

# Проектирование поточного производства

**Поточное производство** - форма организации производства, основанная на **ритмичной повторяемости согласованных во времени основных и вспомогательных операций**, выполняемых на специализированных рабочих местах, расположенных в последовательности технологического процесса. Для поточного производства характерны **принципы организации производственного процесса**:

**Принцип прямоточности** - **размещение оборудования и рабочих мест в порядке следования операций технологического процесса**. Первичным производственным участком является поточная линия. Различают **простую** цепочку рабочих мест на линии, где на каждой операции имеется только одно рабочее место, и **сложную** при наличии на операциях двух или нескольких мест-дублеров.

**Принцип специализации** - **создание предметно-замкнутых участков в виде специализированных поточных линий**, предназначенных для обработки **одного закреплённого за данной линией изделия** или нескольких технологически родственных изделий. При закреплении за линией **одного изделия** она называется **однопредметной**, **характерны для массового производства**. При закреплении за линией **нескольких изделий** линия является **многопредметной**. **характерны для серийного и массового производства при достаточной загрузке рабочих мест и полном совпадении операций**

## По степени специализации

**Непрерывно-поточные линии с поштучной передачей изделий** - выпуск (запуск) каждого предмета осуществляется через один и тот же интервал времени - **такт линии** (или **штучный ритм**). **Применяют** главным образом **для сборки и отделки изделий при достаточно больших программных заданиях**. Операции выполняют **непосредственно на конвейере**; **рабочие – операторы располагаются вдоль его несущей части**, с одной или с двух сторон в порядке следования операций технологического процесса или следуя за изделием, перемещаются вдоль зоны, начиная операцию в начале зоны, заканчивая её в конце, после чего возвращаются в исходное положение.

**Изделия на конвейере** устанавливают и закрепляют на равных расстояниях  $l_0$  друг от друга. Участок рабочего конвейера, на котором при постоянной скорости конвейера выполняется каждая операция, называется **рабочей зоной операции**.

**Непрерывно-поточные линии с распределительными конвейерами** **применяют** главным образом **на участках механической обработки, отделки и сборки небольших изделий при больших программных заданиях**.

Операции выполняют **на стационарных рабочих местах**. Изделия снимают с конвейера и по окончании операции возвращают на него.

Работа непрерывно-поточной линии **основана на согласовании длительности операций с тактом линии**. Длительность любой операции должна быть равна или кратна такту. **Процесс согласования длительности операций с тактом поточной линии называется синхронизацией**.

**Условие синхронности:**

$$\frac{t_1}{C_1} = \frac{t_2}{C_2} = \frac{t_3}{C_3} = \dots = \frac{t_n}{C_n}$$

$t$  – нормы времени по операциям процесса, мин;  $C$  – число рабочих мест на операции.

**Прерывно-поточные (прямоточные)** линии характеризуются **различной производительностью на отдельных операциях** непрерывность отсутствует. **Ритм линии** в этом случае **определяется интервалом времени**, в течение которого на линии формируется **выработка установленной величины**, например, часовая, полусменная, сменная. **Применяется** при обработке **трудоемких деталей с использованием разнотипного оборудования**. **Технологические операции** на прямоточных линиях **не синхронизированы**. Вследствие различной трудоемкости операций **на этих линиях возникают межоперационные оборотные заделы**, что является показателем прерывности процесса.

Такт линии  **$r$**  строго согласовывается с производственной программой

$$r = F_{\partial} / N$$

$F_{\partial}$  - действительный фонд времени работы линии в планируемом периоде (месяц, сутки, смена), мин.;  $N$  – производственная программа на этот же период, шт.

На непрерывно-поточных линиях с передачей изделий транспортными партиями ритмичность работы непрерывно-поточной линии характеризуется интервалом времени, отделяющим выпуск (запуск) одной партии от последующей за ней - ритмом линии:

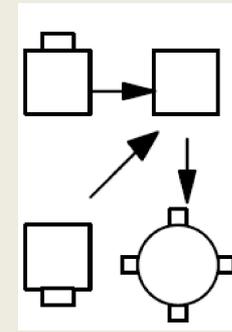
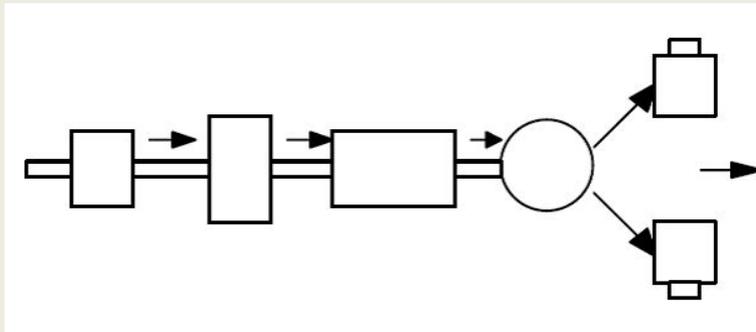
$$R = rp$$

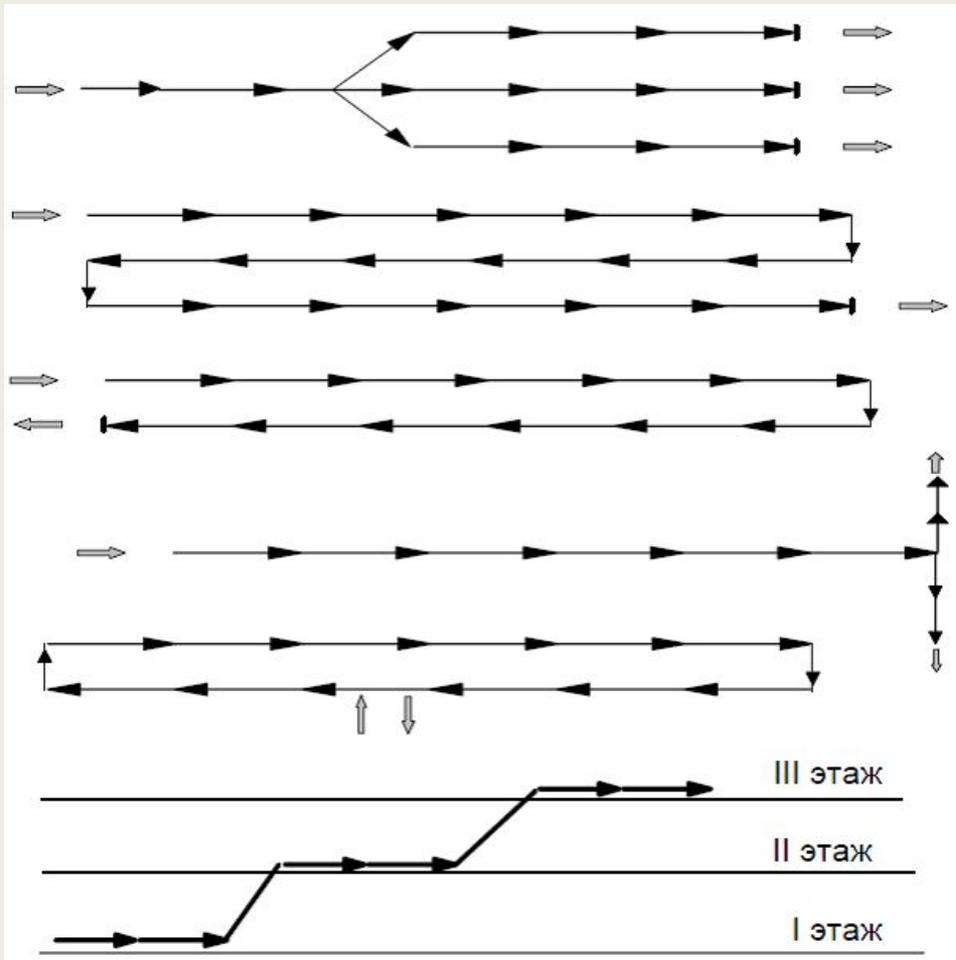
$p$  – число изделий в партии.

## Расположение поточных линий (планировка) должна обеспечить:

- - прямоточность и кратчайший путь движения изделия;
- - рациональное использование производственных площадей;
- - условия для транспортировки материалов и деталей к рабочим местам;
- - удобство подходов для ремонта и обслуживания;
- - достаточность площадей и оргнастки для хранения требуемых запасов материалов и готовых деталей;
- - возможность легкого удаления отходов производства

Движение изделия по поточной линии при расположении оборудования: а - одностороннем; б - двухстороннем





**разветвляющаяся**

**зигзагообразная**

**П-образная**

**Т-образная**

**замкнутая**

**многоуровневая**

**Схемы движения изделий по поточным линиям**

## Способы транспортировки изделий

Для транспортировки изделий в поточном производстве применяются следующие транспортные средства:

- транспортное оборудование непрерывного действия (приводные конвейеры различных конструкций);



- **бесприводные (гравитационные) транспортные средства (рольганги, скаты, спуски и др.);**



- **подъёмно-транспортное оборудование циклического действия (мостовые и другие краны, монорельсы с тельферами, электротележки, автопогрузчики и т.п.).**



**Наиболее широко** в поточном производстве применяют **конвейеры**.

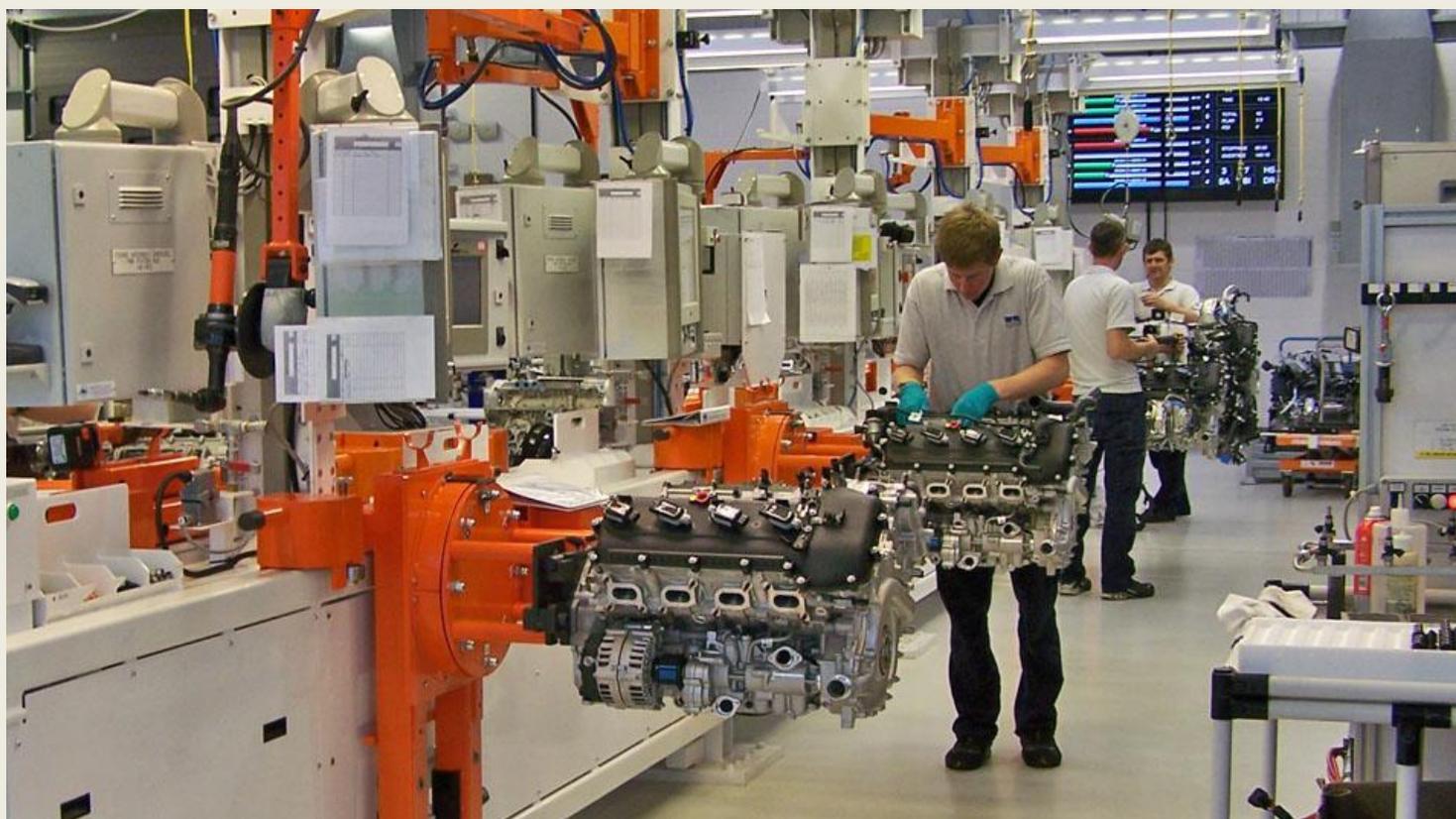
Различают **рабочие и распределительные конвейеры**.

**Рабочие конвейеры** предназначены для выполнения операций непосредственно на их несущей части.

Рабочие конвейеры с **непрерывным движением** позволяют выполнять эти операции во время движения конвейера.



Если по требованию технологического процесса **операции должны выполняться при неподвижном объекте**, применяют **конвейеры с пульсирующим движением**. В этом случае привод конвейера автоматически включается только на время, необходимое для перемещения изделий на следующую операцию.



**Распределительные конвейеры** применяют на поточных линиях с выполнением операций на стационарных рабочих местах (например, на станках) и с различным числом рабочих мест-дублёров на отдельных операциях, когда для поддержания ритмичности необходимо обеспечить чёткое адресование предметов труда по рабочим местам на операциях процесса.



# Расчет и организация поточных линий

**Такт поточной линии** - промежуток времени между выпуском изделий (деталей, сборочных единиц) с последней операции или их запуском на первую операцию поточной линии.

**Исходные данные** расчета такта:

- ❖ - производственное задание на год (месяц, смену);
- ❖ - плановый фонд рабочего времени за этот же период;
- ❖ - планируемые технологические пооперационные потери.

**Такт поточной линии** (при партионной передаче – ритм)

$$r = \frac{F_{\partial}}{N_{\text{вып}}}$$

$r$  - такт поточной линии (в мин.);  $F_{\partial}$  - действительный годовой фонд времени работы линии в планируемом периоде (мин.);  $N_{\text{вып}}$  - плановое задание на тот же период времени (шт.).

$$F_{\partial} = D_{\text{раб}} m_{\text{см}} T_{\text{см}} k_{\text{пер}} k_{\text{рем}}$$

где  $D_{\text{раб}}$  - число рабочих дней в году,  $m_{\text{см}}$  - количество рабочих смен в сутки,  $T_{\text{см}}$  - продолжительность смены (в мин.),  $k_{\text{пер}}$  - коэффициент, учитывающий планируемые перерывы,  $k_{\text{рем}}$  - коэффициент, учитывающий время плановых ремонтов.

$$k_{пер} \frac{T_{см} - T_{пер}}{T_{см}}$$

$$k_{рем} \frac{T_{см} - T_{рем}}{T_{см}}$$

$T_{пер}$  - время планируемых внутрисменных перерывов;  $T_{рем}$  - время планируемых внутрисменных ремонтов;

При неизбежных технологических потерях (планируемом выходе годных), такт  $r$

$$r = F_{\partial} / Q_{зан}$$

$Q_{зан}$  - количество изделий, запускаемых на поточную линию в планируемом периоде (шт):

$$Q_{зан} = Q_{вып} k_{зан}$$

$k_{зан}$  - коэффициент запуска изделий на поточную линию, равный величине, обратной коэффициенту выхода годных изделий ( $\alpha$ );  $k_{зан} = 1/\alpha$ .

**Расчет количества оборудования** поточной линии **ведется по каждой операции технологического процесса:**

$$W_{pi} = \frac{t_{шт.i}}{r}$$

или

$$W_{рап.i} = \frac{t_{шт.i}}{r} \times k$$

$W_{pi}$  - расчетное количество оборудования (рабочих мест) на  $i$ -й операции поточной линии;  $t_{шт.i}$  - норма штучного времени на  $i$ -ую операцию (в мин);  $k_{зани}$  - коэффициент запуска детали на  $i$ -ю операцию.

**Принятое количество оборудования или рабочих мест** на каждой операции  $W_{ni}$  определяется путем округления расчетного их количества  $W_{pi}$  до ближайшего большего целого числа.

**Количество оборудования (рабочих мест)** на всей поточной линии и коэффициент загрузки оборудования (рабочих мест)

$$W_{л} = \sum_{i=1}^{q_{оп}} W_{ni}$$

$$k_{зи} = \frac{W_{pi}}{W_{ni}}$$

$q_{оп}$  - число операций технологического процесса.

**Явочное количество рабочих ( $P_{яв}$ )** равно количеству рабочих мест на поточной линии с учетом многостаночного обслуживания  $k_{мо}$ :

$$P_{яв} = \sum_{i=1}^{q_{оп}} W_{п} k_{мо}$$

$$k_{мо} = \frac{\sum_{i=1}^{q_{оп}} P_i}{\sum_{i=1}^{q_{оп}} W_{п}}$$

$P_i$  - численность рабочих участка.

**Общее число рабочих** на поточных линиях определяется как среднесписочное:

$$P_{сп} = \left(1 + \frac{\delta}{100}\right) \sum_{i=1}^{q_{оп}} P_{яв} d_{см}$$

где  $P_{сп}$  - среднесписочное число рабочих поточной линии,  $\delta$  - процент потерь рабочего времени (отпуска, болезни и т.д.),  $d_{см}$  - количество смен.

**Скорость движения конвейера** должна быть согласована с тактом работы линии:

- при непрерывном движении конвейера  $V = L / r$ ;

- при пульсирующем движении конвейера  $V = L / t_{тр}$ ,

где  $L$  - расстояние между центрами двух смежных рабочих мест, то есть шаг конвейера (м);  $t_{тр}$  - время транспортировки изделия с одной операции на другую.

**Задел** - производственный запас материалов, заготовок или составных частей изделия для обеспечения бесперебойного протекания производственных процессов на поточных линиях.

Различают следующие **виды заделов**:

- технологический;
- транспортный;
- резервный (страховой);
- оборотный межоперационный.

**Технологический задел** ( $Z_T$ ) - детали (сборочные единицы, изделия), находящиеся непосредственно в процессе обработки:

$$Z_{T_{\text{рми}}} = \sum_{i=1}^{C_{\text{оп}}} W \quad n$$

$W_{\text{рми}}$  - число рабочих мест на каждой операции;  $n_i$  - количество деталей, одновременно обслуживаемых на  $i$ -м рабочем месте.

**Транспортный задел ( $Z_{тр}$ )** - количество деталей, находящихся в процессе перемещения между операциями и расположенных в транспортных устройствах.

**При непрерывном движении** конвейера

$$Z_{тр} = \frac{L_{рк}}{V}$$

где  $L_{рк}$  - длина рабочей части конвейера (м);  $V$  - скорость движения конвейера (м/мин);  $P$  - количество изделий в операционной партии (шт).

**При периодической транспортировке**

$$Z_{тр} = W \sum_{i=1}^{C_{оп}} -1_{рми}$$

**Резервный (страховой) задел** создается для нейтрализации последствий, связанных со случайным характером выхода изделия в брак, перебоев в работе оборудования и др.

$$Z_p = \sum_{i=1}^{Q_{оп}} \frac{T_{пер}}{r}$$

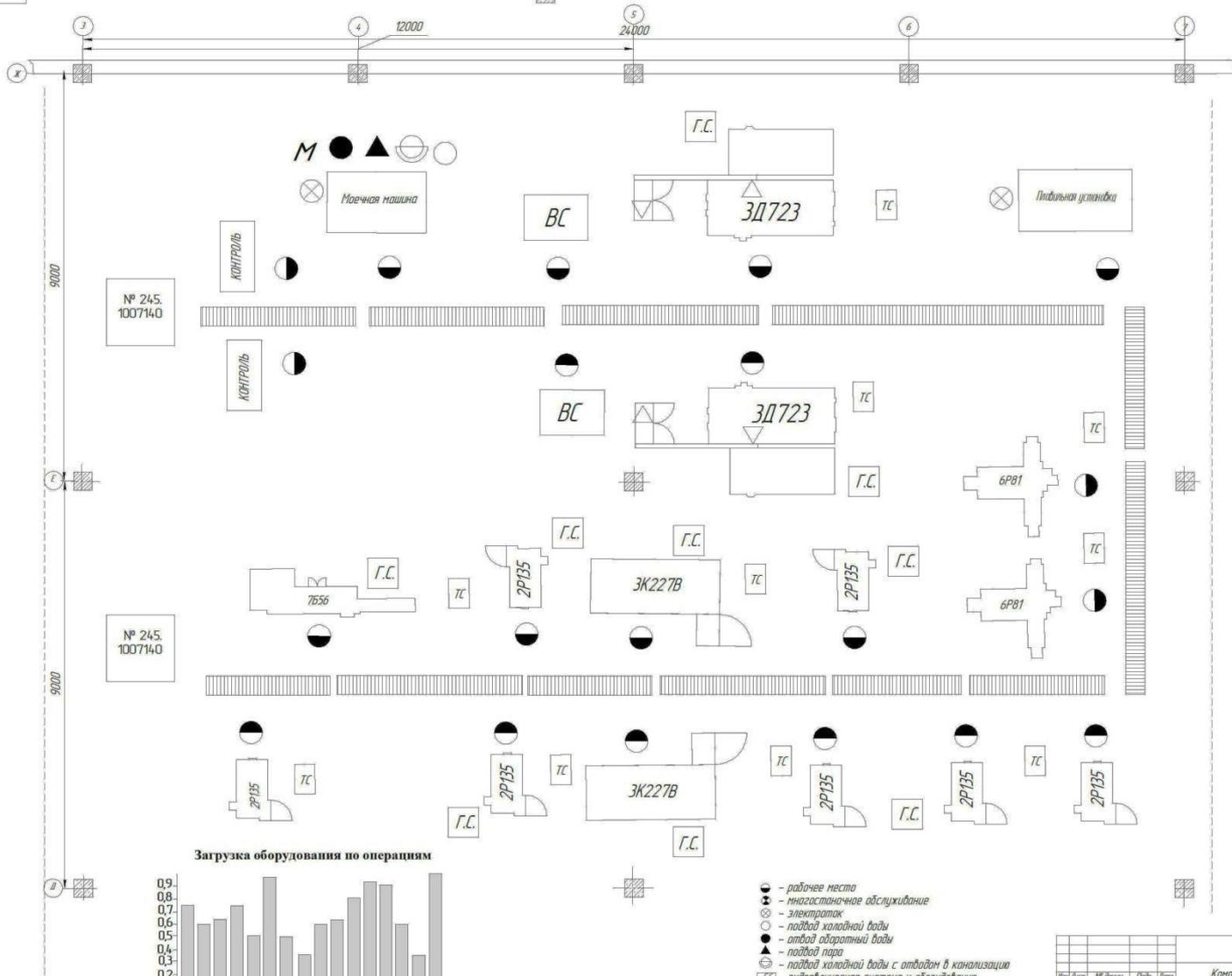
$T_{пер}$  - время возможного перебоя поступления изделий с данной операции на операцию, подлежащую страхованию (мин);  $r$  - такт поточной линии (мин).

**Оборотный межоперационный задел** на линии - количество заготовок (деталей, сборочных единиц), находящихся между операциями линии и образующихся вследствие различной производительности смежных рабочих мест для выравнивания работы линий. Размер межоперационного задела постоянно колеблется от максимума до нуля и наоборот.

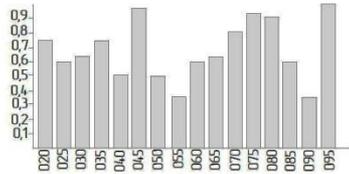
**Максимальная величина** межоперационного оборотного задела определяется разностью производительностей смежных операций:

$$Z_{мо} = \frac{T_{совм} W_{об_{i-1}}}{t_{шт_{i-1}}} - \frac{T_{совм} W_{об_i}}{t_{шт_i}}$$

$T_{совм}$  - время совместной работы оборудования на обеих операциях (в мин);  $W_{об_{i-1}}$ ,  $W_{об_i}$  - количество оборудования на подающих и потребляющих смежных операциях, работающего в период  $T_{совм}$  (шт);  $t_{шт_i}$  - норма времени выполнения операции.



Загрузка оборудования по операциям



- - рабочее место
- - многостаночное обслуживание
- ⊗ - электроток
- - подвод холодной воды
- - отвод оборотной воды
- ▲ - подвод пара
- - подвод холодной воды с отводом в канализацию
- Г.С. - гидравлическая система к оборудованию
- ПВ - верстак слесарный
- Т - тара для стружки

№ п/п	№ докум.	Лист	Всего	Контрагент	Лист	Всего	Рисунки
1	140			Компаника			
2				поточной линии обработки			
3				корпуса клапана			
4					Лист	Листов	1

# ОРГАНИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА

**Автоматическая поточная линия** — комплекс автоматического оборудования, расположенного в технологической последовательности выполнения операций, **связанный автоматической транспортной системой** и **системой автоматического управления** и обеспечивающий автоматическое превращение исходных материалов (заготовок) в готовое изделие (для данной автолинии). В АПЛ **рабочий выполняет функции наладки, контроля за работой оборудования и загрузки** линии заготовками.

**Автоматические комплексы с замкнутым циклом производства изделия** — ряд связанных между собой автоматическими транспортными и погрузо-разгрузочными устройствами автоматических линий.

**Автоматизированные участки (цехи)** включают в себя автоматические поточные линии, автономные автоматические комплексы, автоматические транспортные системы, автоматические складские системы; автоматические системы контроля качества, автоматические системы управления и т.д.

## **Основные признаки АПЛ:**

- **автоматическое выполнение технологических операций (без участия человека);**
- **автоматическое перемещение изделия между отдельными агрегатами линии.**

## **Состав автоматической поточной линии:**

- ❖ - **автоматическое оборудование** (станки, агрегаты, установки и т.д.) для выполнения технологических операций;
- ❖ - **механизмы для ориентировки**, установки и закрепления изделий на оборудовании;
- ❖ - **устройство для транспортировки изделий по операциям**;
- ❖ - **контрольные машины и приборы** (для контроля качества и автоматической подналадки оборудования);
- ❖ - **средства загрузки и разгрузки линий** (заготовок и готовых деталей);
- ❖ - **аппаратура и приборы системы управления АПЛ**;
- ❖ - **устройства смены инструмента** и оснастки;
- ❖ - **устройства удаления отходов**;
- ❖ - **устройство обеспечения необходимыми видами энергии** (электрическая энергия, пар, инертные газы, сжатый воздух, вода, канализационные системы);
- ❖ - **устройства обеспечения смазочно-охлаждающими жидкостями** и их удаления и т.д.

## Классификация автоматических линий

№	Признак	Наименование и краткая характеристика
1	<b>Гибкость</b>	<p><b>Жесткие переналаживаемые</b> АЛ предназначенные для обработки одного изделия.</p> <p><b>Переналаживаемые АЛ</b> на определенную группу изделий одного наименования</p> <p><b>Гибкие АЛ</b>, состоящие из "обрабатывающих центров" гибких транспортно-складских систем с промышленными роботами и предназначенных для обработки любых деталей определенной номенклатуры и габаритов</p>
2	<b>Число одновременно обрабатываемых изделий</b>	<p><b>АЛ поштучной обработки</b></p> <p><b>АЛ групповой обработки</b></p>
3	<b>Способ транспортировки изделия по АЛ</b>	<p><b>АЛ с непрерывной транспортировкой</b> обрабатываемых изделий</p> <p><b>АЛ с периодической транспортировкой</b></p>
4	<b>Кинематическая связь оборудования АЛ</b>	<p><b>АЛ с жесткой связью агрегатов</b> (например, ротор-транспортер, желоб и т.д.)</p> <p><b>АЛ с гибкой связью агрегатов</b> (гибкость обеспечивается наличием перед каждым агрегатом устройства для накопления и выдачи запаса изделий (бункеры, кассеты, пеналы, накопительные башни и т.д.))</p>

Такт АПЛ определяется как

$$r = \frac{60F_n \eta t}{Q_{\text{вып}}}$$

$r$  - такт АПЛ (мин);  $F_n$  - номинальный годовой фонд времени работы линии в одну смену (час);  $t$  - число смен работы;  $\eta$  - коэффициент технического использования АПЛ, учитывающий потери времени при различных неполадках в работе оборудования линий и затраты времени на подналадку;  $Q_{\text{вып}}$  - плановое задание (шт).

При величине нормы времени отдельной операции линии больше такта линии за такт принимают норму времени лимитирующей операции.

