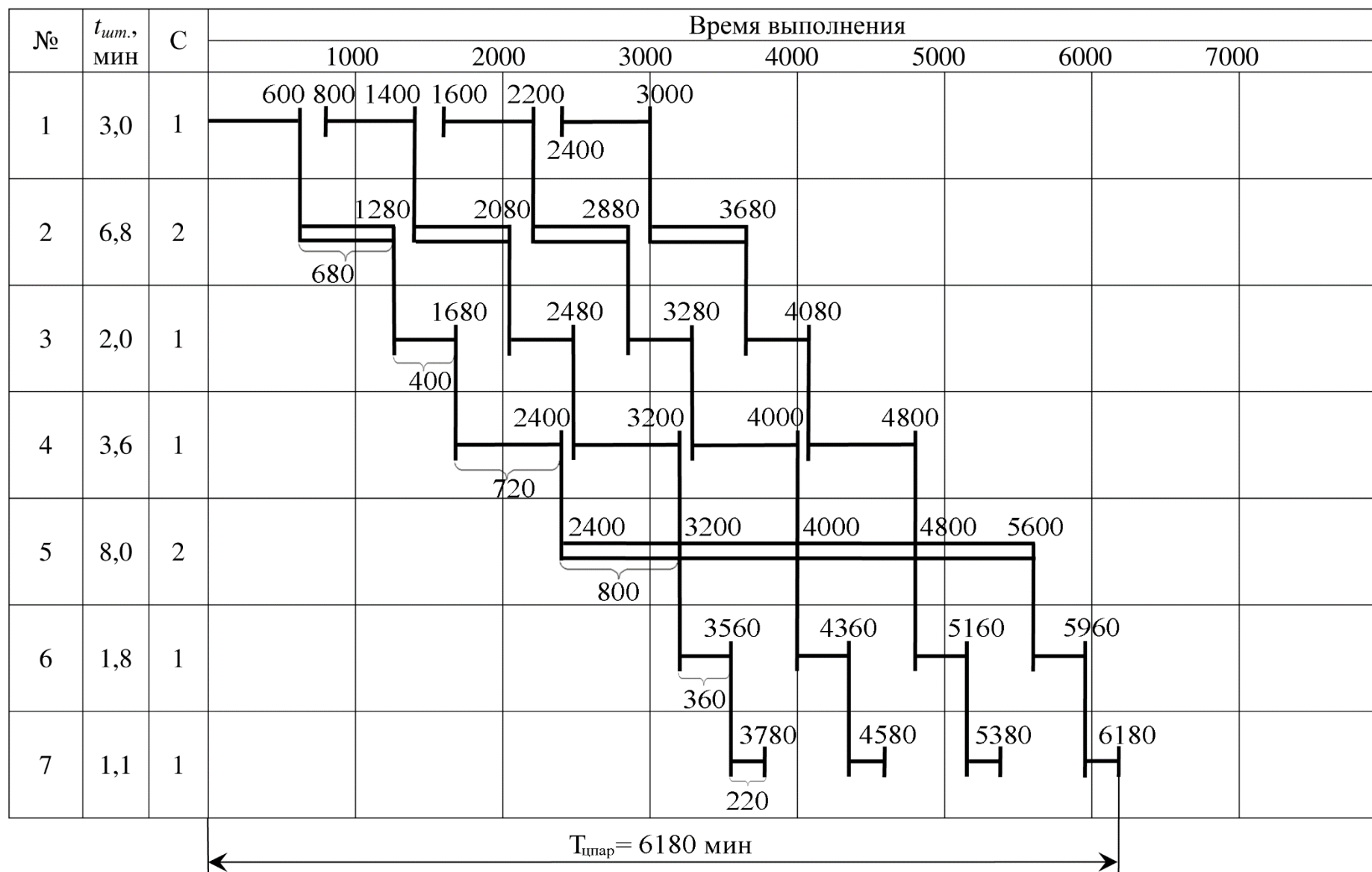


Рисунок 2.7 – Параллельный вид движения

Исходные данные к типовой задаче №1

№ П/П	n, шт.	p, шт.	Норма времени на операцию t_{um} , мин. / количество рабочих мест C						
			1	2	3	4	5	6	7
1	500	100	8,0/2	3,0/1	1,8/1	9,2/2	2,4/1	4,1/1	5,0/1
2	400	100	3,2/1	9,4/2	4,0/1	1,5/1	14,4/2	2,8/1	3,6/1
3	600	150	4,8/1	2,2/1	10,4/2	1,8/1	3,0/1	6,8/2	4,2/1
4	750	150	2,6/1	3,5/1	3,3/1	12,4/2	4,9/1	2,0/1	8,8/2
5	800	200	7,6/2	4,5/1	5,2/1	2,5/1	9,8/2	1,9/1	3,4/1
6	900	180	3,6/1	7,2/2	2,3/1	3,0/1	4,5/1	12,2/2	4,2/1
7	1000	200	1,7/1	3,9/1	12,6/2	2,7/1	5,3/1	4,4/1	8,6/2
8	1000	250	7,8/2	4,2/1	6,0/1	10,8/2	3,5/1	2,2/1	3,0/1
9	400	80	4,4/1	7,0/2	3,0/1	2,5/1	10,6/2	1,6/1	2,9/1
10	1400	280	3,2/1	5,1/1	11,2/2	3,3/1	4,2/1	8,4/2	3,3/1
11	1200	300	3,6/1	2,2/1	1,8/1	8,2/2	4,2/1	2,8/1	11,4/2
12	1200	240	9,0/2	2,6/1	4,2/1	4,8/1	10,2/2	3,4/1	1,8/1
13	1400	350	2,4/1	9,6/2	3,6/1	3,0/1	2,2/1	11,0/2	4,1/1
14	1100	275	4,0/1	3,8/1	12,0/2	2,3/1	1,5/1	5,2/1	14,6/2
15	1100	220	14,8/2	4,4/1	2,6/1	10,0/2	3,8/1	2,4/1	3,0/1
16	1300	325	3,6/1	6,6/2	2,0/1	4,3/1	10,4/2	3,7/1	2,9/1
17	1300	260	5,2/1	3,6/1	9,2/2	3,0/1	2,2/1	8,6/2	4,3/1
18	1500	300	3,8/1	2,5/1	4,2/1	11,6/2	3,1/1	1,8/1	9,4/2
19	1500	375	10,0/2	4,6/1	2,4/1	3,3/1	8,8/2	3,9/1	4,2/1
20	1600	400	4,5/1	12,4/2	3,8/1	2,6/1	3,7/1	9,2/8	3,5/1
21	1600	320	2,0/1	3,3/1	8,6/2	4,8/1	3,8/1	2,9/1	10,8/2
22	1700	340	11,6/2	5,0/1	4,1/1	7,8/2	3,5/1	2,5/1	3,8/1
23	1700	425	3,3/1	8,4/2	2,1/1	5,2/1	13,2/2	3,8/1	1,8/1
24	1800	450	4,1/1	3,7/1	13,4/2	4,7/1	2,9/1	7,6/2	3,0/1
25	1800	360	1,9/1	2,7/1	3,5/1	8,2/2	2,2/1	3,0/1	13,6/2
26	1900	380	13,0/2	4,0/1	4,5/1	3,2/1	8,0/2	3,5/1	2,2/1
27	1900	475	2,8/1	10,2/2	5,0/1	4,1/1	3,2/1	13,2/2	1,9/1
28	2000	400	4,2/1	2,0/1	7,8/2	3,8/1	2,7/1	5,2/1	12,4/2
29	2000	500	12,2/2	3,0/1	2,6/1	9,6/2	2,0/1	1,8/1	3,8/1
30	500	125	3,7/1	9,8/2	4,2/1	4,8/1	14,0/2	2,6/1	2,2/1

t_{mn} – среднее межоперационное время на операцию, $t_{mn} = 60$ мин.

Работы проводятся в 2 смены.

$t_{ест}$ – время естественных операций, $t_{ест} = 0$.

$t_{см}$ – длительность смены, $t_{см} = 8$ ч.;

Количество рабочих дней в году $n_p = 258$.

Типовая задача №5

На прерывисто-поточной линии обрабатывается картер двигателя автомобиля. Участок работает в 2 смены. Суточная программа $N = 184$ шт. Комплектование заделов производится 2 раза в смену, т.е. ритм работы $R = 480/2 = 240$ мин.

Требуется:

1. Произвести расчёт:
 - такта поточной линии;
 - количества рабочих мест;
 - количества рабочих на линии.
2. Составить план-график работы оборудования и рабочих.
3. Рассчитать межоперационные заделы и построить график их передвижения.

Перечень операций, необходимого оборудования, штучное время и разряд работы приведены в таблице 9.3:

Таблица 9.3 – Исходные данные

№ операции	Название операции	Оборудование	$t_{шт}$, мин	Разряд работы
1	Сверление отверстия в плоскости под опорный ролик	Радиально-сверлильный станок	2,9	3
2	Фрезерование торца с внутренней стороны	Горизонтально-фрезерный станок	2,3	3
3	Сверление отверстия до пересечения с литым каналом	Вертикально-сверлильный станок	2,7	3
4	Нарезание резьбы	Вертикально-сверлильный станок	1,7	4
5	Сверление отверстия на проход	Вертикально-сверлильный станок	2,3	3
6	Ввёртывание в картер шпильки и наворачивание гайки	Гайковёрт	1,2	2
7	Нарезание специальной резьбы	Вертикально-сверлильный станок	5,1	4
8	Зенкерование отверстия	Радиально-сверлильный станок	2,5	3

Решение:

1. Определение такта поточной линии

$$\tau_{п.л.} = \frac{T \cdot S}{N_s},$$

где $\tau_{п.л.}$ – такт поточной линии;

S – количество смен работы, $S = 2$;

T – длительность смены, $T = 480$ мин.;

N_3 – программа запуска, $N_3 = 184$ шт.

$$\tau_{н.л.} = \frac{480 \cdot 2}{184} = 5,2 \text{ мин.}$$

2. Определение количества рабочих мест по операциям, загрузке рабочих мест и возможности совмещения операций.

$$C_p = \frac{t_{ум}}{\tau_{н.л.}}.$$

Если при расчёте C_p получается число дробное, то C_p принимается целым.

Одновременно с расчётом количества рабочих мест учитывается загрузка рабочих мест, определяется количество исполнителей и устанавливается возможность совмещения операций, а также порядок совмещения.

Результаты сводятся в таблицу 9.4.

Таблица 9.4 – Количество рабочих мест по операциям, загрузке и возможности совмещения операций

№ операции	Штучное время, мин	Расчётное количество рабочих мест C_p	Принятое количество рабочих мест $C_{пр}$	Загрузка рабочих мест k_z , %	Количество рабочих	Порядок совмещения операций
1	2,9	0,56	1	56	1	1-й рабочий
2	2,3	0,44	1	44	-	1-й рабочий
3	2,7	0,52	1	52	1	2-й рабочий
4	1,7	0,33	1	33	1	3-й рабочий
5	2,3	0,44	1	44	-	3-й рабочий
6	1,2	0,23	1	23	-	3-й рабочий
7	5,1	0,98	1	98	1	4-й рабочий
8	2,5	0,48	1	48	-	2-й рабочий

3. Составление плана-графика работы оборудования и рабочих

Для составления плана-графика определяем период работы на смежных операциях при неизменном количестве работающих станков (время работы каждого рабочего на одном рабочем месте):

$$T_n = \frac{R \cdot k_z}{100}.$$

$$\left. \begin{aligned} T_{n1} &= \frac{240 \cdot 56}{100} = 134 \text{ мин.;} \\ T_{n2} &= \frac{240 \cdot 44}{100} = 106 \text{ мин.;} \\ T_{n3} &= \frac{240 \cdot 52}{100} = 125 \text{ мин.;} \\ T_{n8} &= \frac{240 \cdot 48}{100} = 115 \text{ мин.;} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} &1\text{-й рабочий} \\ &2\text{-й рабочий} \end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned} T_{n4} &= \frac{240 \cdot 33}{100} = 79 \text{ мин.}; \\ T_{n5} &= \frac{240 \cdot 44}{100} = 106 \text{ мин.}; \\ T_{n6} &= \frac{240 \cdot 23}{100} = 55 \text{ мин.}; \end{aligned} \right\} \text{ 3-й рабочий}$$

$$T_{n7} = \frac{240 \cdot 98}{100} = 240 \text{ мин.} - \text{4-й рабочий}$$

Откладываем эти данные на плане-графике (рис. 9.12).

4. Расчёт межоперационных заделов и построение графика их передвижения.

По построенному план-графику работы оборудования и рабочих рассчитываются межоперационные заделы:

$$z_{\max} = \frac{T_n \cdot C_i}{t_i} - \frac{T_n \cdot C_{i+1}}{t_{i+1}}$$

1) Операция 1-2:

$$z'_{1-2} = \frac{134 \cdot 1}{2,9} - \frac{134 \cdot 0}{2,3} = +46;$$

$$z''_{1-2} = \frac{106 \cdot 0}{2,9} - \frac{106 \cdot 1}{2,3} = -46.$$

2) Операция 2-3:

$$z'_{2-3} = \frac{125 \cdot 0}{2,3} - \frac{125 \cdot 1}{2,7} = -46;$$

$$z''_{2-3} = \frac{(134 - 125) \cdot 0}{2,3} - \frac{(134 - 125) \cdot 0}{2,7} = 0;$$

$$z'''_{2-3} = \frac{106 \cdot 1}{2,3} - \frac{106 \cdot 0}{2,7} = +46.$$

3) Операция 3-4:

$$z'_{3-4} = \frac{79 \cdot 1}{2,7} - \frac{79 \cdot 1}{1,7} = -17;$$

$$z''_{3-4} = \frac{(125 - 79) \cdot 1}{2,7} - \frac{(125 - 79) \cdot 0}{1,7} = +17;$$

$$z'''_{3-4} = \frac{115 \cdot 0}{2,7} - \frac{115 \cdot 0}{1,7} = 0.$$

4) Операция 4-5:

$$z'_{4-5} = \frac{79 \cdot 1}{1,7} - \frac{79 \cdot 0}{2,3} = +46;$$

$$z''_{4-5} = \frac{106 \cdot 0}{1,7} - \frac{106 \cdot 1}{2,3} = -46;$$

$$z'''_{4-5} = \frac{55 \cdot 0}{1,7} - \frac{55 \cdot 0}{2,3} = 0.$$

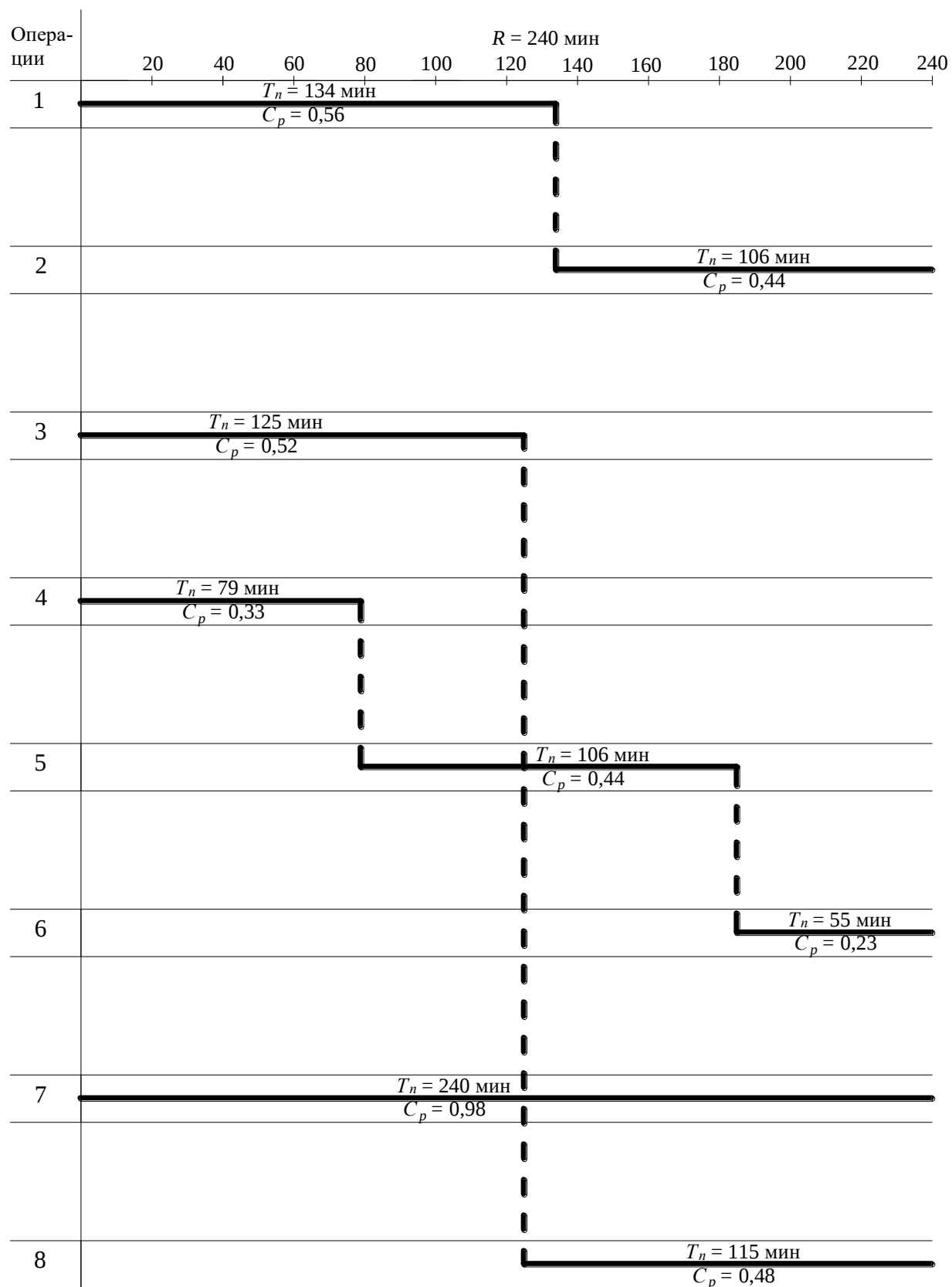


Рисунок 9.12 – План-график работы оборудования и рабочих

5) Операция 5-6:

$$z'_{5-6} = \frac{79 \cdot 0}{2,3} - \frac{79 \cdot 0}{1,2} = 0;$$

$$z''_{5-6} = \frac{106 \cdot 1}{2,3} - \frac{106 \cdot 0}{1,2} = +46;$$

$$z'''_{5-6} = \frac{55 \cdot 0}{2,3} - \frac{55 \cdot 1}{1,2} = -46.$$

6) Операция 6-7:

$$z'_{6-7} = \frac{(240 - 55) \cdot 0}{1,2} - \frac{(240 - 55) \cdot 1}{5,1} = -36;$$

$$z''_{6-7} = \frac{55 \cdot 1}{1,2} - \frac{55 \cdot 1}{5,1} = +36.$$

7) Операция 7-8:

$$z'_{7-8} = \frac{(240 - 115) \cdot 1}{5,1} - \frac{(240 - 115) \cdot 0}{2,5} = +24;$$

$$z''_{7-8} = \frac{115 \cdot 1}{5,1} - \frac{115 \cdot 1}{2,5} = -24.$$

Результаты расчётов отложим на построенном ранее плане-графике работы оборудования и рабочих в виде эпюр между соответствующими операциями. При этом задел со знаком «+» означает, что к началу периода T_{n1} задел равен 0, а за период T_n он возрастает до максимума. Задел со знаком «-» показывает, что для одновременной работы станков на смежных операциях в период T_{n2} необходимо к началу периода создать задел максимальной величины (рис. 9.13).

Исходные данные к типовой задаче приведены в табл. 9.5.

Таблица 9.5 – Исходные данные к типовой задаче №5

№ операции	№ варианта																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,6	4,9	5,2	5,5	5,8	2,6	2,3	3,1	3,4	3,1	3,7	4,0	4,3	4,6	4,9
2	2,5	2,8	3,0	3,2	3,5	3,7	3,9	4,1	4,4	4,6	2,1	1,8	2,7	2,5	2,7	2,7	2,5	3,2	3,4	2,7
3	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,3	4,6	4,9	5,1	5,4	2,4	2,2	3,5	3,2	2,9	3,5	3,5	4,0	4,3	4,5
4	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,7	2,9	3,1	3,2	3,4	1,5	1,3	2,3	1,8	2,0	2,0	2,3	2,3	2,5	2,0
5	2,5	2,8	3,0	3,2	3,5	3,7	3,9	4,1	4,4	4,6	2,1	1,8	3,4	2,7	2,5	2,9	2,5	3,4	3,6	3,9
6	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	2,4	1,1	0,9	1,9	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,8	1,4
7	5,6	6,1	6,6	7,1	7,6	8,2	8,7	9,2	9,7	10,2	4,6	4,0	8,6	6,1	5,6	6,6	7,1	7,6	8,1	8,6
8	2,8	3	3,3	3,5	3,8	4	4,3	4,5	4,8	5	2,3	2	4,5	2,7	3	3	2,7	3,5	3,7	3
Суточная программа	160	170	180	190	200	210	220	230	155	165	175	185	195	205	215	225	170	180	190	200

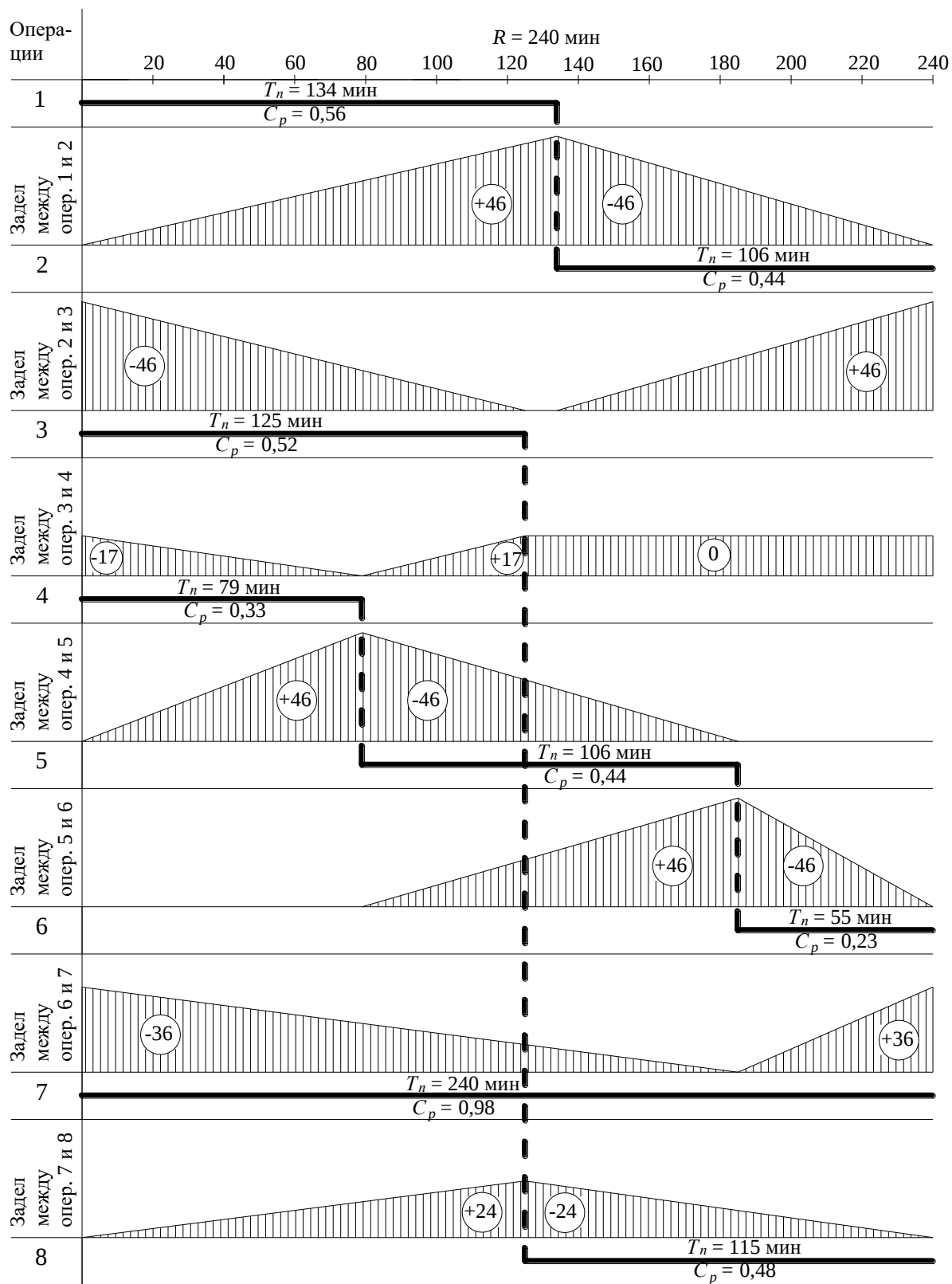


Рисунок 9.13 – График передвижения межоперационных заделов