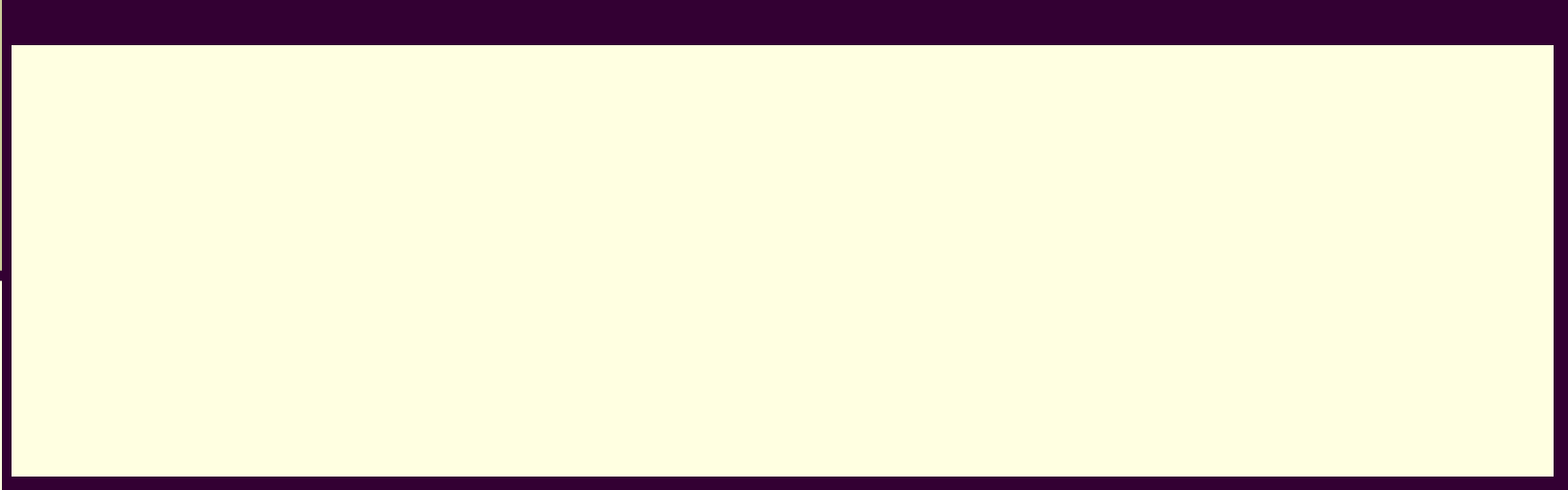


Традиционная и логистическая
организация производственного
процесса во времени



Традиционное представление об организации производственного процесса во времени

Основными календарно-плановыми нормативами организации производственного процесса во времени являются :

- длительность производственного цикла детали;
- нормативный размер партии деталей;
- длительность производственного цикла выполнения заказа и опережения между стадиями производства при выполнении заказа.

Расчет оптимального размера партии деталей

Критерием оптимального размера партии, как правило, является :

- минимум совокупных затрат на переналадку оборудования и на связывание средств в незавершенном производстве;
- стойкость специального инструмента, выраженная через количество деталей;
- наличие свободных площадей для размещения партии деталей возле рабочих мест;
- дефицитность и материалоемкость детали;
- сокращение цикла изготовления комплекта деталей ;

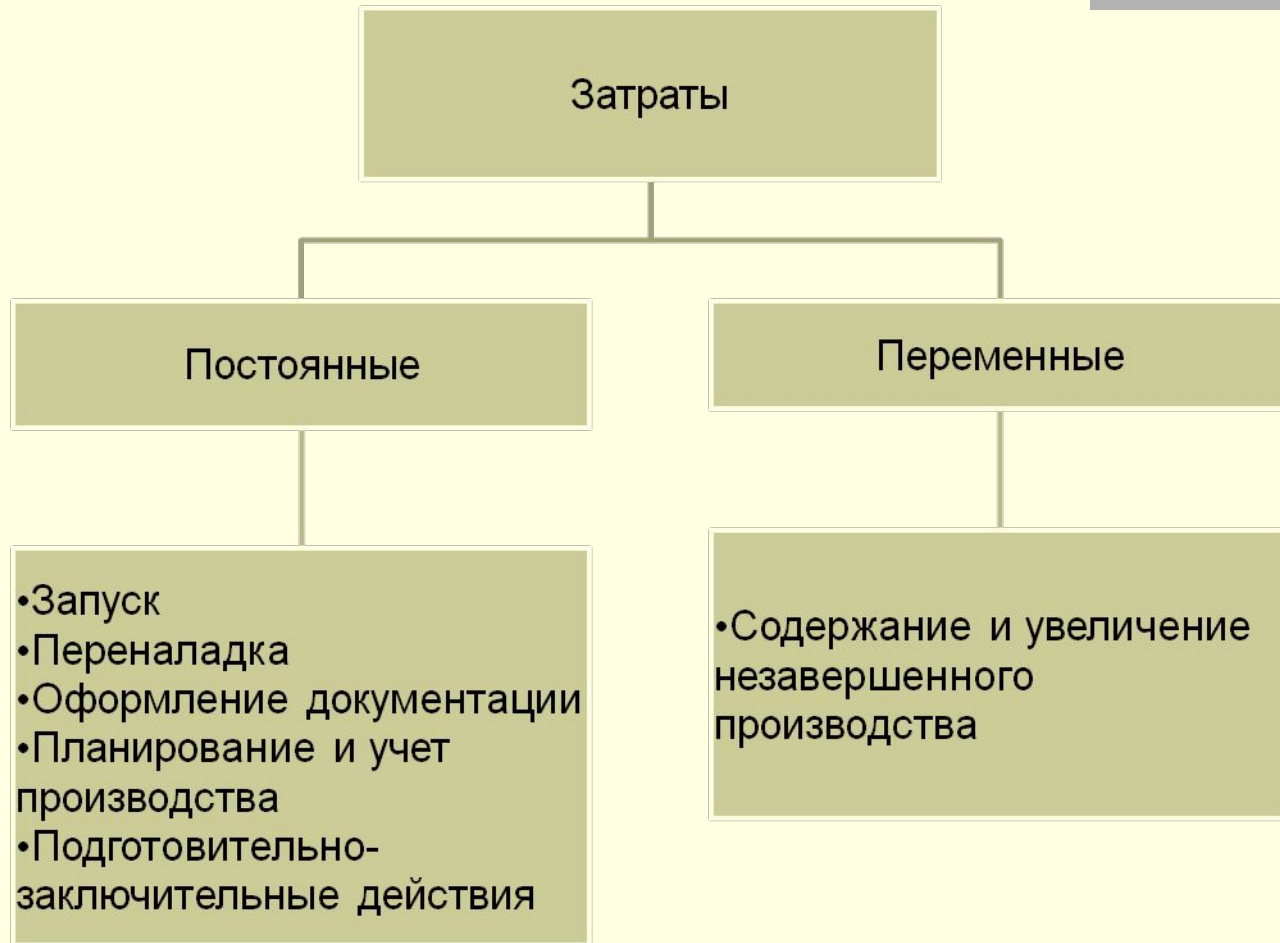
Для сокращения цикла изготовления комплекта деталей

достаточно подобрать такой размер партии деталей каждого наименования, чтобы средняя продолжительность выполнения технологических операций над этой партией деталей была бы близка средней занятости одного рабочего места выполнением одной операции :

$$n \cdot t_{\text{ср}} = \Phi_{\text{мес}} / K_{\text{з}},$$

где n — искомый размер партии деталей, шт.; $t_{\text{ср}}$ — средняя продолжительность операции над одной деталью, ч; $\Phi_{\text{мес}}$ — месячный номинальный фонд работы участка, ч; $K_{\text{з}}$ — среднее число операций, которое ежемесячно закрепляется за одним рабочим местом.

Категории затрат на изготовление партии деталей



Экономически целесообразный размер партии ($n_{\text{опт}}$), минимизирующий удельную величину этих затрат и потерь :

$$n_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{2C_{\text{зап}} \cdot N}{C_{\text{изг}} \cdot \eta}}$$

где

$C_{\text{зап}}$ — затраты по запуску партии деталей в обработку, руб.;

$C_{\text{изг}}$ - затраты по изготовлению одной детали (материалы, зарплата и другие затраты цеховой себестоимости), руб.;

N — количество деталей, которые надо изготовить согласно программе на плановый период, шт.;

η — коэффициент потерь от связывания средств в незавершенном производстве, он равен норме прибыли на капитал или ставке рефинансирования банка России.

Минимально допустимый размер партии деталей определяется двумя способами

1. $t_{пз} \geq 20$ мин,
$$n_{min} = t_{пз} / (t_{ш} * \alpha)$$

2. $t_{пз} < 20$ мин,
$$n_{min} = T_{см} / t_{ш} = 480 / t_{ш},$$

где

α — допустимый удельный вес времени на наладку оборудования в продолжительности смены, исходя из оптимального размера партии;

$t_{ш}$ — норма штучного времени;

$t_{пз}$ — время на наладку.

Примерный размер партии деталей определяется по формуле :

$$n_{\text{пр}} = \frac{\Phi_{\text{мес}}}{[K_3 * t_{\text{шс}} (1+\alpha)]},$$
$$K_3 = \sum \Pi_0 / P_{\text{я}}$$

где

$\Phi_{\text{мес}}$ — месячный номинальный фонд времени
работы участка, мин;

$t_{\text{шс}}$ — норма штучного времени, приходящаяся в
среднем на выполнение одной операции
рассматриваемой детали;

Π_0 — суммарное число различных операций,
выполненных на участке за месяц;

$P_{\text{я}}$ — явочное число рабочих участка, работавших в
рассматриваемый месяц.

Нормативный размер партии деталей n_n
должен быть не меньше n_{\min} и $n_{\text{пр}}$ т.е.

$$n \geq \max [n_{\min}, n_{\text{пр}}].$$

Статическое представление об экономически целесообразном размере партии не учитывает основных конкретных условий производства, от которых на самом деле зависит рациональный размер партии, деталей.

Расчет длительности производственного цикла выполнения заказа

- Длительность цикла сборки ($T_{цс}$) складывается из длительности цикла генеральной сборки ($T_{цгс}$) и из максимальной длительности цикла сборки сборочной единицы ($T_{цсе}$). Длительности циклов генеральной сборки и сборки узлов определяются как суммы циклов отдельных операций ($T_{со}$) соответственно генеральной сборке и сборке узлов.

$$T_{co} = t_o / (c \cdot K_v \cdot q) + t_{mo} / sq + t_{nz} / 60sq + t_e / sq$$

- где
- t_o — нормативная трудоемкость сборочной операции, час;
- C — количество рабочих, занятых на данной сборочной операции;
- q — длительность рабочей смены, час;
- K_v — коэффициент выполнения норм.
- s — число рабочих смен в сутках;
- 60 — коэффициент перевода минут в часы;
- t_{mo} — межоперационное время пролёживания партии деталей, час.;
- t_e — продолжительность естественных процессов, дней.

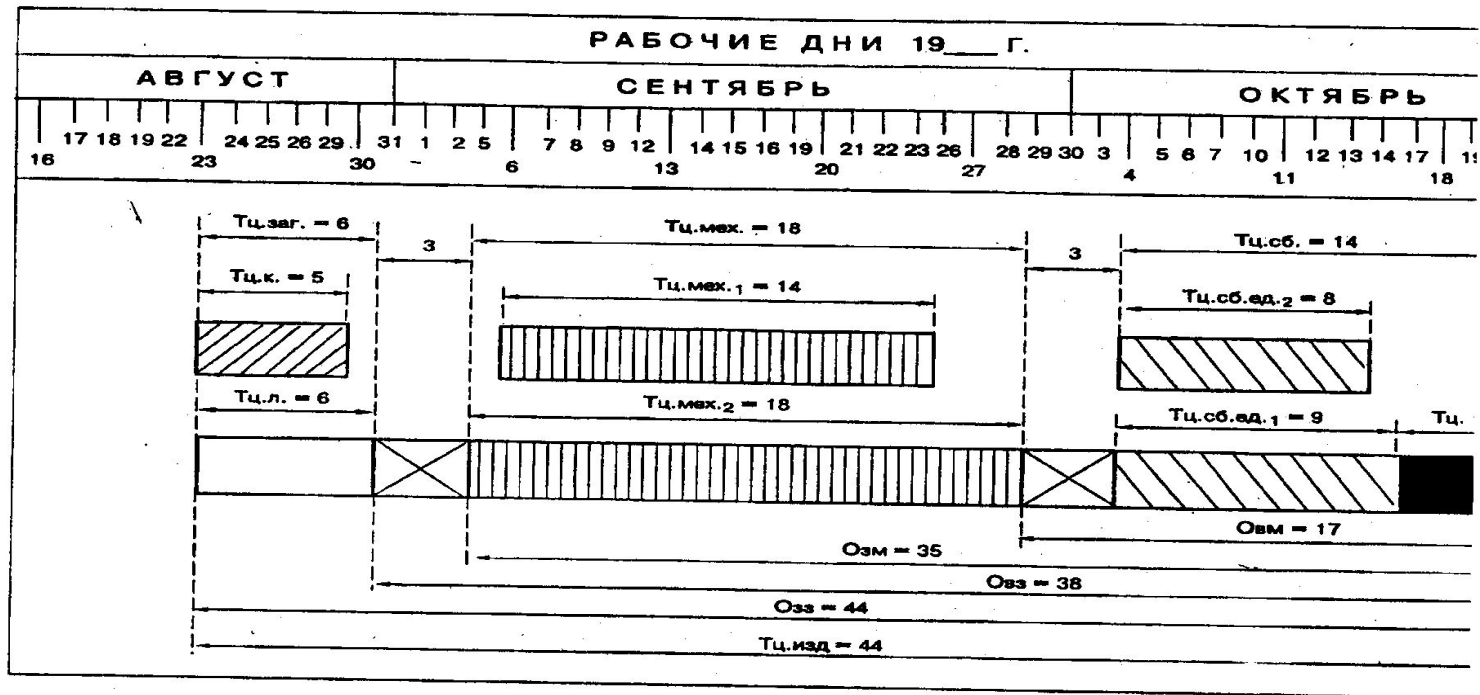
Производственный цикл изготовления изделия ($T_{ци}$) включает

- длительность цикла изготовления заготовок ($T_{цз}$),
- длительность цикла механической обработки ($T_{цм}$)б
- длительность цикла сборки ($T_{цс}$).

$$T_{ци} = T_{цз} + T_{цм} + T_{цс} + (m-1) \cdot t_{мц},$$

где m — количество стадий в производстве;
 $t_{мц}$ — время межцеховых перерывов
(обычно $t_{мц} = 3-5$ суток).

Цикловой график изготовления изделия «А»



Длительности циклов частей производственного процесса изготовления изделия «А»:

■ – генеральной сборки (Тц.); ▨ – сборки сборочных единиц (Тц.сб.ед.); ▤ – механообработки деталей в ц (Тц.мех.); □ – изготовления отливок (Тц.л.); ▩ – свободнойковки заготовок (Тц.к.); ⊠ – межцеховые перерыв

Опережения запуска: Озз – в заготовительные цехи; Озм – в механические цехи.

Опережения выпуска: Овз – заготовительными цехами; Овм – механическими цехами.

Рис. 5.1. Цикловой график изготовления изделия «А»

Опережение выпуска

- промежуток времени между выпуском из сборочного цеха готового изделия и выпуском из соответствующего цеха заготовок, деталей или сборочных единиц, предназначенных для сборки данного изделия.

Опережения запуска

-сроки между выпуском изделия в сборочном цехе и запуском заготовок, деталей этого изделия в соответствующих цехах.

Сводный цикловой график выполнения заказов и объемно-календарные расчеты хода производства

- На основе цикловых графиков по отдельным заказам осуществляется построение сводного циклового графика запуска-выпуска всех изделий.
- Составление сводного графика сопровождается проверочными расчетами загрузки сборочных площадей и загрузки различных групп оборудования.

График запуска-выпуска изделий

График запуска-выпуска изделий

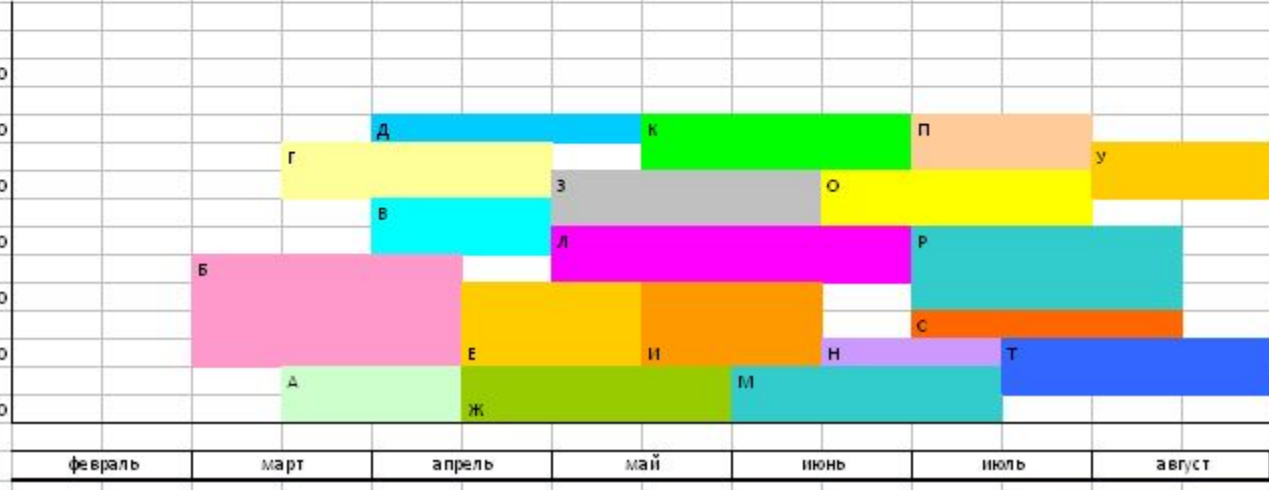
№ п/п	Изделие	Сроки сдачи	Длительность		Количество изделий	I квартал		II квартал			III квартал	
			мех.обработки	сборки		февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август
1	А	15.апр	0,5	1	1							
2	Б	15.апр	1	1,5	1							
3	В	30.апр	0,5	1	1							
4	Г	30.апр	1	1,5	1							
5	Д	15.май	1	1,5	1							
6	Е	15.май	0,5	1	1							
7	Ж	30.май	1,5	1,5	1							
8	З	15.июн	1	1,5	1							
9	И	15.июн	1	1	1							
10	К	30.июн	1,5	1,5	1							
11	Л	30.июн	1,5	2	1							
12	М	15.июл	1,5	1,5	1							
13	Н	15.июл	1,5	1	1							
14	О	31.июл	1,5	1,5	1							
15	П	31.июл	1,5	1	1							
16	Р	15.авг	1	1,5	1							
17	С	15.авг	1	1,5	1							
18	Т	31.авг	2	1,5	1							
19	У	31.авг	1	1	1							

- Объемно-календарные расчеты следует начинать со сборочных цехов, где ~~использование производственных~~ площадей имеет решающее значение.
- Расчет оформляется в виде графика загрузки сборочных площадей, который строится на основе сводного циклового графика.
- График строится в двух координатах: по вертикали откладываются размеры сборочных площадей в квадратных метрах, а по горизонтали — номинальный фонд времени в днях.

№ п/п	Издание	Сроки сдачи	Длительность		Количество изделий	I квартал		II квартал			III квартал	
			мех.обработка	сборки		февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август
1	А	15.апр	0,5	1	1							
2	Б	15.апр	1	1,5	1							
3	В	30.апр	0,5	1	1							
4	Г	30.апр	1	1,5	1							
5	Д	15.май	1	1,5	1							
6	Е	15.май	0,5	1	1							
7	Ж	30.май	1,5	1,5	1							
8	З	15.июн	1	1,5	1							
9	И	15.июн	1	1	1							
10	К	30.июн	1,5	1,5	1							
11	Л	30.июн	1,5	2	1							
12	М	15.июл	1,5	1,5	1							
13	Н	15.июл	1,5	1	1							
14	О	31.июл	1,5	1,5	1							
15	П	31.июл	1,5	1	1							
16	Р	15.авг	1	1,5	1							
17	С	15.авг	1	1,5	1							
18	Т	31.авг	2	1,5	1							
19	У	31.авг	1	1	1							

кв.м

600
500
400
300
200
100
0



февраль март апрель май июнь июль август

Все объемно-календарные расчеты, связанные с распределением работ во времени, применяются исходя из предположения, что трудоемкость изделия распределяется равномерно в пределах каждой стадии производства и что внутри каждой стадии структура трудоемкости изделия во времени не меняется.

Предполагаемое и реальное распределение трудоемкости механообработки комплекта деталей.

объемно-календарные расчеты (ОКМ) по принципу “средней плотности” неточны и могут привести :

- нарушениям плановых сроков выпуска продукции;
- дефициту деталей на сборке по вине самого производства;
- неполной загрузке рабочих и оборудования.

Технологическая характеристика маршрутного комплекта деталей “фланцы”

Трудоемкость работ, ч											
№ детали	общая	По операциям						По видам работ			
		токарная	Фрезерная	Сверлильная	токарная	Фрезерная	Шлифовальная	токарная	Фрезерная	Сверлильная	Шлифовальная
1	140	60		5	20	15	40	80	15	5	40
2	120	50	40				30	50	40	0	30
3	75		25				50	0	25	0	50
4	117	45		7	30	35		75	35	7	0
5	180	80		15	10	25	50	90	25	15	50
6	165		15	40	40		70	40	15	40	70
7	215	30	60	40	10	20	55	40	80	40	55
8	285	80		25		90	90	80	90	25	90
9	285	80		25		90	90	80	90	25	90
10	163	45	63				55	45	63	0	55
11	213	60	75	50			28	60	75	50	28
12	228	66		20	55	52	35	121	52	20	35
13	169		80	33		20	36	0	100	33	36
Итого	2355	596	358	260	165	347	629	761	705	260	629

Расчет количества рабочих мест по принципу “средней плотности”.

№ п/п	исходные данные	всего	по видам работ			
			токарная	Фрезерная	Сверлильная	Шлифовальная
1	Трудоемкость обработки комплекта деталей, ч	2349	761	702	257	629
2	Номинальный фонд времени работы участка в августе, ч	185	185	185	185	185
3	Сменность работы	1	1	1	1	1
4	Число рабочих мест по расчету	12,7	4,1	3,8	1,4	3,4
5	Число рабочих мест, принятых для выполнения задания	14	4	4	2	4

Для определения ведущей детали

можно воспользоваться упрощенной формулой длительности цикла обработки, при последовательном виде движения деталей.

$$T_{ц} = T/C + (K_o - 1) \cdot t_{мо}$$

где

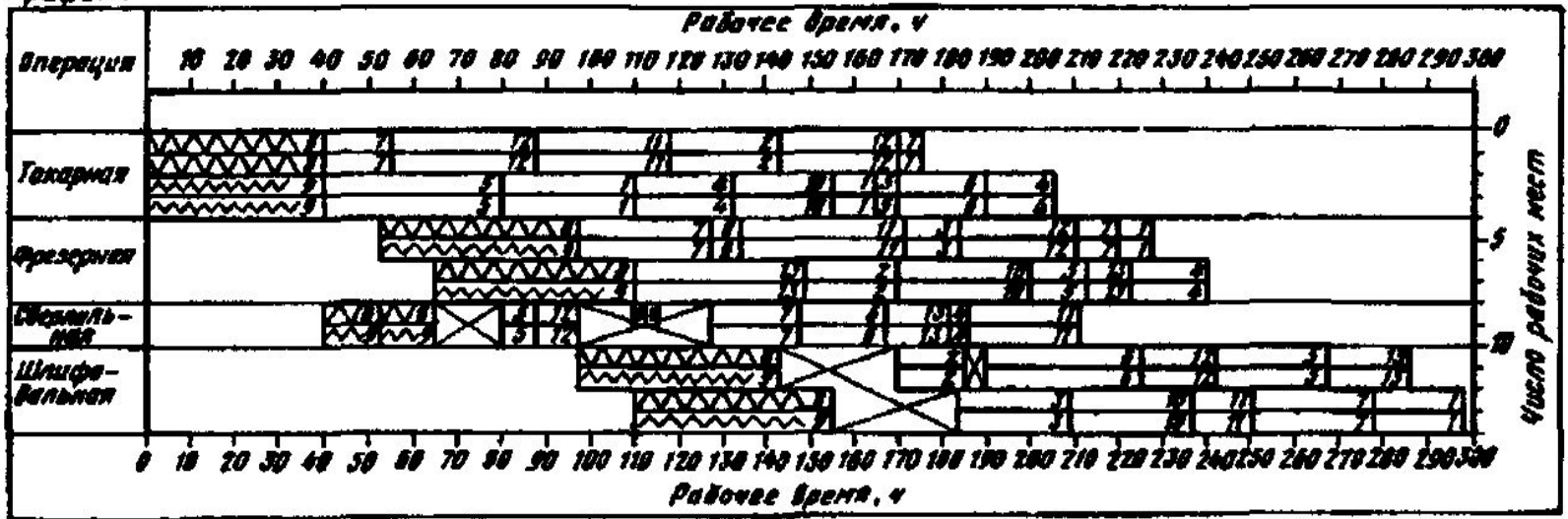
- $T_{ц}$ — длительность цикла обработки партии деталей, в часах;
- T — общая трудоемкость партии деталей, в часах;
- C — количество рабочих мест, одновременно занятых изготовлением данной партии деталей;
- K_o — количество технологических операций рассматриваемой детали;
- $t_{мо}$ — норматив межоперационных перерывов, от 0,5 до 1 смены.

Например :

$$T_{ц8,9} = 285/2 + (4 - 1) * 8 = 166,5 \text{ часа,}$$

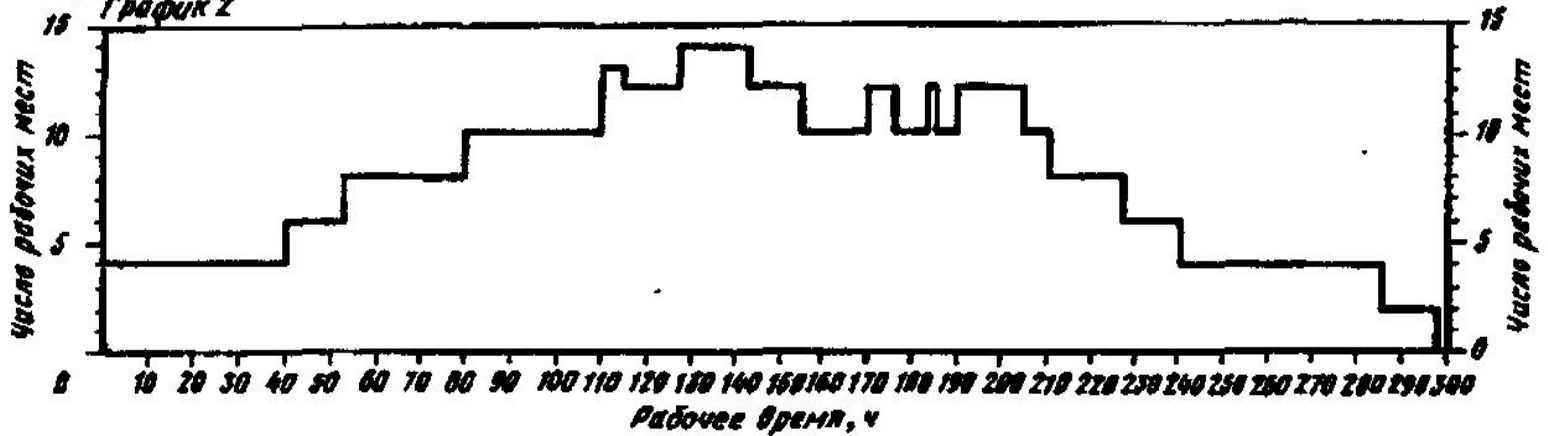
$$T_{ц7} = 215/2 + (6 - 1) * 8 = 147,5 \text{ часа.}$$

График 1



условные обозначения:  Простой рабочих  Обработка ведущих деталей

График 2



Вывод:

Объемно-календарными расчетами по принципу “средней плотности” невозможно предсказать динамику движения “узких” мест, которая диктует свои условия организаторам производства.

Ход производства должен планироваться более совершенными методами.

Такой метод планирования есть (он получил название объемно-динамического метода - ОДМ), и используется в маршрутной системе оперативного планирования непоточного производства.

Логистическая организация производственного процесса во времени

Оптимизация процесса изготовления комплекта деталей с учётом динамизма хода производства

В формуле длительности цикла изготовления партии деталей при параллельно-последовательном способе организации процесса ($T_{пп}$) произвести следующие замены:

$$T'_{nn} = n \sum_{j=1}^{K_o} \bar{t}_j - (n'-1) \sum_{j=1}^{K_o} \bar{t}_{mj}$$

-для одинакового количества рабочих мест

$$T''_{nn} = n \sum_{j=1}^{K_o} \bar{t}''_j - \sum_{j=1}^{K_o-1} (n'' - c_j) \cdot \bar{t}''_{mj}$$

- \bar{t}''_j — средний интервал времени, через который осуществляется выпуск деталей после завершения их обработки на j-ой операции частичного процесса ;
- \bar{t}''_{mj} - меньший из двух средних интервалов времени через который осуществляется передача деталей с j-ой или (j+1)-ой операций частичного процесса;
- C_j — количество рабочих мест, участвующих в обработке деталей на j-ой операции частичного процесса;
- n'' — количество наименований деталей, подлежащих изготовлению на участке в определенном плановом периоде и составляющих один комплект деталей.

- для разного количества рабочих мест.

Для устойчивости ОКК

при

$$\bar{t}_j \leq \bar{t}_{j+1}$$

опережение между началами смежных операций процесса должно составлять

$$O_{nj} = \bar{t}_j + \bar{t}_j$$

В связи с увеличением O_{nj} совокупный цикл изготовления комплекта деталей, рассчитываемый по формуле $T''_{пп}$, несколько увеличится.

Суммируя все \bar{t}_j по j -ым операциям частичного процесса, для которых $\bar{t}_j \leq \bar{t}_{j+1}$, получим $\sum \bar{t}_j = O_j$. На эту величину и надо увеличить размер цикла $T''_{пп}$, с тем чтобы расчетный совокупный цикл соответствовал протяженности реального процесса.

Пример расчета совокупного цикла изготовления комплекта деталей при параллельно-последовательном способе выполнения операций процесса

Трудоемкость работ, ч											
№ детали	общая	По операциям						По видам работ			
		токарная	Фрезерная	Сверлильная	токарная	Фрезерная	Шлифовальная	токарная	Фрезерная	Сверлильная	Шлифовальная
1	140	60		5	20	15	40	80	15	5	40
2	120	50	40				30	50	40	0	30
3	75		25				50	0	25	0	50
4	117	45		7	30	35		75	35	7	0
5	180	80		15	10	25	50	90	25	15	50
6	165		15	40	40		70	40	15	40	70
7	215	30	60	40	10	20	55	40	80	40	55
8	285	80		25		90	90	80	90	25	90
9	285	80		25		90	90	80	90	25	90
10	163	45	63				55	45	63	0	55
11	213	60	75	50			28	60	75	50	28
12	228	66		20	55	52	35	121	52	20	35
13	169		80	33		20	36	0	100	33	36
Итого	2355	596	358	260	165	347	629	761	705	260	629

где

- O_{nj} - опережение между началами смежных операций;
- ΔO_{nj} – смещение для уточнения расчетного цикла для операций у которых ;
- $O_{jрасч}$ - уточненное опережение между началами смежных операций;
- $O_{jприн}$ - принятое опережение между началами смежных операций;

- $L_j = \sum_{j=1}^{K_o} \bar{t}_j$

- $S_j = \sum_{j=1}^{K_o-1} (n' - c_j) * \bar{t}_{mj}$

$$L_j = n \sum_{j=1}^{K_o} \bar{t}_j$$

$$S_j = \sum_{j=1}^{K_o-1} (n - c_j) \cdot \bar{t}_{mj}$$

В соответствии с вышеприведенными формулами для нашего примера имеем:

$$O_{H2} = n \cdot \bar{t}'_2 - (n - C_3) \bar{t}'_3 = 13 \cdot 13,769 - (13 - 2) \cdot 10 = 69;$$

$$O_{H5} = n \cdot \bar{t}'_5 - (n - C_6) \bar{t}'_6 = 13 \cdot 13,346 - (13 - 4) \cdot 12,096 = 173,5 - 108,86 = 64,636;$$

$$T''_{nn} = n \sum_{j=1}^{K_o} \bar{t}'_j - \sum_{j=1}^{K_o-1} (n - c_j) \bar{t}'_{mj} = \sum_{j=1}^{K_o} L_j - \sum_{j=1}^{K_o-1} S_j = 953.75 - 584.33 = 369.423$$

$$T''_{nn} = \sum_{j=1}^{K_o-1} O_{Hj} + n \bar{t}'_6 = \sum_{j=1}^{K_o-1} O_{Hj} + L_6 = 212.17 + 157.25 = 369.423$$

График изготовления МКД при параллельно-последовательном способе

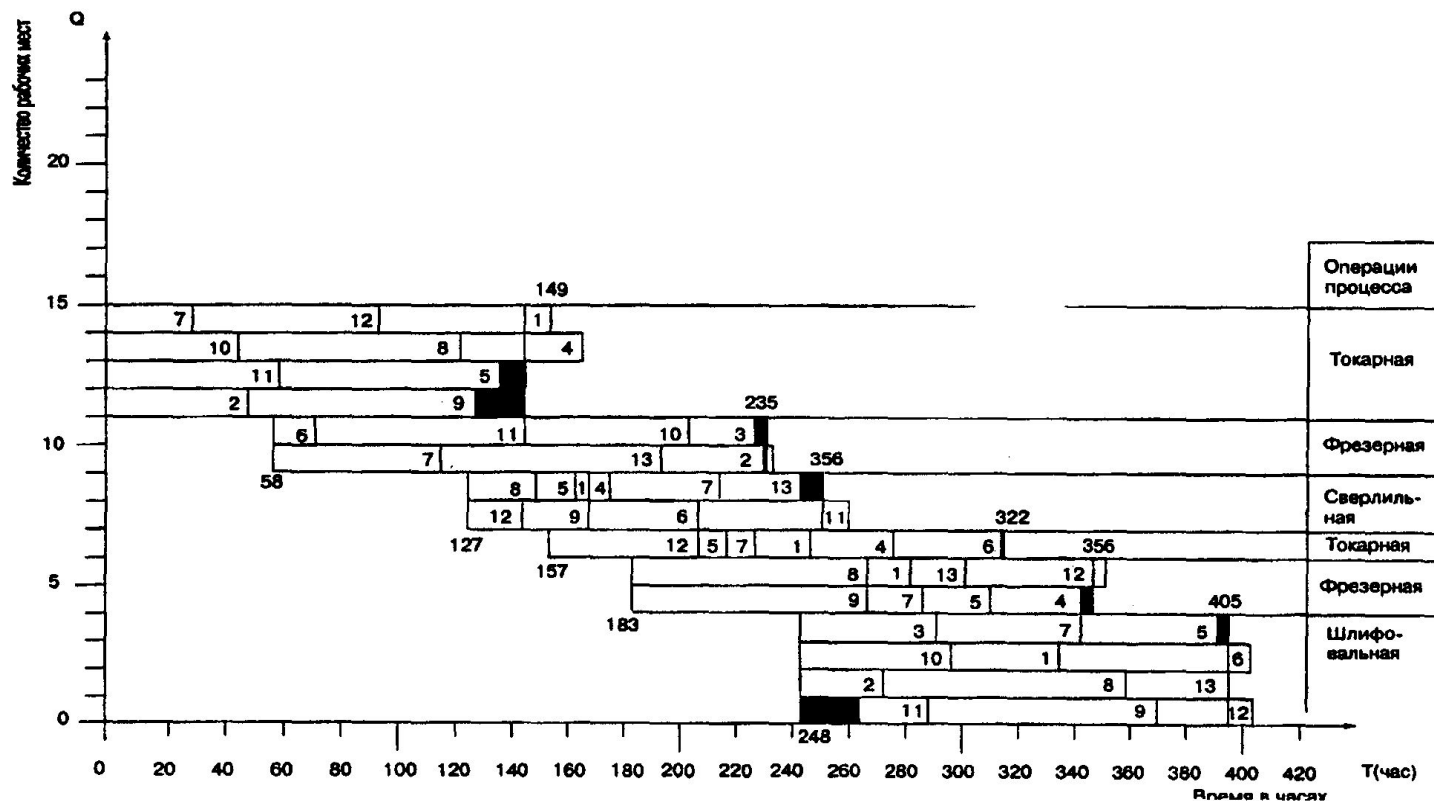


Рис. 5.4. График изготовления маршрутного комплекта деталей при параллельно-последовательном способе выполнения операция процесса (пример использования объемно-динамического метода планирования хода производства, модель «Б»)
Использованы очередности запуска деталей в производство: на всех операциях процесса – самая малая операция над деталями в первую очередь

ОДМ в отличие от ОКМ

учитывает технологическую последовательность выполняемых работ и позволяет увязывать сроки и объемы выполняемых работ с загрузкой производственных подразделений не только на плановый интервал в целом, но и внутри интервала с учетом динамики распределения работ относительно их производственного цикла.

Оптимизация процесса исполнения программы предметно-замкнутым участком предприятия с учётом динамизма хода производства.

Процесс изготовления всех МКД, запланированных участку на определенный плановый период, можно представить как объединение их ОКК. Опережения между операциями техмаршрута, исходя из условия, что комплектующие каждого МКД выполняются последовательно, то есть по формуле:

$$O_{k+i} = \max \left(\sum_{i=1}^M T_{ki} - \sum_{i=1}^m T_{k+1,i-1} \right)$$

где

- O_{k+i} — опережение между k-ой и k+1-ой операциями технологического маршрута при последовательном выполнении комплектоопераций каждого МКД производственной программы участка;
- T_{ki} — продолжительность комплектоопераций i-го МКД на предыдущей k-ой операции техмаршрута, выполняемой на данном производственном участке;
- $T_{k+1,i-1}$ — продолжительность комплектоопераций предыдущего i-1-го МКД на последующей k+1-ой операции техмаршрута, выполняемой на данном производственном участке;
- i — номер запускаемого МКД (i = 1, 2, 3, ..., m).

Максимальная разность в формуле обязательно определит i -ый лимитирующий МКД, требующий опережения O_{k+i} .

По лимитирующему МКД производят расчет возможного запараллеливания его комплектоопераций на k -й и $k+1$ -й операциях технологического маршрута.

Величина запараллеливания S_{k+1} между k -ой и $k+1$ -ой комплектооперациями

- Если $T_{ki} > T_{k+1,i}$, то

$$S_{k+1} = T_{k+1,i} - \bar{t}_{k+1,i}$$

- Если $T_{ki} < T_{k+1,i}$, то

$$S_{k+1} = T_{k,i} - \bar{t}_{k,i}$$

Здесь \bar{t}_{ki} и $\bar{t}_{k+1,i}$ средние продолжительности одной операции на соответствующих комплектооперациях (k и $k+1$) i -го МКД

Минимальное опережение между k-ой и k+1-ой операциями технологического маршрута (O'_{k+1}), обеспечивающее слияние всех ОКК плановых МКД и непрерывную загрузку рабочих мест на этих операциях, определяется по формуле

$$O'_{k+1} = O_{k+1} - S_{k+i}$$

Пример

Характеристика МКД, включенных в месячный план маршрутного предметно-замкнутого участка.

Операции технолог. маршрута	Продолжительности комплектоопераций МКД (T_{ki}), час.								Сумма
	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5	i=6	i=7	i=8	
1	1	3	4	5	6	7	8	9	10
1	18	26	15	20	23	15	24	28	169
2	25	15	20	26	14	26	25	15	166
3	14	24	26	16	26	16	20	26	168
4	23	15	24	22	20	26	15	20	165
Средняя продолжительность технологической операции по комплектооперациям МКД									
k	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5	i=6	i=7	i=8	
1	4	6	4	4	5	5	4	3	
2	6	3	6	5	4	3	5	4	
3	4	5	4	3	4	6	4	4	
4	3	5	3	3	5	3	5	5	

Расчёт опережений между операциями технологического маршрута при последовательном выполнении комплектоопераций каждого МКД

Операции тех- марш- рута	Нарастающие суммы продолжительностей комплектоопераций МКД (ΣT_{ki}), час.								O_k	S_{k+1}	O'_{k+1}
	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5	i=6	i=7	i=8			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	18	44	59	79	102	117	141	169			
2	25	40	60	86	100	126	151	166	19	11	8
3	14	38	64	80	106	122	142	168	29	10	19
4	23	38	62	84	104	130	145	165	26	10	16

У каждого (первого, второго и третьего) МКД есть своя максимальная продолжительность запараллеливания первой и второй комплектоопераций. В расчет принимают минимальную

- $\min (T_{12}, T_{22}) = \min (26, 15) = 15 = T_{22}$ и тогда $S_{22} = T_{22} - \bar{t}_{22} = 15 - 3 = 12$;
- $\min (T_{13}, T_{23}) = \min (15, 20) = 15 = T_{13}$ и тогда $S_{13} = T_{13} - \bar{t}_{13} = 15 - 4 = 11$;
- $\min (T_{14}, T_{24}) = \min (20, 26) = 20 = T_{14}$ и тогда $S_{14} = T_{14} - \bar{t}_{14} = 20 - 4 = 16$;

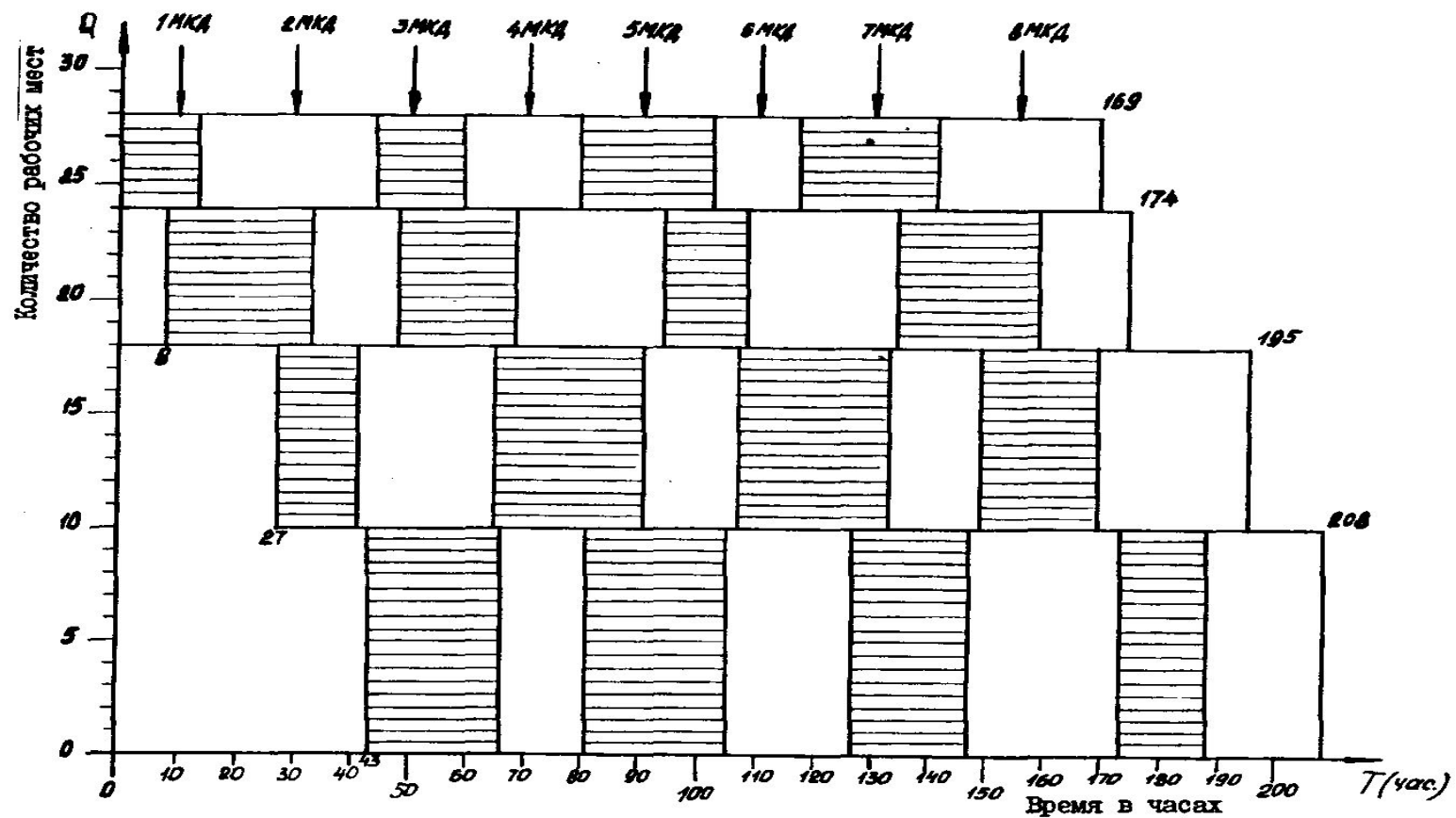
Между второй и третьей операциями
технологического маршрута

$$O_3 = 29, S_3 = \min (S_{36}, S_{37}) = \min (16 - 6, 20 - 4) = 10; O'_3 = 29 - 10 = 19.$$

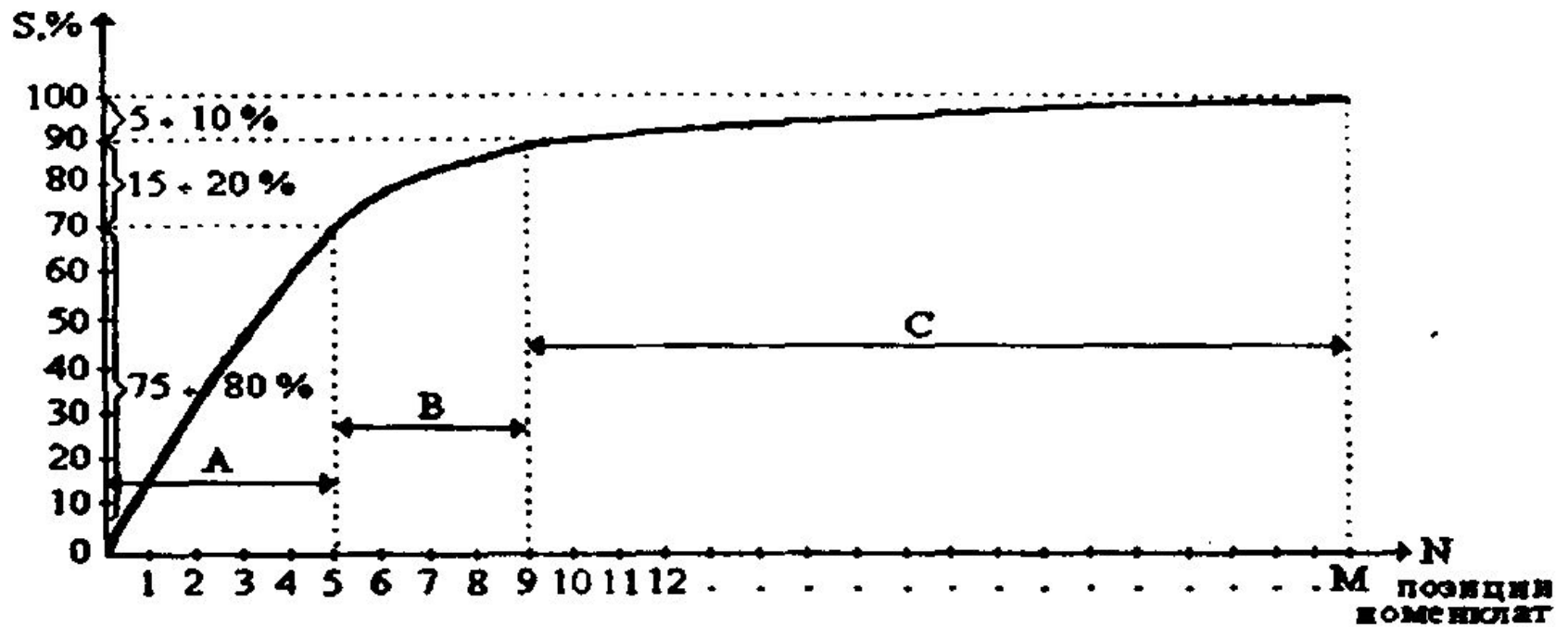
Между третьей и четвертой операциями
технологического маршрута

$$O_4 = 26, S_4 = \min (S_{42}, S_{43}) = \min (15 - 5, 24 - 3) = 10; O'_4 = 26 - 10 = 16.$$

План-график изготовления восьми бригадокомплектов деталей (МКД) (месячный план-график ритмичной работы предметно-замкнутого участка).



Определение оборотного задела деталей или опережений между выпуском и запуском на смежных стадиях производства



Распределение предметов труда производственной программы по стоимости и количеству номенклатурных позиций на группы А, В, С

Группа деталей	Количество номенклатурных позиций,%	Доля стоимости группы деталей в стоимости всех деталей,%
1	2	3
А	15	80
В	25	15
С	60	5
Итого	100	100

Определение величины оборотного задела по группам деталей А, В, С осуществляется по формуле:

$$Z^e_{s,s+1} = k^e \left[R_{s,e} + R_{s+1,e} \sum_{K_e=1}^{K_e-1} (R_{s,e} - K_e R_{s+1,e}) \right] / R_{s,e}$$

где $R_{s,e} = n_{s,e} / n_{\partial n,e}$; $R_{s+1,e} = n_{s+1,e} / n_{\partial n,e}$

e - наименование группы деталей, $e = \{A, B, C\}$;

k_e — коэффициенты, показывающие удельный вес себестоимости e -ой группы деталей в себестоимости деталей на годовую программу;

$n_{s,e}; n_{s+1,e}$ — размеры партий деталей e -ой группы соответственно на s -ой и $s+1$ -ой стадиях производственного процесса;

$n_{\partial n, e}$ — дневная потребность в деталях e -ой группы;

$$K_e = n_{s,e} / n_{s+1,e}$$