

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени академика С.П. КОРОЛЕВА
(Национальный исследовательский университет)» (СГАУ)

**ОРГАНИЗАЦИЯ
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА
ВО ВРЕМЕНИ И В ПРОСТРАНСТВЕ**

**УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ
СГАУ РЕГИСТ. № 85-011**

Методические указания

Самара 2011

УДК 658.5

Составитель: Абрамова И.Г.

Организация производственного процесса во времени и пространстве
[Текст]: методические указания /Абрамова И. Г. – Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т, изд. испр. и доп. 2011, 80 с.

В учебном пособии раскрыты основы проектирования производственных участков по выпуску деталей механической обработки и организации производственного процесса в зависимости от технологии изготовления деталей, величины производственной программы. Рассмотрены формы организации производственного процесса: непоточная, поточная однономенклатурная (непрерывная, прерывная), поточная многономенклатурная (непрерывная, прерывная). Даны методики расчета организационно-технических параметров участка механической обработки деталей в соответствии с формами организации производственного процесса. В приложении приведены варианты индивидуальных заданий для курсовой работы.

Пособие адресовано студентам, изучающим курс «Организация производства».

Ил.14, Табл.31. Библиогр.10 назв.

Пособие подготовлено на кафедре ПДЛА.

Печатается по решению редакционно-издательского совета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)» (СГАУ)

Рецензент: Зав. кафедрой «Организация производства» СГАУ
проф., д.т.н. Засканов В.Г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 РАЗНОВИДНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ВО ВРЕМЕНИ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА.....	6
2 ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА УЧАСТКАХ, РАЗНОВИДНОСТИ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ И КЛАССИФИКАЦИЯ УЧАСТКОВ.....	14
3 ВЫБОР ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА	19
4 НЕПОТОЧНАЯ ФОРМА ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА НА УЧАСТКЕ.....	22
4.1 Расчет размера партии запуска деталей	23
4.2 Расчет количества оборудования	24
4.3 Составление календарного плана-графика работы производственного участка	25
4.4 Пример расчета 1. Программы выпуска изготовления деталей одинаковые	26
4.5 Пример расчета 2. Программы выпуска изготовления деталей разные	32
5 ПОТОЧНАЯ ФОРМА ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА НА УЧАСТКЕ.....	39
5.1 Однономенклатурная поточная линия	39
5.1.1 Однономенклатурная непрерывная ПЛ	39
5.1.2 Пример расчета	43
5.1.3 Однономенклатурные прерывные ПЛ	44
5.1.4 Пример расчета	45
5.2 Многономенклатурная поточная линия	50
5.2.1 Многономенклатурная постоянная поточная линия	50
5.2.2 Многономенклатурная переменная поточная линия	51
5.2.3 Пример расчета	53
6 ПОСТРОЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО УЧАСТКА В ПРОСТРАНСТВЕ	59
7 ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	63

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	64
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	65
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	74
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.....	76
ПРИЛОЖЕНИЕ 4.....	77
ПРИЛОЖЕНИЕ 5.....	78
ПРИЛОЖЕНИЕ 6.....	79

ВВЕДЕНИЕ

Предприятия авиационной отрасли выпускают сложные изделия. Они сложны и конструктивно, и технологически. Они сложны еще и тем, что состав изделия достигает 2000 – 5000 деталей. Такое большое многообразие номенклатурных позиций классифицирует производство как многономенклатурное. Различные детали одного и того же объекта могут изготавливаться на производственных участках с различными формами специализации, различной организацией производственного процесса во времени и пространстве. Сложное изделие имеет сложную структуру производственного процесса, поэтому с целью обеспечения оптимального соотношения всех звеньев производства, с целью заложения основ экономичности изготовления изделия, необходимо организовывать процессы с различными формами, т.е. моделировать производственные процессы.

Модель процесса производства занимает важное место в любой системе управления любым производственным объектом, так как она должна быть организующим началом для современного планирования работ на всех рабочих местах технологических линий, производственных участков, цехов и предприятий в целом. Модель основного производства является также исходной основой материального и инструментального обеспечения производства. Она создает объективные предпосылки для разработки высокоэффективных систем управления основным производством и для эффективного использования располагаемых материальных, трудовых и финансовых ресурсов.

Известны нопоточная и поточная формы организации производственного процесса на участках. Непоточная форма характеризуется неупорядоченными производственными процессами. Поточная форма характеризуется как неупорядоченными, прерывными, так и упорядоченными, непрерывными производственными процессами. Предприятия стремятся улучшить процессы, задав им ритм однопредметных, многопредметных или групповых поточных линий.

Задачей данного пособия является изложение материала, позволяющего произвести расчет организационно-технических параметров производственного участка, обеспечив ему необходимую форму организации производственного процесса во времени, тем самым при проектировании участка в пространстве позволить заложить оптимальную структуру. Верное решение задач при организации процессов производства, выполнении расчетов «на бумаге» позволить избежать ошибок при строительстве, производстве и эксплуатации производственных комплексов.

1 Разновидности движения деталей во времени при организации производственного процесса

Производственный процесс (ПП) – это ведущая часть промышленной деятельности предприятия, представляет собой совокупность взаимосвязанных основных, вспомогательных, обслуживающих процессов труда и естественных процессов, в результате которых исходные материалы и полуфабрикаты превращаются в законченные изделия.

Производственный цикл (ПЦ) – это календарный период времени, в течении которого исходные предметы труда проходят все операции производственного процесса или определенной его части и превращаются в готовую продукцию.

Производственный цикл ($T_{ПЦ}$) характеризует степень соблюдения принципов организации производственного процесса и состоит из времени технологического (основного), не технологического (вспомогательного) и времени перерывов (70-75% от времени изготовления изделия):

$$T_{ПЦ} = T_{технол. (осн)} + T_{не технол. (всп)} + T_{перерыв} \quad (1)$$

К нетехнологическому времени можно отнести время, затраченное на различные целенаправленные изменения в системе управления процессом, которые отражают как формы и способы организации внутри производственной системы, так способы и механизмы взаимодействия системы с внешней окружающей средой.

Сконцентрировав взгляд на процессах, происходящих внутри производственной системы и останавливаясь на определяющем параметре производственного цикла – времени технологического процесса, можно не учитывать нетехнологическое время. Поэтому в дальнейшем в составе производственного цикла внутри предприятия будем использовать следующие две определяющие составные части:

$$T_{ПЦ} = T_{ТЕХ.Ц} + T_{МО} \quad (2)$$

где $T_{ТЕХ.Ц}$ - технологический цикл или длительность операций технологического процесса (часто измеряется в минутах, при расчете $T_{ПЦ}$ следует перевести в дни).

$T_{МО}$ - межоперационное время, которое включает время контроля, транспортировки, естественных процессов, хранения на складе, межоперационного, межучасткового и межцехового пролеживания деталей, сборочных единиц и агрегатов изделия (часто измеряется в днях).

Технологический процесс (ТП) – это совокупность операций по обработке предмета труда с целью преобразования его в готовое изделие, характеризуется технологическим циклом изготовления изделия ($T_{ТЕХ.Ц}$).

Изготовление одного предмета труда (одной детали) происходит путем выполнения строгой последовательности операций технологического процесса, передачей предметов труда по всем рабочим местам последовательно.

Длительность технологического цикла изготовления предмета труда равна арифметической сумме длительностей m -операций (или норм времени $t_{ум-к}$) технологического процесса.

$$T_{ТЕХ.Ц} = \sum_{i=1}^m t_{ум-к_i} \quad (3)$$

Структура и продолжительность производственного цикла зависят от типа производства, уровня организации производственного процесса и других факторов. Для изделий машиностроения характерна высокая доля технологических операций в общей продолжительности производственного цикла. Сокращение последней имеет большое экономическое значение. Как правило, продолжительность производственного цикла определяется для одной детали, одной партии деталей, одной сборочной единицы или партии единиц, одного изделия. При этом следует учитывать, что изделием называют любой предмет или набор предметов, подлежащих изготовлению на предприятии или в его подразделениях. При расчете продолжительности производственного цикла изготовления изделия учитывают лишь те затраты времени на транспортные и контрольные операции, естественные процессы и перерывы, которые не перекрываются операционным циклом.

При обработке партии одноименных деталей форма организации производственного процесса может быть неоднозначна.

Партия – это группа одноименных деталей, которые обрабатываются на каждом рабочем месте непрерывно, с однократной затратой подготовительно-заключительного времени.

Передаточная партия – часть деталей партии, которые передаются одновременно с одного рабочего места на другое.

Возможны три формы организации процесса изготовления партии любого предмета труда, как и организации любого производственного процесса: последовательная, параллельная и параллельно-последовательная.

Последовательная форма организации производственного процесса обработки (сборки) партии деталей – форма, при которой партия деталей (изделий) с одного рабочего места (с операции) на другое (на операцию) передается целиком без деления её на передаточные партии.

Длительность производственного цикла в рабочих днях при последовательном виде движения предметов труда во времени:

$$T_{\text{ц.посл}} = \frac{1}{sqf} \left[n \sum_{i=1}^m \frac{t_{\text{ум-к}_i}}{K_{\text{рм}_i} \cdot h_{\text{раб}_i} \cdot K_{\text{вн}_i} \cdot 60} + (m-1)T_{\text{МО}} \right] + T_{\text{ЕСТ}}, [\text{раб.дн}] \quad (4)$$

где n - число деталей в партии, шт.;

m - число операций в технологическом процессе, шт.

$t_{\text{ум-к}}$ - норма времени на операцию, мин;

$K_{\text{рм}}$ - число рабочих мест на операции, число станков, шт.;

$h_{\text{раб-}i}$ - число рабочих, стоящих за i -м рабочим местом, чел.;

$K_{\text{вн-}i}$ - коэффициент выполнения норм на i -м рабочем месте;

S - число рабочих смен в сутках;

q - длительность рабочей смены, час;

$T_{\text{МО}}$ - межоперационное время, час;

$T_{\text{ЕСТ}}$ - время продолжительности естественных процессов, раб.дни.

Межоперационное время ($T_{\text{МО}}$) ориентировочно может быть рассчитано по эмпирической формуле:

для деталей с числом операций от 2 до 4:

$$T_{\text{МО}} = 4,7 + 0,39 Kc \quad (\text{час}),$$

для деталей с числом операций от 5 до 10:

$$T_{\text{МО}} = 0,04 + 0,45 Kc \quad (\text{час}),$$

где Kc - коэффициент специализации, равный отношению количества выполняемых операций на участке (за месяц) к количеству оборудования, работающего в первую смену;

В составе производственного цикла находится длительность технологического цикла последовательного вида движения, исчисляемая в часах:

$$T_{\text{ТЕХ.Ц-ПОСЛ}} = n \sum_{i=1}^m \frac{t_{\text{ум-к}_i}}{K_{\text{рм}_i} \cdot h_{\text{раб}_i} \cdot K_{\text{вн}_i} \cdot 60}, [\text{час}] \quad (5)$$

Преимущества: простота в организации, полная загрузка рабочих мест на период обработки партии деталей.

Недостатки: максимальная продолжительность цикла.

Применение: индивидуальное и мелкосерийное производство.

Пример 1: Исходные данные:

<i>i</i> оп.	$t_{ум}$, мин	K_{PM} , шт.
1	4	1
2	8	2
3	6	1

$n = 5$ шт. – партия
 $p = 1$ шт.- передаточная партия
 $t_{MO}=0,2$ час = 12мин
 $t_{ECT} = 0$ мин

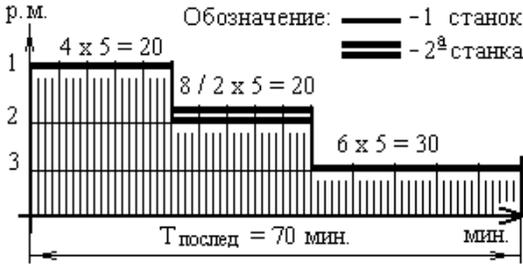


Рисунок 1.
 График технологического цикла последовательного вида движения

$$T_{ПЦ-посл} = T_{ТЕХЦ-посл} + T_{MO} = 5 \sum (4/1 + 8/2 + 6/1) + (3-1)12 = 70 + 24 = 94 \text{ мин.}$$

Пример 2.

Исходные данные для последовательного вида движения

№ оп.	$t_{умi}$, мин.	$K_{PM i}$, шт.	Примечание $n = 5$ шт. - партия $p = 1$ шт. – передаточная партия $t_{mo} = 0,2$ час = 12мин $t_{ect} = 0$
1	2	1	
2	6	2	
3	5	1	
4	2	1	
5	3	1	

При работе на двух станках обработка партии деталей сокращается вдвое, поэтому на графике на 2-ой операции двойная полоса (2 станка).

$$T_{ТЕХЦ-посл} = 5 (2/1 + 6/2 + 5/1 + 2/1 + 3/1) = 75 \text{ мин.}$$

$$T_{ПЦ-посл} = 5 (1/1 + 6/2 + 5/1 + 2/1 + 3/1) + (5-1)12 = 75 + 48 = 123 \text{ мин.}$$

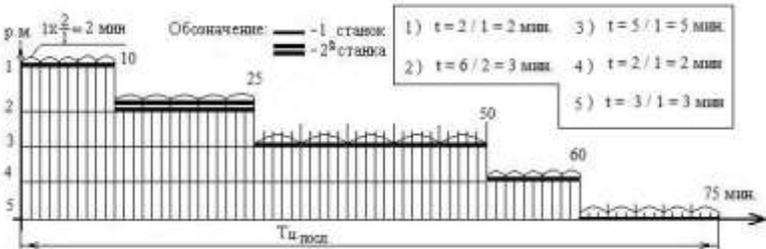


Рисунок 2. График последовательного вида движения

Параллельная форма организации производственного процесса – форма, при которой обработанная передаточная партия после её изготовления на определенной операции (рабочем месте) немедленно передается на последующую операцию (рабочее место). Выполняется принцип: «сделал – передал».

Длительность производственного цикла в рабочих днях для параллельного вида движения рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{ПЦ-ПАР}} = \frac{1}{sqf} \left[p \sum_{i=1}^m \frac{t_{\text{ум-к}_i}}{K_{\text{рм}_i} \cdot h_{\text{раб}_i} \cdot K_{\text{вн}_i} \cdot 60} + (n-p) \left(\frac{t_{\text{ум-к}_{\text{MAX}}}}{K_{\text{рм}_i} \cdot h_{\text{раб}_i} \cdot K_{\text{вн}_i} \cdot 60} \right) + (i-1)t_{\text{МО}} \right] + t_{\text{ЕСТ}} \quad (6)$$

где p - величина передаточной партии, шт. (в курсовом проекте принимается $p = 1$ при массе детали > 5 кг); остальные обозначения те же, что и в формуле (4).

Длительность технологического цикла в часах для параллельного вида движения:

$$T_{\text{ТЕХ.Ц-ПАР}} = p \cdot \sum \frac{t_{\text{ум-к}_i}}{K_{\text{рм}_i} \cdot h_{\text{раб}_i} \cdot K_{\text{вн}_i} \cdot 60} + (n-p) \left(\frac{t_{\text{ум-к}_{\text{MAX}}}}{K_{\text{рм}_i} \cdot h_{\text{раб}_i} \cdot K_{\text{вн}_i} \cdot 60} \right), \text{ [мин]} \quad (7)$$

Преимущества: длительность сокращается до минимума.

Недостатки: на рабочих местах могут быть простои оборудования.

Применение: ПЛ серийного и массового производства.

Пример 1. Исходные данные:

i оп.	$t_{\text{ум}}$, мин	$K_{\text{рм}}$, шт.
1	3	1
2	10	2
3	2	1

$$\begin{aligned} n &= 5 \text{ шт.} \\ p &= 1 \text{ шт.} \\ t_{\text{МО}} &= 1 \text{ мин.} \end{aligned}$$

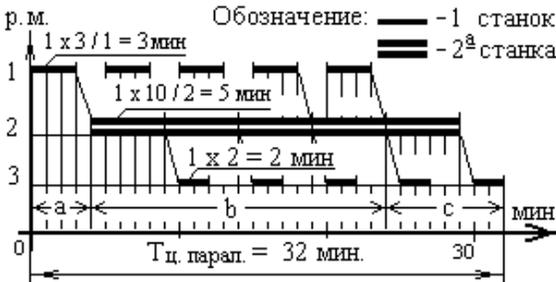


Рисунок 3. График параллельного вида движения

$$T_{\text{ПЦ ПАР}} = a + b + c$$

$$a + c = p \sum t_{\text{шт}_i} / K_{\text{рм}_i}$$

$$b = (n-p) t_{\text{MAX}}$$

Пример 2. Исходные данные для параллельного вида движения

№ оп.	$t_{шмi}$, мин.	$K_{рмi}$, шт.	Примечание $n = 5$ шт. - партия $p = 1$ шт. – передаточная партия $t_{мо} = 0$ $t_{ест} = 0$
1	2	1	
2	6	2	
3	5	1	
4	2	1	
5	3	1	

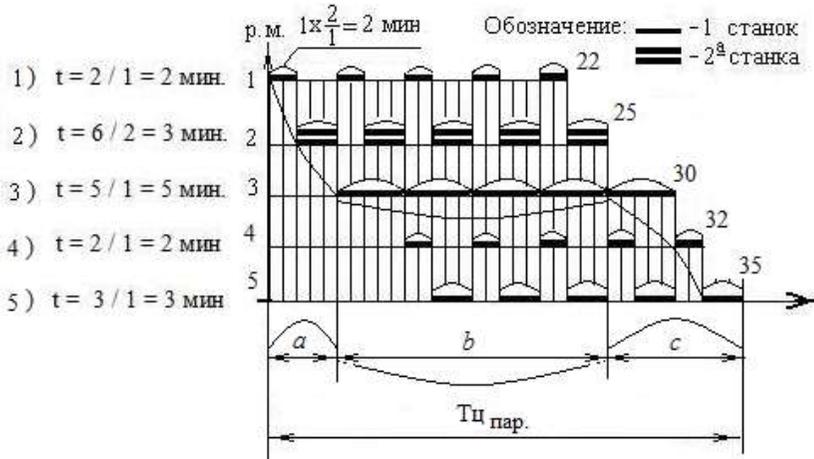


Рисунок 4. График параллельного вида движения.

$$T_{ТЕХ.Ц-ПАР} = 1 (2/1 + 6/2 + 5/1 + 2/1 + 3/1) + (5-1) (5/1) = 35 \text{ мин.}$$

С учетом межоперационных перерывов (транспортирования) по исходным данным таблицы время цикла составит:

$$T_{ЦИ-ПАР} = [1 (2/1 + 6/2 + 5/1 + 2/1 + 3/1) + (5-1) (5/1)] + (5-1) 12 = 83 \text{ мин.}$$

Принципиальная схема параллельного вида движения деталей по рабочим местам в соответствии с операциями технологического процесса представлена на рисунке

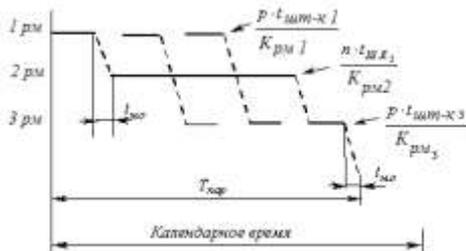


Рисунок 5. Принципиальная схема графика параллельного вида движения

Параллельно-последовательная форма организации производственного процесса – форма, при которой обработка партии деталей на каждой операции (рабочем месте) производится непрерывно с максимально возможной параллельностью на смежных операциях (рабочих местах).

При данном виде движения соблюдаются требования:

- Непрерывная обработка всей партии деталей на каждой операции;
- Передача деталей с одного рабочего места на другое осуществляется поштучно или транспортными партиями p по принципу «сделал – передал»;
- Выполнение операций на смежных рабочих местах частично совмещаются во времени.

Длительность производственного цикла в рабочих днях для параллельно-последовательного вида движения рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{ПЦ-ПАР/ПОСЛ}} = \frac{1}{\text{sqf}} \left[n \sum_{i=1}^m \frac{t_{\text{шт}i}}{K_{\text{PM}i} \cdot h_{\text{РАБ}i} \cdot K_{\text{ВН}i} \cdot 60} - (n-p) \sum_{i=1}^m \left(\frac{t_{\text{шт}i}}{K_{\text{PM}i} \cdot h_{\text{РАБ}i} \cdot K_{\text{ВН}i} \cdot 60} \right)_{\text{КОР.ПАР}} + (m-1)t_{\text{МО}} \right] + t_{\text{ЕСТ}} \quad [\text{дн.}] \quad (8)$$

Длительность технологического цикла в часах для параллельно-последовательного вида движения

$$T_{\text{ТЕХ.Ц-ПАР/ПОСЛ}} = n \sum_{i=1}^m \frac{t_{\text{шт}i}}{K_{\text{PM}i} \cdot h_{\text{РАБ}i} \cdot K_{\text{ВН}i} \cdot 60} - (n-p) \sum_{i=1}^m \left(\frac{t_{\text{шт}i}}{K_{\text{PM}i} \cdot h_{\text{РАБ}i} \cdot K_{\text{ВН}i} \cdot 60} \right)_{\text{КОР.ПАР}} \quad [\text{час}] \quad (9)$$

Пример 1. Исходные данные.

i оп.	$t_{\text{шт}i}$, мин	$K_{\text{PM}i}$, шт.
1	3	1
2	10	2
3	2	1

$n = 5$ шт.

$p = 1$ шт.

$t_{\text{МО}} = 1$ мин.

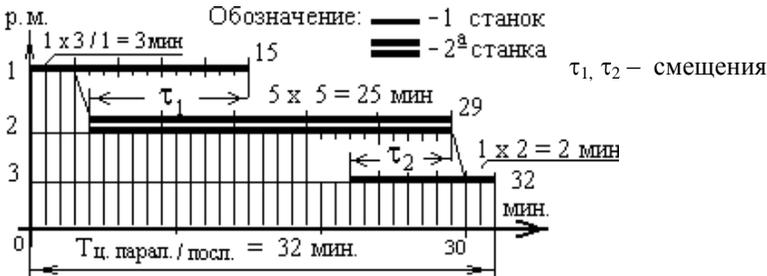


Рисунок 6. График параллельно-последовательного вида движения, графическое решение примера 1

Пример 2. Исходные данные для расчета $T_{Ц\text{ПАР/ПОСЛ}}$

№ оп.	$t_{шт.и}$, мин.	$K_{р.м.и}$ шт.	Примечание
1	2	1	$n = 5$ шт. - партия $p = 1$ шт. – передаточная партия $t_{мо} = 0,2$ час = 12 мин $t_{ест} = 0$
2	6	2	
3	5	1	
4	2	1	
5	3	1	

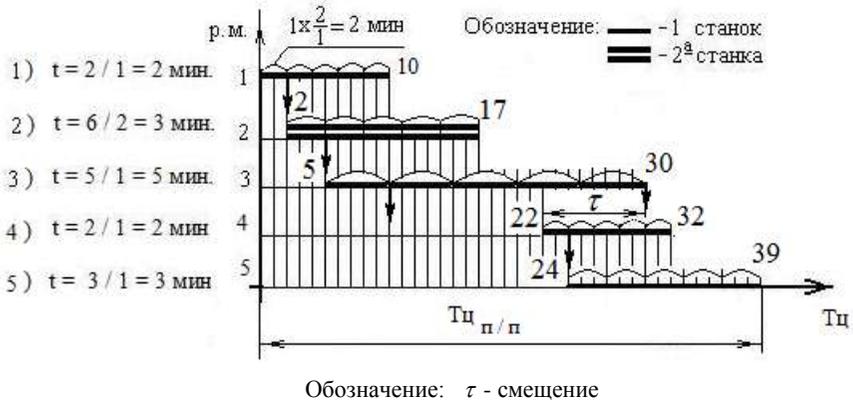


Рисунок 7. График параллельно-последовательного вида движения, графическое решение примера 2

$$T_{ТЕХ.Ц-ПАР/ПОС} = T_{ТЕХ.Ц ПОСЛ} - \sum \tau_i \quad (10)$$

$$\sum \tau_i = (n - p) t_{корот. пар} \quad (11)$$

$$T_{ТЕХ.Ц-ПАР/ПОС} = T_{ТЕХ.Ц ПОСЛ} - (n - p) t_{корот. пар} \quad (12)$$

Для примера 2:

$$T_{ТЕХ.Ц\text{ПАР/ПОСЛ}} = 5 \left(\frac{2}{1} + \frac{6}{2} + \frac{5}{1} + \frac{2}{1} + \frac{3}{1} \right) - (5-1) \left(\frac{2}{1} + \frac{6}{2} + \frac{2}{1} + \frac{2}{1} \right) = 39 \text{ мин.}$$

«короткие пары»

$$T_{Ц\text{ПАР/ПОСЛ}} = [5 \left(\frac{2}{1} + \frac{6}{2} + \frac{5}{1} + \frac{2}{1} + \frac{3}{1} \right) - (5-1) \left(\frac{2}{1} + \frac{6}{2} + \frac{2}{1} + \frac{2}{1} \right)] + (5-1) 12 = 87 \text{ мин.}$$

«короткие пары» + межоперационное время

2 **Формы организации производственных процессов на участках, разновидности специализации и классификация участков**

Существует две формы организации производственного процесса: **поточная и непоточная.**

Непоточная форма организации производственного процесса характеризуется расположением рабочих мест по группам однотипного оборудования или согласно установленной последовательности операций технологических процессов.

Особенности:

- Несоблюдение прямоочности движения при обработке деталей;
- Различие в трудоемкости на операциях – на рабочих местах т.е. несоблюдение пропорциональности;
- Отсутствие стабильной специализации рабочих мест;
- Передача деталей партиями между рабочими местами;
- Частые переналадки оборудования для обработки деталей различных наименований;

Не поточная форма ОПП отмечается в условиях единичного и мелкосерийного производства.

Поточная форма организации производственного процесса характеризуется строгим расположением рабочих мест согласно установленной последовательности операций технологических процессов.

Особенности:

- Соблюдение прямоочности движения при обработке деталей;
- Трудоемкость выполнения операций на различных местах кратна периодичности выпуска изделия;
- В выполнении всех операций преобладает синхронность;
- Обеспечивается ритмичность выпуска;
- Соблюдение специализации на рабочих местах;
- Передача деталей чаще поштучная; но может быть партионная.
- Редкая переналка оборудования (станки не переналаживаются на обработку различных деталей, т.к. рабочие места специализированы по операциям);
- Соблюдение непрерывности, параллельности вида движения деталей;

Поточная форма основывается на ритмичной повторяемости основных и вспомогательных процессов, согласованных во времени, выполняемых на специализированных рабочих местах, расположенных в порядке маршрута обработки.

Производственный участок является первичным структурным звеном на любом машиностроительном предприятии, и выбор формы организации на нем производственных процессов (поточной или непоточной) зависит от специализации.

Существуют следующие **виды специализации: технологическая и предметная** (и их разновидность поддетальная).

На участках с технологической формой специализации выполняются однородные операции технологического процесса, например револьверные, фрезерные, сверлильные. Образуются участки фрезерных, сверлильных и других групп станков.

На участках с предметной формой специализации обрабатываются детали определенного класса (предмета), например шестерен, угольников, крестовин, корпусных деталей. Такие участки оснащаются оборудованием, обеспечивающим законченный цикл обработки деталей соответствующего класса (предмета).

Предметная форма специализации имеет ряд преимуществ перед технологической. Она создает необходимые предпосылки для выбора наиболее совершенных форм организации производственных процессов, что обеспечивает высокую производительность труда рабочих, короткие циклы обработки деталей, повышение качества продукции, сокращает затраты труда и времени на транспортирование деталей в процессе производства, упрощает планирование производства и, следовательно, повышает рентабельность производства.

Технологические участки имеют лишь одно преимущество перед предметными: при смене объекта (предмета) производства нет необходимости всякий раз заново разрабатывать планировку производственных участков и производить перестановку оборудования. В связи с этим технологическая форма специализации участков иногда оказывается рациональной в опытном производстве, где имеет место частая смена объекта (предмета) производства.

Все участки с предметной формой специализации можно подразделить на участки с упорядоченными и неупорядоченными производственными процессами обработки (сборки) на них деталей (СЕ).

Участки с неупорядоченными производственными процессами - это участки, на которых не выдерживается постоянный ритм работы, не соблюдается постоянная периодичность запуска деталей в обработку, не остается постоянной партия от запуска к запуску деталей в обработку. Форма организации производственных процессов на них - непоточная (НП). При этом нестабильность перечисленных показателей работы носит не объективный характер, определяемый особенностями производственного процесса, а субъективный и является нарушением нормального хода производства. Такая неупорядоченность снижает ритмичность производства, вызывает штурмовщину в работе и, как следствие, приводит к низким экономическим показателям.

Оперативная работа производственных участков при таких условиях, как правило, подчинена покрытию дефицита деталей на сборке, и оперативные планы работы обрабатывающих цехов и участков в этих случаях формируют исходя из обеспеченности сборки деталями. Такая нерациональная организация производства может иметь место при большой номенклатуре обрабатываемых деталей или сборки сборочных единиц (СЕ), так как большая номенклатура объектов производства весьма затрудняет обеспечение высокого уровня управления процессами производства.

Участки с упорядоченными производственными процессами - это участки, на которых выдерживается постоянный ритм работы, соблюдается постоянная периодичность запуска постоянной партии деталей в обработку, форма организации производственного процесса - поточная (ПЛ). В зависимости от номенклатуры обрабатываемых деталей все производственные участки с предметной формой специализации подразделяются на участки, занятые обработкой (сборкой) одного предмета труда, и участки, занятые обработкой (сборкой) двух и более предметов труда.

В случаях, когда участок специализируется на обработке деталей одного наименования, производственный процесс приобретает форму *однопредметной поточной линии*. Эта форма может быть неоднозначной. Она зависит от степени синхронизации на линии производственного процесса обработки деталей или сборки сборочных единиц. Если технологический процесс обработки или сборки предмета труда поддается полной синхронизации, то поточная линия приобретает форму *непрерывной* поточной линии, а организация производственного процесса во времени — параллельную форму. Если полную синхрониза-

цию технологического процесса обработки или сборки предмета труда осуществить не представляется возможным, то поточная линия принимает форму непрерывной поточной линии, а форма организации производственного процесса на ней — параллельно-последовательную. Особенностью моделирования производственных процессов на *прерывных* поточных линиях является создание оборотных заделов деталей.

Непрерывным условием создания однопредметной поточной линии является возможность полной загрузки обслуживающих её рабочих и оборудования обработкой или сборкой одного предмета труда.

Такое условие выдерживается, когда средняя длительность операций технологического процесса обработки деталей равна (примерно равна) или больше периода их потребления на сборке изделия, т. е. равна или больше такта работы поточной линии. В противном случае одно-предметные поточные линии нерациональны, так как отсутствуют условия для полной загрузки рабочих и оборудования. Поэтому в таких случаях участки формируются как многопредметные.

В случае, если расчет ритма работы участка по тем или иным причинам затруднителен, число деталей, необходимое для полной загрузки его рабочих мест, определяют исходя из годового полезного фонда времени работы участка и трудоемкости обработки такого числа деталей, которое обеспечивает годовую их потребность на сборке. *Многопредметные* участки в зависимости от формы организации на них производственных процессов, в свою очередь, могут иметь несколько разновидностей, на которых форма организации производственных процессов определяется особенностью технологических процессов обработки или сборки на них предметов труда.

С точки зрения специфики выполняемых технологических процессов обработки деталей или сборки сборочных единиц производственные участки можно подразделить на две разновидности: участки, технологические процессы обработки или сборки предметов труда на которых таковы, что переход от выполнения одноименных операций различных деталей или сборочных единиц не сопряжен с потерей рабочего времени, например на наладки и под наладки оборудования; участки, на которых переход от выполнения операции технологического процесса обработки детали или сборки сборочной единицы одного наименования к операции технологического процесса обработки детали или сборочной единицы другого наименования сопряжен с потерями рабочего времени.

При первой разновидности процесс обработки (сборки) деталей (СЕ) организуется в форме *постоянной многопредметной поточной линии*. Она обеспечивает наиболее короткий цикл обработки деталей, требует минимальных оборотных заделов, а, следовательно, и минимума оборотных средств. В основе функционирования многопредметных поточных линий лежит единый ритм работы. Такие линии через каждый ритм выпускают полный комплект деталей или сборочных единиц, необходимых для сборки одного или нескольких изделий. Отличительная черта постоянных многопредметных поточных линий: единый ритм выпуска рассчитывается для всего комплекта деталей или сборочных единиц, на основе которого производится синхронизация технологических процессов обработки (сборки) деталей (СЕ).

В зависимости от достигнутой степени синхронизации технологических процессов постоянные многопредметные линии также могут принимать форму либо непрерывной, либо прерывной поточной линии.

При второй разновидности технологических процессов обработки деталей постоянные поточные линии нерациональны, так как их организация ведет к неоправданно большим потерям рабочего времени. В этом случае целесообразна организация *переменных поточных линий*. На переменных поточных линиях детали или сборочные единицы каждого наименования запускаются в обработку не комплектами, а партиями. Ритм работы каждой переменной поточной линии при обработке детали или сборке сборочной единицы каждого наименования изменяется. Синхронизация технологических процессов обработки (сборки) деталей (СЕ) при проектировании таких поточных линий проводится для каждой отдельно взятой детали или сборочной единицы. В зависимости от достигнутой синхронизации многопредметные переменные поточные линии также могут принимать форму либо непрерывных, либо прерывных поточных линий.

Решение об организации многопредметных поточных линий принимается, когда соблюдается принцип пропорциональности: время выполнения одноименных операций технологических процессов обработки (сборки) всех деталей (СЕ) должно быть пропорционально суммарной трудоемкости их обработки (сборки). См. п. 4.2.2.

Если принцип пропорциональности для технологических процессов обработки (сборки) деталей (СЕ) не выполняется, то проектируемые многопредметные переменные поточные линии будут приводить к нерациональной загрузке рабочих и оборудования таких линий. По-

этому в подобных случаях рациональна организация групповых поточных линий.

Отличительной особенностью групповых поточных линий является то, что на них не соблюдается единый ритм работы участка при обработке разнородных деталей или сборке сборочных единиц каждого наименования. Групповые потоки основаны на применении групповых методов обработки. по ГОСТ 14.316-82. Групповой технологический процесс (ТП) - это процесс изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками.

Классификационная таблица производственных участков с различными формами организации производственного процесса представлена на рисунке 8.

3 Выбор формы организации производственного процесса

Для определения формы организации производственного процесса изготовления детали используется показатель массовости:

$$k_{\mu} = \frac{\sum_1^m t_{умi}}{\tau \sum_1^m K_{р.Ми}^{прин}}, \quad (13)$$

где K_{μ} - показатель массовости технологического процесса. Физический смысл показателя массовости – средняя загрузка рабочих мест.

$\sum t_{умi}$ - суммарная трудоемкость обработки изделий по всем операциям технологического процесса;

τ - такт, интервал времени между последовательным выпуском двух экземпляров одноименных изделий, мин/шт:

$$\tau = \frac{\Phi_{ЭФ_д_об}^{ГОД(КВ,МЕС)}}{N_{ГОД(КВ,МЕС)}}, \quad (14)$$

где $\Phi_{ЭФ_д_об}^{ГОД(КВ,МЕС)}$ - эффективный, действительный фонд времени работы оборудования в расчетном периоде, час;

$N_{ГОД(КВ,МЕС)}$ - программа выпуска изделий в расчетном периоде: год, квартал, месяц, шт.

m - число операций технического процесса.
 $\sum_1^m K_{р.Ми}^{прин}$ - суммарное принятое число рабочих мест по всем операциям.

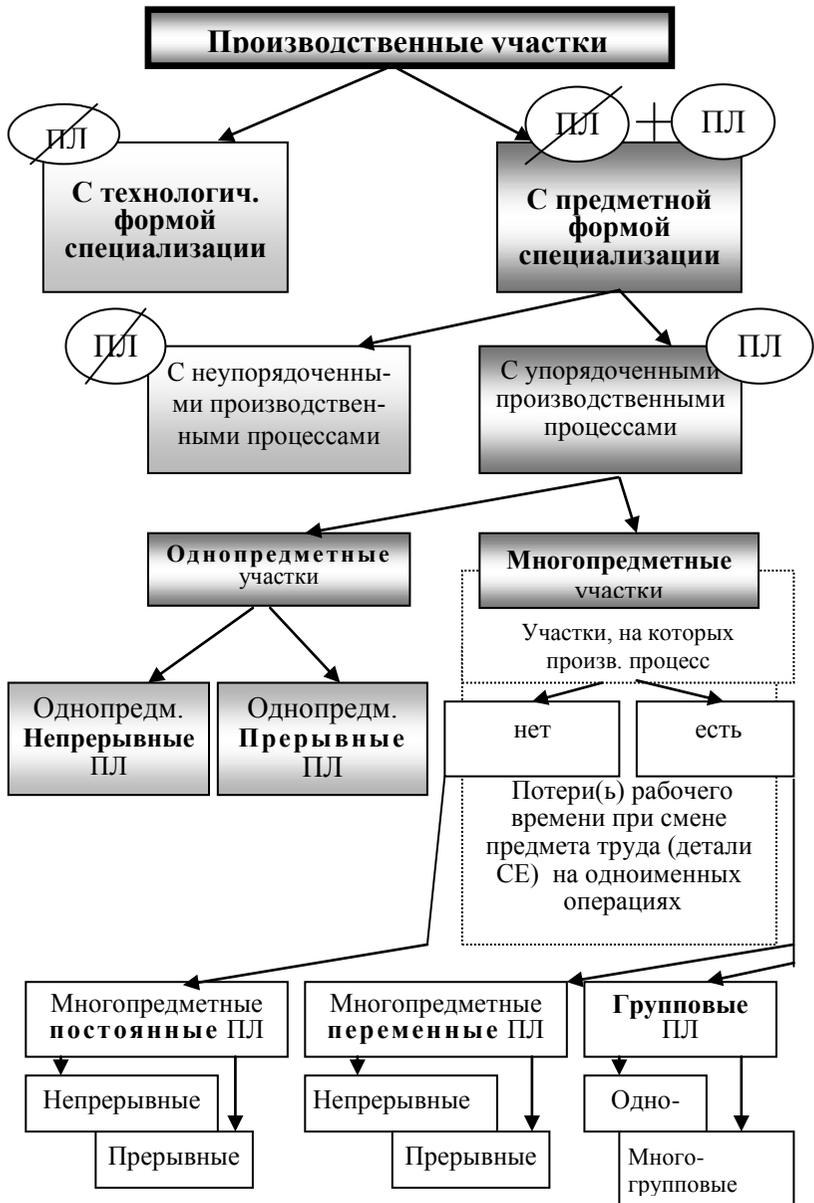


Рисунок 8. Формы организации производственных процессов.

Для определения формы организации производства (расчета коэффициента массовости) необходимо задать сменность работы и определить эффективный фонд времени работы оборудования:

$$\Phi_{эф.об}^{год} = ((D_k - D_{в.н}) \cdot q - D_{н.н} \cdot q') \cdot S(1 - (вр + вн) / 100) \text{ [час]}, \quad (15)$$

где D_k - число календарных дней в году ;

$D_{в.н}$ - число выходных и праздничных дней в году
(определяется по календарю);

q - продолжительность работы в смену, 8 ч.;

$D_{н.н}$ - число предпраздничных дней в году
(определяется по календарю);

q' - время сокращения смены в предпраздничный день, 1 час.;

S - число смен работы в сутки (1,2,3);

$вр$ - затраты времени на ремонт оборудования в процентах
к годовому фонду $2 \div 12\%$;

$вн$ - затраты времени на наладку оборудования в процентах
к годовому фонду $4 \div 12\%$;

После определения годового фонда времени определится квартальный и среднемесячный фонд времени.

Форма организации определяется по рассчитанному коэффициенту массовости:

$0,8 < K_{\mu} \leq 1,0$ - по всем операциям технического процесса возможна организация непрерывного поточного производства;

$0,7 < K_{\mu} \leq 0,8$ - возможна организация поточного производства, однономенклатурной ПЛ:

при равенстве $t_{ум}$ по операциям -непрерывного

при неравенстве $t_{ум}$ по операциям –прерывного

поточного производства.

$0,3 < K_{\mu} \leq 0,7$ - возможна организация поточного производства: многопредметных ПЛ:

при равенстве $t_{ум}$ по операциям – непрерывного

при неравенстве $t_{ум}$ по операциям – прерывного

поточного производства.

$0 \leq K_{\mu} \leq 0,3$ – при обработке большой номенклатуры ДСЕ возможна организация групповых ПЛ или участка с не поточной формой организации производства.

ПРИМЕР расчета K_{μ}

Расчет производить для каждой детали.

За квартал необходимо изготовить $N_{кв}=20\text{м/к}$, в каждом машино-комплексе содержится 257 деталей, требуемых к изготовлению.

Эффективный фонд работы оборудования за квартал $\Phi_{\text{эф}}^{\text{кв}} = 858\text{нас.}$

Трудоемкость обработки детали по операциям:

N оп	1	2	3	4	Σ
$t_{\text{ум}}$, мин	8	5	40	15	68

1. Определим такт: $\tau = 858 \cdot 60 / 20 \cdot 257 = 10$ мин

2. Число рабочих мест по операциям составит

$$K_{\text{р.м.1}} = 8/10 = 0.8 = 1 \quad K_{\text{р.м.2}} = 40/10 = 4$$

$$K_{\text{р.м.3}} = 5/10 = 0.5 = 1 \quad K_{\text{р.м.4}} = 15/10 = 1.5 = 2$$

$$\Sigma K_{\text{р.м.1}} = 1 + 1 + 4 + 2 = 8.$$

3. $\Sigma t_{\text{шт.}} = 8 + 5 + 40 + 15 = 68$ мин

4. $K_{\mu} = 68 / 8 \cdot 10 = 0.85$

Для рассмотренного примера способ организации производства - непрерывная поточная линия.

4 Непоточная форма организация производственного процесса на участке

Непоточная форма организации производственного процесса применима в условиях мелкосерийного, серийного типа производства. Главным организующим началом этой формы организации служит объединение предметов труда в группы с едиными конструктивными характеристиками и осуществление планирования, изготовления с одной наладки оборудования, т.е. запуск и выпуск деталей партиями. Характерной особенностью мелкосерийного и серийного типов производств является выпуск деталей (ДСЕ) партиями

Требуемые исходные данные для расчета:

- Номенклатура деталей (ДСЕ)
- Годовой выпуск $N_{Г}$,
- Режим работы (сменность) S ;
- Технологический процесс обработки – ТП;
- Штучное время на операции $t_{\text{ум}}$;
- Средний коэффициент выполнения норм- $K_{ВН}$;
- Модели используемого оборудования.

4.1 Расчет размера партии запуска деталей

Партия изготовления деталей (n) – это количество деталей одного наименования, проходящих процесс обработки с одной наладки, или количество деталей, обрабатываемых подряд одна за другой до перехода к изготовлению деталей другого наименования.

Разделяют два этапа определения оптимального размера « n »:
1) - расчетный этап, 2) - корректировка расчетов – согласование с месячной и суточной программой

Расчетный этап.

а) по трудоемкости изделия

по ведущей операции для мех. обработки;

$$n_{\min} = \max \left\{ \frac{T_{n3}}{t_{um}} \right\}_i \quad (16)$$

по основной технологической операции

(кузнечная - штамповка, ковка,
литейная - формовка),

$$n_{\min} = \frac{T_{n3}}{t_{um} \times \alpha} \quad (17)$$

где α - дополнительный коэффициент потерь времени на переналадку:

для универсальных станков – 2-5 %

для полуавтоматов – 5-7 %

для автоматов – 10-12 %

б) по стоимостным показателям

один из многих методов расчета (в курсовой не применяется)

$$n_{\min} = \sqrt{\frac{2C_{\text{ПАРТИИ ЗАП}} \cdot N_{\Gamma}}{C_{\text{ИЗГ}}^1 \cdot K_{\text{НЗ}}}}, \quad (18)$$

где $C_{\text{зап}}$ - затраты по запуску партии в обработку,

$C_{\text{изг}}$ - затраты на изготовление 1 детали,

$K_{\text{НЗ}}$ - коэффициент нарастания затрат

$$K_{\text{НЗ}} = \frac{g+1}{2}, \quad (19)$$

где g – удельный вес первоначальных затрат в себестоимости изготовления

Следующим этапом в последовательности расчета оптимального размера партии является корректировка.

Этап корректировки:

Корректировка n_{\min} и $n_{\text{опт}}$, должна удовлетворять двум условиям :

$$\text{а) } n = \frac{N_{\text{MEC}}}{m_{\text{зап}}} ; n = \frac{N_{\text{MEC}}}{K_1} , \quad (20)$$

где $N_{\text{мес}}$ - месячный выпуск деталей данного наименования, шт. ;

$m_{\text{зап}}$ - число запусков;

K_1 - принятое число партий в месячном выпуске (6, 3, 1, 1/2, 1/8).

$$\text{б) } n = N_{\text{см}} \cdot K_2 , \quad (21)$$

где $N_{\text{см.}}$ - фактический сменный (или полу сменный) выпуск , шт. ;

K_2 - принятое целое число смен (или полу смен)

4.2 Расчет количества оборудования

Расчеты могут производиться по одному из следующих способов: по технически обоснованной норме времени, по цикловому времени изготовления изделия, по удельным показателям (например, по количеству оборудования на тонну продукции).

Для механообрабатывающих цехов расчет количества оборудования производим по технически обоснованной норме времени.

Расчет оборудования по трудоемкости ($t_{\text{шт}}$; $t_{\text{шт-к}}$):

Для каждой операции или модели станка расчетное количество оборудования определяется по формуле:

$$K_{\text{об.}i}^{\text{расч}} = \frac{\sum_{i=1}^m t_{\text{шт-к}_i} \cdot N_{\text{год}_i} \cdot K_{\text{НЗП}_i}}{\Phi_{\text{эф.год}_i} \cdot K_{\text{вн}_i} \cdot 60} , \quad (22)$$

где $K_{\text{об.}i}^{\text{расч}}$ - расчетное количество оборудования, число дробное, шт.;

i - количество наименований деталей, обрабатываемых на данной модели оборудования;

m - число операций.

$K_{\text{в.н.}}$ - средний коэффициент выполнения норм на участке

$$K_{\text{в.н.}} = 1.05 \div 1.1;$$

$\Sigma t_{\text{шт.}i}$ - сумма штучного времени, мин.;

$K_{\text{НЗП}}$ - коэффициент незавершенного производства, отношение валового объема производства к выполненной трудоемкости B/T_{Σ} ;

Расчетное значение $K_{об.i}^{расч}$ округляется до целого числа, как правило в сторону увеличения при значении больше 0,25. Таким образом, принимается количество оборудования, обозначаемое как $K_{об.i}^{прин}$. Отношение расчетного количества оборудования к принятому дает коэффициент загрузки:

$$K_{заг_i} = \frac{K_{об.i}^{расч}}{K_{об.i}^{прин}}, \quad (23)$$

На практике для универсального оборудования $K_{заг} \leq 0.8-0.9$:

для уникального $K_{заг} \leq 1.14 \div 1.1$

Общий коэффициент загрузки на участке определяется по формуле:

$$K_{заг.общ} = \frac{\sum K_{об.i}^{расч}}{\sum K_{об.i}^{прин}}, \quad (24)$$

Как правило, значение $K_{заг.общ} > 0.65$

Расчет оборудования по цикловому времени (стапеля, стенды)

Расчет выполняется по формуле:

$$K_{об.i}^{расч} = \frac{N_{год(кв,мес)_i} \cdot T_{ци}^i}{\Phi_{эф.(год,кв,мес)_i}}, \quad (25)$$

$T_{ци}$ - цикл нахождения изделия в стапеле (стенде), час.

Округленное значение $K_{об}^{расч}$ называют принятым – $K_{об}^{прин}$

Степень использования оборудования подсчитывается аналогично коэффициенту загрузки оборудования.

4.3 Составление календарного плана-графика работы производственного участка

График работы оборудования составляется для каждого станка на основании рассчитанных значений продолжительностей цикла обработки партии деталей с учетом последовательной или параллельно-последовательной передачи партии деталей с одного рабочего места на другое, т.е. расчетом длительности цикла обработки партии деталей определенного вида движения.

(См. раздел 1 и пример далее).

4.4 Пример расчета 1. Программы выпуска изготовления деталей одинаковые

Исходные данные

Месячный выпуск изделия - 1000 шт. Каждое наименование детали входит в изделие по 1 шт. Количество рабочих дней в месяце - 20 раб. дн., поэтому ежедневно ($N_{\text{дн}}$) в цехе собирается по 50 шт. изделий. Состав операции технологического процесса обработки деталей и нормы штучного времени приведены в таблице 1.

Таблица 1. Состав операций и нормы времени ($t_{\text{шт}}$) обработки

№	оп.	Нормы $t_{\text{шт}}$, мин.						$T_{\text{н.з.}}$ мин	$\alpha_{\text{об}}$, %
		А	Б	В	Г	Д	Е		
1	Ток.	6,0	11,	13,0	6,0	4,0	8,0	30,0	0,04
2	Рев.	10,	--	15,0	8,0	7,0	5,0	20,0	0,04
3	Фрез.	4,0	3,4	12,0	4,0	--	3,0	60,0	0,04
4	Фрез.	--	12,	9,0	5,0	9,0	6,0	20,0	0,04
5	Свер.	--	5,0	8,0		4,0	--	20,0	0,04
6	Шлиф.	2,0	--	12,0	--	5,0	5,0	10,0	0,04

Время на плановый ремонт и наладку оборудования - 6% от номинального фонда времени. Допустимый процент потерь времени на переналадку ($\alpha_{\text{об}}$) указан в таблице.

Режим работы - двух сменный, $s = 2$ см. Продолжительность смены $q_{\text{см.}} = 8$ часов. Межоперационное пролёживание $T_{\text{мо}} = 1$ смена.

Страховой задел равен однодневной потребности деталей.

Определение размера партии и периодичности запуска деталей

Минимальный размер определяется двумя способами в зависимости от модели оборудования, используемого для обработки.

1 способ. Если оборудование требует значительного времени на наладку, например автоматы, агрегатные станки, то в качестве критерия при установлении величины партии принимается такое соотношение между $T_{\text{н.з.}}$ и $t_{\text{шт}}$ на ведущих операциях, которое соответствует допустимому проценту потерь на наладку.

Ведущей операцией считается та, которая имеет наибольшее отношение $T_{\text{н.з.}}$ к $\sum t_{\text{шт}}$, а минимальный размер определяется по формуле:

$$n_{\text{min}} = T_{\text{н.з.}} / (t_{\text{шт}} \alpha_{\text{об}}) \quad (26)$$

2 способ. Если оборудование не требует значительного времени на наладку, то нормативная величина партии определяется из условия обеспечения непрерывности выполнения каждой операции в течение менее смены. При этом для наиболее производительной операции технологического процесса размер партии должен быть как минимум равен сменной или полусменной выработке деталей на соответствующем оборудовании. Продолжительность обработки партии деталей в данном случае определяется по наиболее трудоемким операциям, чтобы избежать значительного увеличения длительности производственного цикла.

Затем размер партии корректируется: ее величина приводится в соответствие с потребностью в деталях для выполнения программы выпуска. При этом периодичность изготовления партии деталей укладывалась в объеме планового задания целое число раз или кратна этой величине.

В примере первый способ определения партии деталей используется для деталей «А», «Б», «В», «Г», «Е» т. к. именно они обрабатываются на ведущей операции, которую определили по наибольшему значению отношения $T_{н.з.}$ к $t_{ум}$. Ведущей операцией, по которой следует производить расчет минимальной партии, в данном случае является третья операция - фрезерная (таблица 2.). Если на ведущей операции нет детали (Д), то размер партии для этой детали находится по способу №2. Все расчеты сведены в таблицу 3.

Таблица 2. Определение отношения $T_{н.з.}$ к $\sum t_{ум}$ для всех деталей

№	Наим.оп.	А	Б	В	Г	Д	Е	$\sum t_{ум}$	$T_{н.з.}$	$T_{н.з.}/\sum t_{ум}$
1	Токарная	6,0	11,0	13,0	6,0	4,0	8,0	48	30	0,62
2	Револьв.	10,0	--	15,0	8,0	7,0	5,0	45	20	0,44
<u>3</u>	<u>Фрезерная</u>	<u>4,0</u>	<u>3,4</u>	<u>12,0</u>	<u>4,0</u>	--	<u>3,0</u>	<u>27</u>	<u>60</u>	<u>2,22</u>
4	Фрезерная	--	12,0	9,0	5,0	9,0	6,0	41	20	0,49
5	Сверлил.	--	5,0	8,0		4,0	--	17	20	1,18
6	Шлифовал.	2,0	--	12,0	--	5,0	5,0	24	10	0,04
	Итого:	22,0	31,4	54,0	23,0	29,0	27,0			

Порядок корректировки по способу №2 для дет. А :

$$n_{min} = \frac{480}{2} = 240, \quad \text{Кратность } R_{3-в.}^{расч} = \frac{1000}{240} = 4,15,$$

$$\frac{20 \text{ раб. дн.}}{4,15 \text{ запуска}} = 4,82 \cong 5 \text{ дней} \quad n_{omm} = 5 \text{ дн} \bullet 50 \text{ шт.} = 250 \text{ шт.}$$

Данный расчет указан для сопоставления с результатами, полученными по способу №1.

Для определения партии запуска предпочтительнее способ №1, основанный на $T_{нз}$, учитывающий переналадку оборудования. Для определения оптимального размера партии запуска принимаем во внимание величину партии детали А, равную 375 шт. и с учетом корректировки оптимальный размер партии составит 500 шт. (таблица 3).

Таблица 3. Расчет размера партии деталей

Дет	$n_{расч\ min}$		Кратность разм. партии мес. зад.	Периодичность запуска, раб. дни		$n_{ОПТ}^{прин}$
	1-ый сп-б	2-ой сп-б		$R^{расч\ 3-в.}$	$R^{np\ 3-в.}$	
			$N_{мес} / n_{расч\ min}$	$R^{расч\ 3-в.}$	$R^{np\ 3-в.}$	$R^{np\ 3-в.} \cdot 50$
А	375	240	$1000 / 375 = 2,7$	$20 / 2,7 = 7,5$	10	$10 \cdot 50 = 500$
Б	441	----	2,3	8,8	10	500
В	125	----	8	2,5	2,5	125
Г	375	----	2,7	7,5	10	500
Д	----	120	8,3	2,4	2,5	125
Е	500	----	2	10	10	500

Периодичность запуска-выпуска деталей $R^{расч\ 3-в}$ определяется:

$$R^{расч\ 3-в} = n_{расч\ min} / N_{дн} = 375 / 50 = 7,5$$

20 раб. дн.

или $R^{расч\ 3-в} = \frac{\text{Расч. Кратность мес. заданию}}{\text{}} = 20 / 2,7 = 7,5$

Расчитанные значения приводятся к унифицированному ряду.

Рекомендуются следующие унифицированные величины периодичности запуска-выпуска:

3 месяца - квартал (3М), один месяц (М), 10 рабочих дней (М/2), 5 рабочих дней (М/4) и 2,5 рабочих дня (М/8).

Расчетные значения периодичности округляем до принятых в соответствии с унифицированным рядом. После этого устанавливаем окончательный размер партии деталей.

Расчет необходимого количества станков

Для заданной программы расчет выполняется путем сопоставления суммарной продолжительности обработки по каждой операции с пропускной способностью одного станка. Для этой цели сначала определяется действительный месячный фонд времени станка по формуле 15.

Затем определяется суммарная продолжительность обработки деталей или длительность технологического цикла $T_{ТЕХ.Ц}$ по каждой операции с учетом его значения $T_{н.з.}$ по формуле:

$$T_{ТЕХ.Ц} = \frac{N \cdot \sum t_{ум} + \omega \cdot T_{нз}}{60}, \quad (27)$$

где ω – количество запусков деталей в производство $\omega = \Sigma N_{\text{МЕС}} / n_{\text{ОПТ}}^{\text{ПП}}$

Величина “ ω ” учитывает количество запусков партий деталей по каждой операции в течение расчетного периода. Поэтому в течение месяца количество переналадок на первом станке (операция – 1) перед запуском партий деталей (а,б,в,г,д,е) будет равна: $2+2+8+2+8+2=24$ где $\omega_a = 1000/500=2$, $\omega_b = 1000/500=2$, $\omega_c = 1000/125 = 8$ и т.д.

Для станка –5 - сверлильного: число переналадок = $2+8+8 = 18$

Потребное количество танков (рабочих мест) на программу выпуска, определяется из соотношения

$$K_{\text{р.м.}} = T_{\text{ТЕХ.Ц}} / \Phi_{\text{эф.об}}, \quad (28)$$

Таблица 4. Потребное количество станков и их загрузка

№	Оп.	Нормы времени $t_{\text{ум.}}$, мин.						$T_{\text{п.з.}}$	$\Sigma t_{\text{ум}}$	$T_{\text{тех.ц}}$ час	Кол.об.		$K_{\text{заг}}$
		А	Б	В	Г	Д	Е				р $K_{\text{рм}}$	пр $K_{\text{рм}}$	
1	То	6,0	11	13,0	6,0	4,0	8,0	30,0	48	812	2,78	3	0,89
2	Рев.	10,0	--	15,0	8,0	7,0	5,0	20,0	45	752	2,51	3	0,84
3	Фр.	4,0	3,4	12,0	4,0	--	3,0	60,0	26,4	448	1,49	2	0,75
4	Фр.	--	12	9,0	5,0	9,0	6,0	20,0	41	684	2,28	2	1,14
5	Св.	--	5,0	8,0	--	4,0	--	20,0	17	286	0,95	1	0,95
6	Шл	2,0		12,0	--	5,0	5,0	10,0	24	401	1,34	2	0,67
	Σ	22	31	69	23	29	27				11	13	0,86

Для операции №1: $T_{\text{ТЕХ.Ц ТОК}} = (1000 \times 48 + 30(2+2+8+2+8+2)) / 60 = 812$ час.

$$K_{\text{р.м}}^{\text{РАСЧ}} = 812 / 300 = 2,78 \quad K_{\text{р.м}}^{\text{ПРИН}} \cong 3$$

Составление календарного плана-графика работы производственного участка

Для составления графика необходимо предварительно определить длительность цикла обработки партии деталей ($T_{\text{ц.н}}$). При расчете $T_{\text{ц.н}}$ применяется параллельно - последовательный вид движения, что достигается корректировкой продолжительности цикла на коэффициент параллельности $K_{\text{нар.}}=0,6$. Для данного случая может быть использована следующая формула:

$$T_{\text{ТЕХ.Ц_ПАРАЛ/ПОСЛ}} = \left[n \sum_1^m t_{\text{ум}} + \sum_1^m T_{\text{нз}} + (m-1)T_{\text{МО}} \right] K_{\text{нар.}} \quad (29)$$

По условию $T_{\text{м.о.}} = 1$ смена (480 мин.). $K_{\text{нар.}}=0,6$

Пример расчета длительность цикла обработки партии для детали А: $T_{\text{тех.ц}}^A = (500 \times 22 + (30+20+60+10) + (4-1) \times 480) \times 0,6 / 60 = 125,6$ час

Значения длительностей обработки партий деталей представлены в таблице 5.

Таблица 5. Длительность обработки партии деталей

Детали	А	Б	В	Г	Д	Е
Длит. цикла в час.	125,6	172,7	111,8	130,7	56,45	155,6
Длит. цикла в сменах	15,7	21,6	13,9	16,3	7	19,5
Длит. цикла в днях	7,85	10,8	6,95	8,15	3,5	9,75

Продолжительность цикла обработки партии деталей по операциям $T_{опц}$ определяется по формуле:

$$T_{опц}^{i\text{дет}} = (n t_{ум} + T_{пз.}) / 60 \quad (30)$$

Для детали А, токар опер.: $T_{ц\text{ТОК}} = (500 \cdot 6 + 30) / 60 = 50,5$ час.

Данные расчета представлены в таблице 6.

Таблица 6. Продолжительность цикла обработки партии деталей (часы)

Оп.	А	Б	В	Г	Д	Е	Σ
Ток.	50,5	92,2	27,6	50,5	8,8	67,2	296,8
Рев.	83,6	--	31,6	67	14,9	42	239,1
Фрез.	34,3	29,3	26	34,3	--	26	149,9
Фрез.	--	100,3	19,1	42	19,1	50,3	230,8
Свер.	--	42	17	--	8,7	--	67,6
Шлиф.	16,8	--	25,2	--	10,6	41,8	94,4
Итого	185,2	263,8	146,5	193,8	62,1	227,3	1078,6

На основании полученных данных строим график загрузки оборудования. Максимальная периодичность запуска партии деталей $R_{з.в.} = 10$ дней (из таблицы 3). Очередность запуска деталей берется произвольная. На графиках учитывается число запусков деталей за принятый период (10 дн.). На основе данных таблицы 6 строится график загрузки оборудования.

График построен с учетом максимальной продолжительности запуска 10 дней. Распределение деталей по рабочим местам в течение 10 дней с учетом запусков в производство: Станок №1: Детали А - 1раз., В - 4 раза, Е - 1 раз, Д - 1 раз. На других станках распределяются оставшиеся детали.

В курсовой работе графики загрузки оборудования строятся для каждой операции (по всем станкам, имеющихся на операции).

Операция №1 – Токарная.



Таблица 7. График загрузки токарных станков.

Определение нормативного уровня цикловых и страховых заделов

Нормативный уровень цикловых заделов устанавливается непосредственно из графика работы участка. Средняя величина нормативного циклового задела вычисляется по формуле:

$$Z_{\text{ци}} = T_{\text{ци}} \cdot N_{\text{дн}} \quad (31)$$

В курсовой работе расчет размеров цикловых заделов основывается на периодичности изготовления ДСЕ и длительности цикла изготовления партии деталей ($T_{\text{ци}}$). При этом отношение: $T_{\text{ци}}/R_{з-в} = 0,5 \div 1,0$ – означает, что в производстве находится, по меньшей мере, одна партия деталей, при $T_{\text{ци}}/R_{з-в} = 1 \div 2$ – две партии деталей, и т. д.

Страховой задел принят в размере дневной потребности для всех деталей $Z_{\text{стр}} = 50$, т.к. программа выпуска каждой детали - одинаковая величина -1000 шт., а количество рабочих дней в месяце 20 дн.

В данном примере суммарный задел состоит из двух слагаемых:

$$Z_{\Sigma} = Z_{\text{ци}} + Z_{\text{стр}} \quad (32)$$

Расчеты сведены в таблице 7.

Таблица 8. Значения циклового и страхового заделов

Детали	$T_{ТЕХ.Ц} / R_{з.в.}$ [$T_{ТЕХ.Ц}$ в днях]	К расчету $Z_{Цн}$			$Z_{стр}$ страховой [шт]	$Z_{сг}$, [шт]
		Кол-во партий	Размер партии n [шт]	$Z_{Цн}$ цикл. прин [шт]		
А	$7,85/10=0,78$	1n*	500	500	50	550
Б	$10,8/10=1,08$	2n	500	1000	50	1050
В	$6,95/2,5=2,78$	3n	125	375	50	425
Г	$8,15/10=0,82$	1n	500	500	50	550
Д	$3,5/2,5=1,4$	2n	125	250	50	300
Е	$9,75/10=0,98$	1n	500	500	50	550

*Цифра, стоящая перед n - количество партий деталей, составляющих величину циклового задела.

4.5 Пример расчета 2. Программы выпуска изготовления деталей разные

Исходные данные для расчета:

Месячный выпуск:

$$N_{мес А} = 344 \text{ шт.}; \quad N_{мес Г} = 1382 \text{ шт.};$$

$$N_{мес Б} = 176 \text{ шт.}; \quad N_{мес Д} = 86 \text{ шт.};$$

$$N_{мес В} = 2164 \text{ шт.}; \quad N_{мес Е} = 568 \text{ шт.};$$

Режим работы (сменность) $S = 2$ смены;

Продолжительность смены $d = 8$ часов;

Межоперационное пролеживание $t_{м.о.} = 1$ смена;

Время на плановый ремонт и наладку оборудования 6% от номинального фонда времени;

Страховой задел равен однодневной потребности деталей для обработки;

Состав операций технологического процесса обработки деталей и норм штучного времени приведены в таблице (Таблица 9).

1. Выбор формулы организации производственного процесса

Для определения формы организации производственного процесса каждой детали используем показатель массовости (формула 13).

Для детали А.

$$1. \text{ Такт: } \tau = \frac{300 \cdot 60}{344} = 52,3 \text{ мин.}$$

Таблица 9. Состав операций и норм времени (t шт.) обработки.

№	Наим. оп.	Мод. об. N _{мес} , шт.	Нормы t шт., мин.						Подг. закл. время T п.з., мин	α об., %
			А	Б	В	Г	Д	Е		
			344	176	2164	1382	86	568		
1	Ток.	1336М	1.6	1.1	1.3	1.2	1.0	1.8	15	0,04
2	Рев.	1336М	1.0	-	1.5	-	0.7	5.2	20	0,04
3	Фрез.	6P81	1.4	2.4	1.2	1.4	-	1.2	20	0,04
4	Фрез.	6P81	-	1.2	0.6	2.6	4.6	0.8	20	0,04
5	Свер.	2Н125	-	5.0	0.8	-	1.5	-	20	0,04
6	Шл.	3Д725	1.2	-	1.2	-	-	4.0	10	0,04

2. Количество рабочих мест для операции № 1:

$$K_{PM}^{расч} = t_{ум.} / \tau = 1,6 / 52,3 = 0,03 \rightarrow \text{принимаем } K_{PM}^{прин} \approx 1$$

3. Суммарная трудоемкость всех операций: $\sum t_{ум.} = 5,2$ мин;

4. Количество рабочих мест для всех операции 4.

5. Коэффициент массовости детали А:

$$K_{\mu} = 5,2 / (52,3 \times 4) = 0,025$$

Результаты расчета представлены в таблице 10.

Таблица 10. Результаты расчета коэффициента массовости для детали А

№	Наим. оп.	Модель станка	$t_{ум.}$, мин.	такт τ , мин.	$K_{р.М.}^{расч}$	$K_{р.М.}^{прин}$
			А			
1	Ток.	1336М	1.6	52,3	0.03	1
2	Рев.	1336М	1.0		0.02	1
3	Фрез.	6P81	1.4		0.03	1
4	Фрез.	6P81	-		-	-
5	Сверл.	2Н125	-		-	-
6	Шлиф	3Д725	1.2		0.2	1
		Σ	5,2			4
		K_{μ}	0,024			

В результате расчетов определено:

$$\text{Для детали А } K_{\mu} = 0,025 < 0,3$$

$$\text{Для детали Б } K_{\mu} = 0,024 < 0,3$$

$$\text{Для детали В } K_{\mu} = 0,013 < 0,3$$

$$\text{Для детали Г } K_{\mu} = 0,13 < 0,3$$

$$\text{Для детали Д } K_{\mu} = 0,009 < 0,3$$

$$\text{Для детали Е } K_{\mu} = 0,08 < 0,3$$

Величины показателей коэффициента массовости всех деталей относятся к одной группе: а именно к группе показателей, характеризующих организацию производственного процесса изготовления деталей в условиях непоточного производства.

Принимаем непоточную форму организации производства на участке по изготовлению деталей А, Б, В, Г, Д, Е, так как для всех деталей коэффициент массовости $0 \leq K_{\mu} \leq 0,3$.

2. Расчет размера партии запуска деталей

Расчет размера партии запуска деталей производится различными методами. В курсовой работе использованы два метода. Описание их приведено на странице 23, 24, 26 данного издания.

1. Выбираем ведущую операцию. Ведущей операцией считается та, которая имеет наибольшее отношение $T_{ПЗ}$ к $\sum t_{ум}$, а именно:

$$\frac{T_{нз}}{\sum t_{ум}} = \frac{20}{7,3} = 2,74, \text{ такой операцией является сверлильная операция.}$$

Все расчеты сводим в таблицу (Таблица 11).

2. По ведущей операции определяем предварительный минимальный размер партии запуска для всех деталей.

Таблица 11. Определение отношения $T_{нз}$ к $\sum t_{ум}$ для всех деталей

№	Наим. оп.	А	Б	В	Г	Д	Е	$\sum t_{ум}$	$T_{нз}$	$\frac{T_{нз}}{\sum t_{ум}}$
1	Ток.	1.6	1.1	1.3	1.2	1.0	1.8	8.0	15	1.88
2	Рев.	1.0	-	1.5	-	0.7	5.2	8.4	20	2.38
3	Фрез.	1.4	2.4	1.2	1.4	-	1.2	7.6	20	2.63
4	Фрез.	-	1.2	0.6	2.6	4.6	0.8	9.8	20	2.04
5	<u>Сверл.</u>	<u>-</u>	<u>5.0</u>	<u>0.8</u>	<u>-</u>	<u>1.5</u>	<u>-</u>	<u>7.3</u>	<u>20</u>	<u>2.74</u>
6	Шлиф.	1.2	-	1.2	-	-	4.	6.4	10	1.56
	Итого	5.2	9.7	6.6	5.2	7.8	13.0	-	-	-

Способ № 1, определяющий минимальный размер партии запуска детали в зависимости от $T_{пз}$, позволяет найти размер партии для деталей Б, В и Д.

Способ № 2, определяющий минимальный размер партии запуска детали в зависимости от наиболее производительной операции, позволяет найти размер партии для деталей А, Г и Е.

Приведем расчет партии запуска для детали Б.

$$n_{min} = 20 / (5 \times 0,04) = 100 \text{ шт.}$$

Кратность размера партии месячному заданию составляет:

$$176/100=1,76$$

Периодичность запуска-выпуска деталей Б:

$$\text{расчетная: } R_{з-вБ}^{расч} = 20 / 1,76 = 11,4$$

$$\text{принятая: } R_{з-вБ}^{прин} = 10 \text{ дней согласно унифицированному ряду.}$$

Оптимальный размер партии деталей Б:

$$n_{opt Б} = 10 \times (176/20) = 88 \text{ шт.}$$

Аналогично производится расчет по всем остальным деталям.

Все расчетные значения периодичности запуска деталей приводим к унифицированному ряду и округляем до принятых величин: 5 рабочих дней (М/4), 10 рабочих дней (М/2), 20 рабочих дней (М).

Устанавливаем окончательный размер партии деталей.

Результаты расчетов по всем деталям запишем в таблицу 12.

Таблица 12. Расчет размера партии деталей

Дет.	Мин. расчетный размер партии		Кратность разм. партии мес. зад. $N_{мес}/n_{min}$	Периодичность запуска раб. дней		Принятый размер партии $R_{з-в}^{пр} \cdot N_{ДН}$
	1-й сп-б	2-ой сп-б		$R_{з-в}^{расч}$	$R_{з-в}^{пр}$	
А	-	480	344/480=0,72	480/17,2=28	20	20·17,2=344
Б	100	-	176/100=1,76	11,4	10	10·8,8=88
В	625	-	2164/625=3,46	5,8	5	5·108,2=541
Г	-	400	1382/400=3,46	5,8	10	10·69,1=691
Д	333	-	86/333=0,26	76,9	20	4,3·20=86
Е	-	600	568/600=0,95	21,0	20	20·28,4=568

Расчет потребного количества станков

Количество оборудования по операциям определяется путем сопоставления суммарной продолжительности обработки с пропускной способностью одного станка.

Для этой цели определяем действительный месячный фонд времени одного станка по формуле 15. В расчетах принимаем $\Phi_{эф.д} = 300$ ч.

Затем определяем суммарную продолжительность обработки деталей по каждой операции с учетом $T_{пз}$ по формуле 27 (преобразованной из 22), т.е. длительность цикла работы станка по обработке всех деталей $T_{ц}$.

Так, например, в течение месяца количество переналадок перед запуском партий деталей (соответственно а, б, в, г, д, е) на первом станке (операция – 1) будет равна 11.

С учетом 11-ти переналадок на первом станке, продолжительностью 15 минут длительность цикла работы станка составит:

$$T_{ц\text{ТОК}} = (344 \cdot 1,6 + 176 \cdot 1,1 + 2164 \cdot 1,3 + 1382 \cdot 1,2 + 86 \cdot 1 + 568 \cdot 1,8 + 11 \cdot 15) / 60 = 108,15 \text{ час.}$$

Рассчитаем число запусков партий деталей в течение выполнения производственной программы за месяц (величину ω):

$$\begin{aligned} \omega_A &= 344/344 = 1 & \omega_G &= 1382/691 = 2 \\ \omega_B &= 176/88 = 2 & \omega_D &= 86/86 = 1 \\ \omega_B &= 2164/541 = 4 & \omega_E &= 568/568 = 1 \end{aligned}$$

Потребное количество станков (рабочих мест) на программу выпуска, определяем из соотношения $K_{р.м.} = T_{ц} / \Phi_{эф.д}$

Для операции № 1 (токарная) количество оборудования составит:

$$K_{р.м. \text{ ОП-1-ТОК}}^{\text{РАСЧ}} = 108,15 / 300 = 0,36 \quad K_{р.м. \text{ ОП-1-ТОК}}^{\text{ПРИН}} \cong 1.$$

Результаты расчета представлены в таблице (13).

Таблица 13. Потребное количество станков и их загрузка

№	Оп	Нормы $t_{пз}$, мин.						$T_{пз}$	$\Sigma t_{ц\text{ит}}$	$T_{ц}$	Кол-во станков		$K_{заг}$
		А	Б	В	Г	Д	Е				K^p рм	$K^{пp}$ рм	
1	Ток.	1.6	1.1	1.3	1.2	1.0	1.8	15	8.0	108.2	0.6	1	0.36
2	Рев.	1.0	-	1.5	-	0.7	5.2	20	8.4	112.4	0.37	1	0.37
3	Фр.	1.4	2.4	1.2	1.4	-	1.2	20	7.6	105.3	0.35	1	0.35
4	Фр.	-	1.2	0.6	2.6	4.6	0.8	20	9.8	102.5	0.34	1	0.34
5	Св.	-	5.0	0.8	-	1.5	-	20	7.3	48,0	0.16	1	0.16
6	Шл	1.2	-	1.2	-	-	4.0	10	6.4	89,0	0.30	1	0.30
	Σ	5.2	9.7	6.6	5.2	7.8	13,0					6	

Составление календарного плана-графика работы производственного участка

Для составления графика необходимо предварительно определить длительность цикла обработки партии деталей ($T_{ц}$). При расчете $T_{ц}$ применяем параллельно-последовательный вид движения, что достигается корректировкой продолжительности цикла на коэффициент параллельности. $K_{пар.}=0,6$

Определим $T_{ц}$ по формуле 29:

Определим длительность цикла обработки партии для детали А:

$$T_{ц}^A = (344 \cdot 5,2 + (15 + 20 + 20 + 10) + (4 - 1) \cdot 480) \cdot 0,6 / 60 = 32,94 \text{ час}$$

Значения длительности обработки партии деталей представлены в виде таблицы (таблица 14).

Таблица 14. Длительность обработки партии деталей

Детали	А	Б	В	Г	Д	Е
Длит. цикла в час	32,94	23,69	61,11	46,08	21,86	93,89
Длит. цикла в сменах	4,12	2,96	7,64	5,76	2,73	11,74
Длит. цикла в днях	2,06	1,48	3,82	2,88	1,37	5,87

Продолжительность цикла обработки партии деталей по операциям $T_{ц}$ определяем по формуле $T_{ц}^{i\text{дем}} = (n t_{ум} + t_{н.з.}) / 60$.

Для детали А, ток. опер.: $T_{ц\text{ТОК}} = (344 \cdot 1,6 + 15) / 60 = 9,4 \text{ час}$.

Данные расчета представлены в таблице (Таблица 15).

Таблица 15. Продолжительность цикла обработки партии деталей
(часы)

Операции	А	Б	В	Г	Д	Е	Σ	
Ток.	9,4	1,9	12,0	14,1	1,7	17,3	56,4	3,5
Рев.	6,1	-	13,9	-	1,3	49,6	70,9	4,4
Фрез.	8,4	3,9	11,2	16,5	-	11,7	51,7	3,2
Фрез.	-	2,1	5,7	30,3	6,9	7,9	52,9	3,3
Сверл.	-	7,7	7,6	-	2,5	-	17,8	1,1
Шлиф.	7,1	-	11,0	-	-	38	56,1	3,6
Итого в часах	31,0	15,6	61,4	60,9	12,4	124,5	305,8	19,1
Итого в днях	1,9	1,0	3,8	3,8	0,8	7,8	19,1	

На основании полученных данных строим график загрузки оборудования. Максимальная периодичность запуска партии деталей $R_{з.в.}=20$ дней. Очередность запуска деталей берем произвольную, выполняя условие равномерной загрузки оборудования.

График загрузки оборудования представлен в приложении 3.

Определение нормативного уровня цикловых и страховых заделов

Нормативный уровень цикловых заделов устанавливаем непосредственно из графика работы участка. Среднюю величину нормативного циклового задела вычисляем по формуле:

$$Z_{цн} = T_{ц} \cdot N_{ср,дн}$$

Периодичность запуска равна 10 дням. На основе изложенного получим значения заделов $Z_{ц}$ и сведем их в таблицу (Таблица 16).

Таблица 16. Значения заделов

Дет.	$T_{ц} / R_{з.в.},$ Тц-в днях	Кол-во партий	Размер партии n, шт	$Z_{ц}$ цикл. прин, шт	$Z_{с}$ страховой, шт	Всего, шт
А	$2.06/20=0.103$	1	344	344	17	361
Б	$1.48/10=0.148$	1	88	88	9	97
В	$3.82/5=0.764$	1	541	541	108	649
Г	$2.88/10=0.288$	1	691	691	69	760
Д	$1.37/20=0.0685$	1	86	86	4	90
Е	$5.87/20=0.2935$	1	568	568	28	596

Построение производственного участка в пространстве

Способ расположения оборудования определяет специализация рабочих мест. Существует два вида специализации: технологическая, предметная (подетальная – их разновидность).

Ввиду того, что в рассмотренном примере количество станков незначительное и составляет шесть единиц, в этом случае нет возможности представления разных вариантов. Станки расположены в соответствии с ходом движения деталей по операциям, в соответствии с технологическим процессом. Для данного примера планировка расположения станков на участке дана в приложении 4.

5 Поточная форма организации производственного процесса на участке

Поточная форма организации применима в условиях крупносерийного, массового типа производства.

По одинаковой или разной величине $t_{шт}$ на операциях различают две разновидности поточного производства: непрерывную и прерывную поточную линии. По количеству обрабатываемых деталей линии могут быть на одно- и многопредметные поточные линии (ПЛ).

5.1 Однономенклатурная поточная линия

На линии закреплена обработка детали одного наименования и каждое рабочее место специализировано на выполнении одной операции.

5.1.1 Однономенклатурная непрерывная ПЛ

Для непрерывно-поточных линий обязательно условие равенства операционных циклов, когда продолжительность выполнения отдельных операций должна быть равна или кратна такту, т.е.

$$\frac{t_{оп1}}{k_{пр1}} = \frac{t_{оп2}}{k_{пр2}} = \frac{t_{прп}}{k_{прп}} = \dots = a \cdot \tau \quad (33)$$

где a - целое положительное число и τ - такт ПЛ.

Выравнивание (синхронизация) операционных циклов обеспечивается техническими и организационными мероприятиями, путём дифференцирования или концентрации операций, изменение режимов обработки, применение более производительного оборудования и оснастки. Отклонение операционных циклов от такта допускается в пределах 10-12%.

Расчет однономенклатурной (однопредметной) непрерывной поточной линии

1. Такт работы ПЛ:

$$\tau_i = \frac{\Phi_{эф.об.}^{год(кв.,мес)} \cdot 60}{N_i^{год(кв.,мес)}} \text{, [мин.]} \quad (34)$$

2. Ритм работы ПЛ:

$$R = p \tau \text{,} \quad (35)$$

где p - передаточная партия.

При расчете регламентированного ритма ПЛ в действительном фонде времени $\Phi_{эф.об}$ учитывается время регламентированного отдыха рабочих.

При организации ПЛ со свободным ритмом время отдыха рабочих учитывается при расчете норм времени на каждую операцию.

ПЛ оснащаются транспортными устройствами непрерывного или пульсирующего действия. Если ПЛ оснащена транспортными устройствами пульсирующего действия, исключаяющим во время транспортирования обработку деталей (сборку СЕ), то формула такта преобразуется:

$$\tau_{ПУЛЬС} = \frac{\Phi_{эф.об.}^{зод} \cdot 60}{N_i^{зод}} - t_{ТР} \quad , \quad (36)$$

где $t_{ТР}$ - время транспортирования предмета труда с одного рабочего места на другое.

2. Синхронизация ТП обработки (сборки).

Под синхронизацией понимается выравнивание операций ТП в соответствии с ритмом (тактом) работы линии. Значения $t_{ШТ}$ по каждой операции сопоставляются с τ (тактом).

Результатом синхронизации является четкое определение специализации каждого рабочего места и расчет необходимого числа рабочих мест на линии.

Возможны три варианта соотношения длительностей операций $t_{ШТ}$ и такта τ .

$$1) \quad t_{ШТ} = K_{КРАТ} \cdot \tau \quad , \quad (37)$$

где $K_{крат}$ - коэффициент кратности.

При $K_{крат} = 1$ – на операции одно рабочее место.

При $K_{крат} > 1$ – два и более рабочих мест

(по числу кратности) работающих параллельно.

$$2) \quad t_{ШТ} > \tau \quad (38)$$

Выявляется возможность доведения времени ее выполнения до ритма за счет технических мероприятий (более производительное оборудование, специальная оснастка).

При невозможности синхронизации операцию дифференцируют (дробят) или укрупняют. Для выполнения укрупненной операции вводят несколько параллельно работающих рабочих мест.

$$3) \quad t_{ум} < \tau \quad (39)$$

С целью синхронизации необходимо концентрировать несколько операции в одну.

Длительность нескольких операции может быть большой величиной, тогда объем работ закрепляется за рабочим местом, за которым работает бригада. При синхронизации обеспечивается колебание $t_{ШТ}$ от τ в пределах $\sim 10 \div 15\%$.

3. Определение количества рабочих мест каждой операции.

Расчетное значение числа рабочих мест (станков) определяется по формуле:

$$K_{PM_i}^{PACЧ} = \frac{t_{шт_i}}{\tau_i}, \quad (40)$$

Округленное расчетное значение K_{PM} является принятым значением K_{PM} : $K_{PM}^{PACЧ} \approx K_{PM}^{ПРИН}$

4. Коэффициент загрузки оборудования

$$K_{загр_i} = \frac{K_{PM_i}^{PACЧ}}{K_{PM_i}^{ПРИН}} \quad (41)$$

Требуемое $K_{загр. ПЛ} \geq 0.7$

при $K_{загр.i} \geq 1$ – полная загрузка оборудования на каждом рабочем месте.

при $K_{загр.i} < 0.7$ – производят уточнение ТП с целью выравнивания $t_{шт}$.

$1 \leq K_{загр} \leq 1.1 \div 1.15$ – для уникального оборудования.

5. Количество основных рабочих на ПЛ.

$$m_{явоч} = \sum_{i=1}^m K_{PM_i} \cdot h_{раб.одн} \cdot S \quad (42)$$

где $h_{раб.одн}$ – количество рабочих, одновременно работающих на рабочем месте.

S – число смен работы в сутки.

$$m_{спис} = m_{явоч} \cdot \left(1 + \frac{K_{неяв}}{100\%}\right) \quad (43)$$

где $K_{неяв}$ – процент величины неявок на работу $\approx 10\%$.

6. Параметры конвейера для ПЛ с регламентируемым ритмом

6.1) Скорость движения конвейера v .

$$v = \frac{L_0}{\tau}, \quad [м/мин.] \quad (44)$$

где L_0 – шаг конвейера, расстояние между осями смежных предметов труда на конвейере с учетом их габаритов

6.2) Нормальная длина рабочей зоны по операциям.

$$L_{H_i} = L_0 \cdot \frac{t_{шт_i}}{\tau} \approx L_0 \cdot K_{PM_i}^{ПРИН}, \quad [м] \quad (45)$$

6.3) Резервная рабочая зона.

Она определяется для операции, где время их действительного выполнения отклоняется от установленной нормы:

$$L_{pez.i} = (t_{max} - t_{ном.i}) \cdot v = \frac{t_{max} - t_{ном}}{t_{ном}} \cdot L_{H_i}, \quad (46)$$

где t_{max} – норма времени тшт. операции с учетом максимального отклонения от времени согласно плану.

6.4) Рабочая зона.

$$L_{раб} = L_{H_i} + L_{pez}, \quad (47)$$

6.5) Длина конвейера.

$$L_{КОНВ} = \sum_{i=1}^m K_{PM_i}^{ПРИН} \cdot L_{H_i} + \sum_{i=1}^m L_{PEZ_i} \quad [M], \quad (48)$$

6.6) Длительность технологического цикла.

$$T_{ТЕХ.Ц} = \frac{\tau \cdot (\sum K_{PM_i}^{ПРИН} + \sum K_{КОНТРОЛЬ}) + \frac{\sum L_{PEZ}}{v}}{60}, [час] \quad (49)$$

7) **Расчет заделов** для обеспечения непрерывности ПЛ.

Заделы определяют для любых типов ПЛ.

Виды заделов: - технологический; - транспортный; - страховой.

7.1) Задел **технологический**.

$$Z_{ТЕХ} = \sum_{i=1}^m K_{PM_i}^{ПРИН} \cdot p, \quad (50)$$

где p – передаточная партия.

Назначение технологического задела – поддержание запаса определенного количества деталей на каждом рабочем месте, который обеспечивает одновременное начало обработки на всех рабочих местах

7.2) **Транспортный** задел.

$$Z_{ТР} = \sum_{i=1}^m (K_{PM_i}^{ПРИН} - 1) \cdot p, \quad (51)$$

Характеризует количество деталей, находящихся в процессе транспортирования между операциями.

7.3) **Страховой** задел.

$$Z_{СТР} = (4 \div 10\%) N_{ДН} \quad (52)$$

Назначение страхового задела – поддержание бесперебойной работы ПЛ.

5.1.2 Пример расчета

Исходные данные.

На рабочем конвейере собираются коробки передач с габаритными размерами 365 x 296 мм. Расчетная суточная программа запуска для линии $N_{\text{ЗАП,ДН}} = 450$ шт., работа производится в две смены. Регламентированные перерывы 30 мин. в смену. Технологический процесс сборки предусматривает на операции №5 отклонение фактических затрат времени в пределах 0,7 – 1,35 от номинального значения.

Нормы времени на операциях: 2,1; 5,9; 6,1; 2,1; 6,0; 2,0; 6,0; 1,8; 1,1.

Размер рабочей зоны конвейера $L_0 = 1$ м.

Определить: такт и ритм линии, требуемое число рабочих мест на операциях, основные параметры конвейера (шаг, длину резервной зоны и длину рабочей зоны конвейера, скорость конвейера), длительность технологического цикла.

Таблица 17. Расчетные параметры линии

№	Тшт мин	Параметры линии			
		К _{рм. расч.}	К _{рм. прин.}	К _{загр., %}	Длина конв. $L_{\text{РАБ.}} = L_0 * K_{\text{р.м.прин}} + L_{\text{РЕЗ}}$
1	2,1	1,05	1	105	1
2	5,9	2,95	3	98,3	3
3	6,1	3,05	3	101,7	3
4	2,1	1,05	1	105	1
5	6,0	3,00	3	100	4 (*)
6	2,0	1,00	1	100	1
7	6,0	3,00	3	100	3
8	1,8	0,90	1	90	1
9	1,1	0,55	1	55	1
ИТОГО			17		18

Решение:

1. такт $\tau = (8 \times 2 - 0,5 \times 2) \times 60 / 450 = 2$ мин/шт.
2. скорость $v = L_0 / \tau = 1 / 2 = 0,5$ м/мин
3. расчет количества рабочих мест на операциях (расчетное, принятое), коэффициент загрузки и длина рабочих зон на операциях приведены в таблице 8.
4. Длина резервной зоны:

$$L_{\text{РЕЗ}} = K_{\text{рм.}}^{\text{ПРИН}} (t_{\text{МАКС}} - t_{\text{НОМ}}) / t_{\text{НОМ}}$$

$$= 3 (1,35 \cdot 6 - 6) / 6 = 1,05 \cong 1 \text{ (м)}$$

5. Длительность цикла сборки:

$$T_{\text{ц}} = (\tau \Sigma K_{PM}^{\text{ПРИН}} + \Sigma L_{PE3} / v) / 60 = \\ = (2 \cdot 17 + 1/0,5) / 60 = 0,6 \text{ час}$$

6. Количество рабочих мест на конвейере – 17 мест;
7. Длина конвейера - 18 м.

5.1.3 Одноименклатурные прерывные ПЛ

Применяются в случаях несинхронного выполнения всех операций и невозможности согласования продолжительности операций с тактом линии.

Под ритмом поточной линии понимается интервал времени, кратный продолжительности смены, в течении которого на линии формируется выработка заданной величины по сменному заданию.

Вследствие разности ритмов работы по операциям (имеющим разную продолжительность) создаются межоперационные оборотные заделы.

Определяются межоперационные оборотные заделы по всем парам смежных операций. Периоды работы в каждой паре разбиваются на фазы. Под фазой понимается отрезок времени, в течение которого не происходит никаких изменений в порядке выполнения смежных операций. В случае же изменения этого распорядка начинается новая фаза.

Проводиться расчет изменений межоперационного оборотного задела между операциями по выделенным фазам:

$$Z'_{\text{ОБ_МО}} = \frac{T' \cdot K_{PM(n-1)}}{t_{\text{ум}(n-1)}} - \frac{T' \cdot K_{PM(n)}}{t_{\text{ум}(n)}} \quad (53)$$

$$\text{или} \quad Z'_{\text{ОБ_МО}} = T' \cdot \left(\frac{K_{PM(n-1)}}{t_{\text{ум}(n-1)}} - \frac{K_{PM(n)}}{t_{\text{ум}(n)}} \right) \quad (54)$$

где $Z'_{\text{ОБ_МО}}$ - величина изменения межоперационного оборотного задела между двумя смежными операциями за время T^i ;

T^i - продолжительность фазы, мин;

$K_{PM(n-1)}$ - количество параллельно работающих станков на предшествующей операции в течение периода T^i ;

$K_{PM(n)}$ - то же на последующей операции;

$t_{шт (n-1)}$ - штучное время на предшествующей операции;

$t_{шт (n)}$ - то же на последующей операции.

Если полученный результат окажется с положительным знаком, это значит, что на данной фазе происходит возрастание задела и эпюра задела во времени будет повышаться. Результат с отрицательным знаком означает, что величина межоперационного задела за время рассматриваемой фазы снижается

Полное использование рабочего времени рабочих достигается организацией многостаночного обслуживания или совмещением обслуживания операций. Поэтому нужно задавать оптимальный или постоянный режим обслуживания (график), определяющий период работы оборудования, порядок и время переходов рабочих, обслуживающих несколько станков на протяжении смены.

Такт прерывной линии, число рабочих мест по операциям и коэффициенты их загрузки определяются по тем же формулам и в той же последовательности расчётов, что и для непрерывных линий.

Различие состоит в том, что вследствие разной выработки по смежным операциям между ними создаются оборотные заделы (см. пример). Потребность в технологическом оборудовании как для однопредметной непрерывной ПЛ, так и для однопредметной прерывной ПЛ определяется одинаково.

5.1.4 Пример расчета

Исходные данные:

Программа выпуска на месяц 1700 шт. ,

Вес детали 1,8 кг.,

Режим работы – двухсменный,

Продолжительность смены-8 часов.

В месяце 20 рабочих дней.

Потери времени на наладку оборудования 3% от номинального фонда.

Технологический процесс указан в таблице 18.

Определить:

- а) количество и загрузку оборудования по операциям
- б) нормативные уровни внутрилинейных заделов;
- в) величину выработки по операциям;
- г) срок окончания работы ПЛ, построить план-график ПЛ.

Таблица 18. Состав операций технологического процесса обработки деталей по операциям.

№ операции	Наименование операции	$t_{шт.}, \text{мин.}$
1	Обточка базы	32
2	Сверление	10
3	Фрезерование	22
4	Обточка	20
5	Сверление	14
6	Фрезерование	25
7	Слесарная	10

Решение:

Имеем прямоточное производство. Трудоемкость $t_{шт}$ по операциям не равна и не кратна такту, такт изготовления детали по формуле (34):

$$\tau = \frac{20 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 60 \cdot 0,97}{1700} = \frac{18624}{1700} = 10,96(\text{мин.})$$

Для обеспечения ритмичности производственного процесса необходимо создание оборотных заделов. Чтобы величина заделов была минимальна, нужно выбрать наиболее целесообразный период обслуживания.

Под периодом обслуживания понимается промежуток времени, в течение которого достигается равенство выпуска деталей по всем операциям, а рабочие заканчивают полный цикл обслуживания станков.

Период обслуживания зависит от величины детали и её веса.

Рекомендуются следующие значения периода обслуживания (см. таблицу 19):

Таблица 19. Значения периода обслуживания

Размер детали	Вес, кг	Период обслуживания
Крупная	Более 15 кг	1 – 2 часа
Средняя	От 3 до 15 кг	0,5 - 1 смена
Мелкая	До 3 кг	1 - 2 смены

Так как в данном случае вес детали равен 1,8 кг, то примем период обслуживания равным 1 смене.

Величина выработки за период обслуживания $V_{ПО}$ составит :

$$V_{ПО} = \frac{T_{ПО}}{\tau}, \quad (55)$$

где $T_{ПО}$ - продолжительность периода обслуживания (1см = 8час)

Имеем: $V_{ПО} = 8 \times 60 / 10,96 = 44$ шт.

Расчётные и принятые значения количества станков, выработки, фонда времени работы станков $\Phi_{ЭФ_ПО}$ приведены в таблице 20.

Таблица 20. Количество станков и время работы .

№ о п	Наименова- ние Операции	$t_{шт}$	Расч $K_{РМ}$	Прин $K_{РМ}$	$V_{ПО}$	Время работы станков $\Phi_{эфпл}$, мин
1	Обточка базы	32	2,92	3	44	1408
2	Сверление	10	0,91	1	44	440
3	Фрезеров.	22(21,78)	2,01	2	44	968(960)
4	Обточка	20	1,82	2	44	880
5	Сверление	14	1,28	2	44	616
6	Фрезеров.	25	2,28	3	44	1100
7	Слесарная	10	0,91	1	44	440

Примечание: Для операции №3 в скобках указаны величины скорректированной $t_{шт}$ и значения времени работы оборудования в период обслуживания.

Корректировка выполняется в случаях незначительного превышения загрузки оборудования. На операции №3 станки частично перегружены, поэтому нужно скорректировать $t_{шт}$ в меньшую сторону. Для этого определяется время работы оборудования на третьей операции:

$$\Phi_{ЭФ_ПО}^{3оп} = 22 \times 44 = 968 \text{ мин.}$$

При периоде обслуживания равном 480 мин. получим коэффициент пересчёта:

$$K_{II} = \frac{T_{CM} K_{РМ}^{ПРИН}}{\Phi_{ЭФ_ПЛ}^{ОПЕРАЦ}}, \quad (56)$$

для 3-й операции: $K_{П3} = 480 \times 2 / 968 = 0,99$

Тогда

$$T_{шт3}^{КОР} = 22 \cdot 0,99 = 21,78$$

$$\Phi_{3оп}^{КОР} = 21,78 \cdot 44 = 960 \text{ мин.}$$

Для станков, загруженных не полностью, также определим продолжительность работы на них в течение периода обслуживания. Полученные значения подставляем в таблицу 11.

Расчет межоперационных циклов заделов

Расчет изменений межоперационного оборотного задела между операциями по выделенным фазам производим по формуле (54):

Для операции № 1:

$$\text{Фаза } T' : T' = 1408 - 2 \cdot 480 = 448 \text{ мин.}$$

$$Z'_{1-2} = 448 \cdot \left(\frac{3}{32} - \frac{1}{10} \right) = -3$$

$$\text{Фаза } T'' : T'' = 480 - 448 = 32 \text{ мин.}$$

$$Z''_{1-2} (480 - 448) \cdot \left(\frac{2}{32} - \frac{0}{10} \right) = +3$$

Результаты расчетов переносятся на график (таблица 21).

Суммарный операционный задел на начало периода равен:

$$Z_{\Sigma \text{ нач. периода}} = Z_{12} + Z_{34} + Z_{45} = |-3| + |-3| + |-6| + |3| = 15 \text{ (шт.)}$$

Технологический задел:

$$Z_{TEX} = 3 \times 1 + 1 \times 1 + 2 \times 1 + 2 \times 1 + 2 \times 1 + 3 \times 1 + 1 \times 1 = 14 \text{ (шт.)}$$

Транспортный задел зависит от принятого порядка передачи деталей с операции на операцию и характера транспортного устройства. При периодической транспортировке:

В остальных случаях рекомендуется поштучная передача.

Таблица 21. Расчет заделов и построение эпюр заделов по фазам

№ операции	T _{шт} , мин	K _{рм} , шт.	Время работы, мин	Регламент работы станков и эпюры заделов		Расчет заделов по фазам
				R _{об} = 480 мин		
1	32	3	1408			$Z_{1-2}^I = 448(3/32 - 1/10) = -3$ $Z_{1-2}^{II} = (480-448)(2/32 - 0/10) = 3$
2	10	1	440			$Z_{2-3}^I = 440(1/10 - 2/21,78) = 4$ $Z_{2-3}^{II} = 40(0/10 - 2/21,78) = -4$
3	21,78	2	960			$Z_{3-4}^I = 400(2/1,78 - 2/20) = -3$ $Z_{3-4}^{II} = 80(2/21,78 - 1/20) = 3$
4	20	2	880			$Z_{4-5}^I = 136(2/20 - 2/14) = -6$ $Z_{4-5}^{II} = 264(2/20 - 1/14) = 8$ $Z_{4-5}^{III} = 80(1/20 - 1/14) = -2$
5	14	2	616			$Z_{5-6}^I = 136(2/14 - 3/25) = 3$ $Z_{5-6}^{II} = 4(1/14 - 3/25) = -0$ $Z_{5-6}^{III} = 340(1/14 - 2/25) = -3$
6	25	3	1100			
7	10	1	440			$Z_{6-7}^I = 3$ $Z_{6-7}^{II} = -6$ $Z_{6-7}^{III} = 3$

Таблица 22. Рекомендуемые размеры транспортных партий, шт.

Вес Детали, кг	Размер партии при трудоемкости операции данной детали, мин.			
	До 1 мин	1 – 2,5 мин	2,5 – 5 мин	5 – 11 мин
До 0,1	100	50	20	10
0,1 – 0,2	50	20	20	10
0,2 – 0,5	20	20	10	5
0,5 – 1,0	10	10	5	2
1,0 – 2,0	5	5	2	1
2,0 – 5,0	2	2	2	1

В рассматриваемом примере вес детали 1,8 кг, средняя трудоемкость $t_{ШТ СРЕД} = 19$ мин:

$$t_{ШТ СРЕД} = (32 + 10 + 22 + 20 + 14 + 25 + 10) / 7 = 19 \text{ мин}$$

поэтому принимаем поштучную ($p=1$) передачу деталей.

Тогда транспортный задел равен:

$$Z_{ТРАНСП} = 1 \cdot (7 - 1) = 6 \text{ (шт.)}$$

5.2 Многономенклатурная поточная линия

5.2.1 Многономенклатурная постоянная поточная линия

Постоянные линии характеризуются тем, что за каждый интервал времени работы линии завершается обработка всех наименований деталей, закрепленных за линией. Обработка осуществляется комплектно с одного установа.

Особенностью расчета и моделирования процессов обработки на таких ПЛ является то, что при синхронизации технологических процессов однородные операции обработки всех наименований деталей или сборки СЕ закрепляется за одними и теми же рабочими местами. При этом их суммарное время должно равняться такту ПЛ.

Такт рассчитывается на обрабатываемый (собираемый) комплект изделий: $\tau = \Phi_{ПЛ}^{ГОД (КВ, МЕС)} / N_{\Sigma}^{ГОД (КВ, МЕС)}$

В курсовую работу не входит задание по расчету многономенклатурных постоянных ПЛ.

5.2.2 Многономенклатурная переменная поточная линия

На практике наибольшее распространение находят многопредметные поточные линии, на которых в течение определённого периода обрабатывается одно наименование детали, затем линия переналаживается для обработки 2-й детали, затем 3-й и т.д.

Такт работы линии при переходе от обработки одной детали к другой изменяется и поэтому рассчитывается для каждой детали отдельно.

Количество же деталей, закреплённых за линией, определяется из соотношения средней положительности выполнения однородных операций и такта работы линии. Например, если $N_f=8000$ шт. в год, то

$$\tau = \frac{\Phi_{эф} \cdot 60}{8000} = \frac{4000 \cdot 60}{8000} = 30 \text{ мин},$$

и при средней продолжительности выполнения ведущих операций $t_{шт} = 5$ мин за линией следует закрепить $30/5=6$ наименований деталей.

Многопредметные линии могут проектироваться только для однородных деталей и технологических процессов их обработки. Эта однородность должна выражаться в том, чтобы время выполнения однородных операций технологических процессов обработки всех деталей линии было пропорционально суммарному времени обработки одной детали. Аналитически эта зависимость может быть представлена как

$$t_{Ak} : t_{Bk} : t_{Bk} = T_A : T_B : T_B ; \quad (57)$$

где t_{Ak} , t_{Bk} , t_{Bk} - время выполнения k -й операции ТП обработки деталей А, Б, В, соответственно, мин.

T_A , T_B , T_B - суммарное время обработки одной детали, соответственно ТП детали А, Б, В, мин.

Если приведенное условие не соблюдается, то следует создавать групповые ПЛ.

Организация и расчёт многопредметных линий осуществляется в следующей последовательности:

1. - Подбирается номенклатура ДСЕ однородных по конструкции, составу и методам выполнения операций обработки. Трудоемкость выполнения операции каждой ДСЕ должна быть близка (кратна) среднему или общему такту работы линии:

$$\tau_{\text{общ}} = \frac{\Phi_{\text{ЭФ}} \text{ - ПЛ}}{\sum N_i} \quad (\text{мин}), \quad (58)$$

Где $\sum N_i$ - сумма программных заданий по всем ДСЕ, закрепленных за линией;

2. - Определяются частные такты каждой детали.

$$\tau_i = \frac{\Phi_{\text{ЭФ}} \text{ - ПЛ}}{N_i} \cdot \eta_i \quad (\text{мин}), \quad (59)$$

где η_i - удельный вес трудоемкости каждой i -й детали.

$$\eta_i = \frac{N_i \cdot t_{\text{ум}i}}{\sum_{i=1} N_i \cdot t_{\text{ум}i}}, \quad (60)$$

где N_i - программа выпуска i -й детали, шт.;

$\sum N_i \cdot t_{\text{ум}i}$ - суммарная трудоемкость изготовления деталей в мин.;

3. - Определяется потребное количество рабочих мест (оборудования) по i -операциям j -деталей:

$$\begin{aligned} \text{Расчетное:} \quad & K_{\text{PM}ij}^{\text{РАСЧ}} = t_{\text{ШТ}ij} / \tau_{ij} \\ \text{Принятое:} \quad & K_{\text{PM}ij}^{\text{ПРИН}} \approx K_{\text{PM}ij}^{\text{РАСЧ}}; \end{aligned} \quad (61)$$

4. Подсчитывается общее число оборудования ПЛ.

5. Определяются коэффициенты загрузки:

1) каждого станка - пооперационно(i), поддетально (j):

$$K_{\text{ЗАГР}ij} = K_{\text{PM}ij}^{\text{РАСЧ}} / K_{\text{PM}ij}^{\text{ПРИН}}, \quad (62)$$

2) всех станков ПЛ по обработке каждой j -детали:

определяется из соотношения суммарного значения коэффициентов загрузки по i -операциям по обработке j -й детали к общему количеству станков на линии для j -й детали:

$$K_{\text{ЗАГР ПЛ}}^{\text{ДЕТ-j}} = \frac{\sum_i K_{\text{ЗАГР-ДЕТ-j}}^{i\text{-опер}} \cdot K_{\text{PM-ДЕТ-j}}^{\text{ПРИН}}}{K_{\text{ПЛ-ДЕТ-j}}} \quad (63)$$

или

$$K_{\text{ЗАГР ПЛ}}^{\text{ДЕТ-j}} = \frac{\sum_{i=1}^m K_{\text{PM-i-опер}}^{\text{РАСЧ}}}{K_{\text{ПЛ-ДЕТ-j}}^{\text{ПРИН}}} \quad (64)$$

Где i - операции от 1 до « m »: J - детали;

3) всех станков ПЛ по обработке каждой i -операции:
устанавливается с учетом удельного веса трудоемкости обработки каждой детали в общей трудоемкости:

$$K_{\text{ЗАГР ПЛ}}^{\text{ОПЕР}} = \frac{\sum_i^m K_{\text{PM}_i\text{-опер}}^{\text{РАСЧ}} \cdot \eta_i}{K_{\text{ПЛ}_i\text{-опер}}^{\text{ПРИН}}} \quad (65)$$

4) Общий коэффициент загрузки ПЛ по всем операциям обработки закрепленных за линией деталей:

$$K_{\text{ЗАГР ПЛ}}^{\text{ОБЩ}} = \frac{\sum_{i=1}^m K_{\text{PM}_i\text{-ПЛ}}^{\text{РАСЧ}} \cdot \eta_i}{K_{\text{PM}_i\text{-ПЛ}}^{\text{ПРИН}}} \quad (66)$$

6. Строится график переналадки ПЛ.

5.2.3 Пример расчета

Исходные данные

Режим работы линии: 20 рабочих дней в месяц,

две смены,

продолжительность смены 8 часов.

Потери времени на переналадку оборудования 3% от номинального фонда. Плановый ремонт оборудования выполняется в нерабочее время.

Состав операций и нормы времени приведены в таблице 23.

Определить:

а) частные такты обработки деталей;

б) количество и загрузку оборудования по операциям, по деталям, в целом по линии;

в) срок выполнения заказа по обработке всех деталей, построить график переналадки линии .

Решение:

Определение частных тактов обработки деталей.

Общая продолжительность календарного периода распределяется на частные периоды пропорционально трудоемкости задания по деталям каждого наименования. С этой целью суммарная продолжительность всех операций обработки каждой детали.

Таблица 23. Состав операций технологического процесса и нормы времени обработки деталей по операциям

№	№ Наим. Оп.	Модель станка	А	Б	В	Г	Д
			1500	1000	600	50	500
1	Токар.	16К20	32	40	38	40	24
2	Фрезер.	6Р11	40	34	28	24	14
3	Протяж.	7540	18	18	21	16	6
4	Сверл.	2Н135		22	16	22	24
5	Шлиф.	3К228В	9	12		10	18

Таблица 24. Суммарная продолжительность обработки каждой детали

№	Наим. Оп.	Модель станка	А	Б	В	Г	Д
	
Итого Тшт _г			99	126	103	112	86

Для определения частных тактов обработки деталей находим удельную трудоемкость, где общая трудоемкость по всем деталям $\sum N_i \cdot T_i = 384900$ мин :

$$\text{Для детали А: } \eta_A = \frac{1500 \cdot 99}{384900} = 0,386$$

Таблица 25. . Сводные данные расчета удельного веса трудоемкости обработки деталей

№	Наим. Оп.	А	Б	В	Г	Д
	Итого $T_{штг}$	99	126	103	112	86
	Мес. Прог. N мес, шт.	1500	1000	600	50	500
	$N_i \cdot T_i$	148500	126000	61800	5600	43000
	Итого $\sum N_i T_i$	384900				
	Уд. вес трудоемко- сти	0,386	0,327	0,161	0,015	0,112
		38,6%	32,7%	16,1%	1,5%	11,2%

Общий эффективный, действительный фонд времени работы поточной линии согласно исходным данным:

$$\Phi_{\text{эф-пл}} = 20 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 0,97 = 310,4 \text{ час.}$$

Распределим месячный действительный фонд времени между пятью деталями.

$$\text{Для детали А: } \Phi_{\text{эф А}} = 310,4 \cdot 0,386 = 119,76 \text{ час;}$$

$$\text{Б: } \Phi_{\text{эф Б}} = 310,4 \cdot 0,327 = 101,61 \text{ час, и т.д.}$$

Такт работы линии τ_i по обработке наименования детали определяется:

$$\text{Для детали А: } \tau_i = 119,76 \cdot 60 / 1500 = 4,7903 \approx 5 \text{ мин.}$$

$$\text{Б: } \tau_i = 101,61 \cdot 60 / 1000 = 6,0967 \approx 6 \text{ мин. и т.д.}$$

Данные расчета сведем в таблицу 26.

Таблица 26. Сводная таблица распределения фонда работы оборудования по каждой детали и их частные такты

Наименование операции	А	Б	В	Г	Д
Действительный месячный фонд времени (час)	310,4				
Уд.труд. η , %	38,6%	32,7%	16,1%	1,5%	11,2%
Распределение фонда	119,76	101,61	49,838	4,516	34,677
Такт работы линии (τ_i) по обработке каждого наименования детали	4,7903 ~5	6,0967 ~6	4,9838 ~5	5,419 ~5,5	4,1612 ~4,2

2. Определение потребного количества станков и уровня их загрузки.

Количество станков (рабочих мест) по операциям обработки каждой детали определяется по формуле (27). Подставляя в формулу необходимые данные получим расчетное и принятое количество станков (рабочих мест).

$$\text{Для детали А: } K_{\text{рм}}^{\text{расч}} = 32 / 5 = 6,6802;$$

$$\text{Б: } K_{\text{рм}}^{\text{расч}} = 40 / 6 = 6,5609 \text{ и т.д.}$$

Данные расчета сведем в таблицу 27.

Таблица 27. Расчетное количество оборудования по операциям

№	А	Б	В	Г	Д
1	6,6802	6,5609	7,6247	7,381	5,7675
2	8,3503	5,5768	5,6182	4,429	3,3644
3	3,7576	2,9524	4,2136	2,952	1,4419
4	0	3,6085	3,2104	4,06	5,7675
5	1,8788	1,9683	0	1,845	4,3256
$K_{PM}^{PACЧ}$	20,66	20,67	20,66	20,68	20,67

Принятое количество оборудования запишем в таблицу 28.

Таблица 28. Принятое количество оборудования по операциям

№	А	Б	В	Г	Д	Итого
1	7	7	8	7	6	8
2	8	6	6	4	3	8
3	4	3	4	3	2	4
4		4	3	4	6	6
5	2	2		2	4	4
Σ	21	22	21	20	21	30

Коэффициент загрузки станков по каждой операции и для каждой детали определяется из соотношения (28):

$$K_{ЗАГР\ ij} = K_{PM}^{PACЧ\ ij} / K_{PM}^{ПРИН\ ij} ,$$

Для операции № 1:

$$\text{Деталь А: } K_{ЗАГР\ 10П. А} = 6,6802 / 7 = 0,95$$

$$\text{Деталь Б: } K_{ЗАГР\ 10П. Б} = 6,5609 / 7 = 0,94$$

Данные расчета сведем в таблицу 29.

Таблица 29. Коэффициенты загрузки оборудования по операциям

№	А	Б	В	Г	Д
1	0,95	0,94	0,95	1,05	0,96
2	1,04	0,93	0,94	1,11	1,12
3	0,94	0,98	1,05	0,98	0,72
4		0,90	1,07	1,01	0,96
5	0,94	0,98		0,92	1,08

Коэффициент загрузки всех станков ПЛ по обработке каждой j -детали: (49,50):

Коэффициент загрузки станков на всей линии при обработке каждой детали $K_{ЗАГР ПЛ}^{ДЕТ}$ определяется из отношения суммарного значения коэффициента загрузки по операциям к общему количеству станков на линии для этой детали:

$$K_{ЗАГР ПЛ}^{ДЕТ-А} = \frac{0,95 \cdot 7 + 1,04 \cdot 8 + 0,94 \cdot 4 + 0,94 \cdot 2}{7 + 8 + 4 + 2} = 0,98$$

Данные расчетов загрузок по всем деталям свести в таблицу.

Коэффициент загрузки всех станков ПЛ по обработке каждой i -операции (51):

Устанавливается с учетом удельного веса трудоемкости обработки каждой детали в общей трудоемкости:

Для операции №1

$$K_{ЗАГР ПЛ}^{ОПЕР-1} = \frac{6,68 \cdot 0,386 + 6,56 \cdot 0,327 + 7,62 \cdot 0,161 + 7,38 \cdot 0,015 + 5,76 \cdot 0,112}{8} = \frac{6,71}{8} = 0,84$$

Аналогично представить в курсовой работе таблицу расчета коэффициентов загрузки всех станков ПЛ по обработке каждой j -детали.

Общий коэффициент загрузки ПЛ по всем операциям обработки закрепленных за линией деталей :

Построение графика переналадки переменного – поточной линии

Прежде всего определяют величину партии по каждому наименованию детали, которая будет запускаться непрерывно на поточную линию. Одним из факторов, определяющих размер партии деталей, а также периодичность их запуска является возможность создания заделов деталей и размещение их на складе готовых деталей. Примем размер партии равным $\frac{1}{4}$ месячного выпуска, т.е. $n_i = N_{мес}/4$

В соответствии с установленным размером партии и величиной такта для каждого наименования детали определим продолжительность времени работы $T_{цн_i}$ по изготовлению партии деталей каждого наименования.

$$T_{цн_i} = \frac{n_i \cdot \tau_i}{60 \cdot 8 \cdot 2}$$

Таблица 30. . Сводные данные коэффициентов загрузки ПЛ по каждой операции

№	$A_{\text{РАСЧ}} \cdot \eta_i$ ($K_{\text{ПЛ}i}$)	$B_{\text{РАСЧ}} \cdot \eta_i$ ($K_{\text{ПЛ}i}$)	$B_{\text{РАСЧ}} \cdot \eta_i$ ($K_{\text{ПЛ}i}$)	$\Gamma_{\text{РАСЧ}} \cdot \eta_i$ ($K_{\text{ПЛ}i}$)	$D_{\text{РАСЧ}} \cdot \eta_i$ ($K_{\text{ПЛ}i}$)	$K_{\text{ПЛ}}^{\text{РАСЧ}}$	$K_{\text{ПЛ}}^{\text{ПРИН}}$	$K_{\text{ЗАГР_ПЛ}i}$
1	2,58	2,15	1,22	0,11	0,64	6,71	8	0,84
2	3,22	1,83	0,90	0,06	0,38	...	8	0,80
3	1,45	0,97	0,68	0,04	0,16	...	4	0,82
4	0,00	1,18	0,52	0,06	0,64	...	6	0,40
5	0,72	0,64	0,00	0,03	0,48	...	4	0,47

$$K_{\text{Общ.} - \text{л.}} = \frac{20,66 \cdot 0,386 + 20,67 \cdot 0,327 + 20,66 \cdot 0,161 + 20,68 \cdot 0,015 + 20,67 \cdot 0,112}{30} =$$

$$= 0,6895$$

$$K_{\text{Общ.} - \text{ПЛ}} = 0,67 \text{ или } 67\%$$

Таблица 31. Продолжительность времени работы линии при обработке партии деталей каждого наименования

	А	Б	В	Г	Д
Размер партии	375	250	150	125	125
Продолжительность времени работы линии дн.	1,9	1,6	0,8	0,1	0,6

На основе полученных данных строится план – график работы участка (рисунок 9).

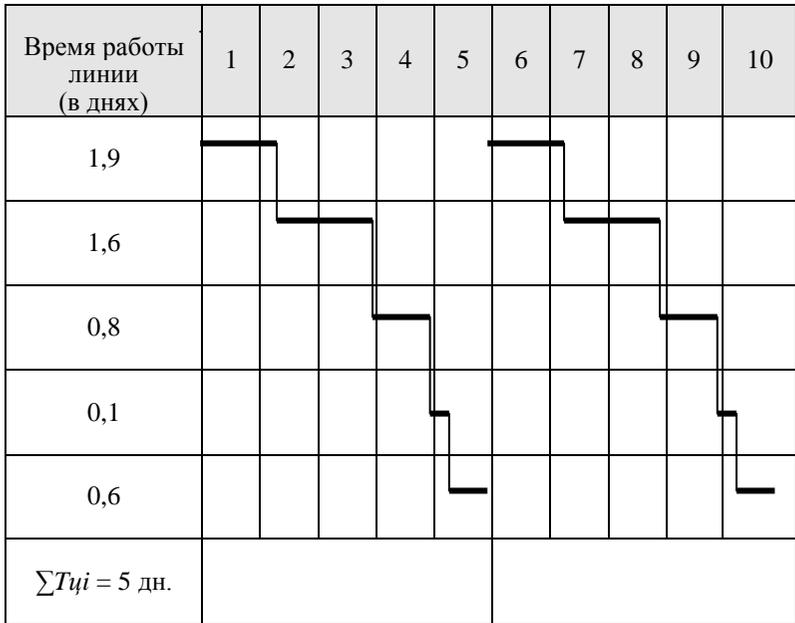


Рисунок 9. План – график переналадки переменнo – поточной линии

Транспортные средства для поточных линий дополняют состав рассчитанного оборудования.

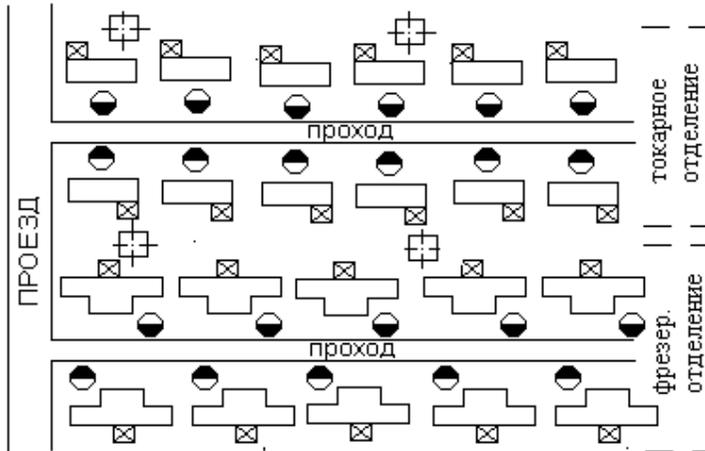
К транспортным средствам относятся: конвейеры (ленчатые, пластинчатые), транспортёры (напольные, подвесные), роботы (однорукие, двурукие), поворотные столы и другие средства. Они составляют группу вспомогательного оборудования в составе основных средств. При расчете эффективности работы участка с выбранной формой организации производства необходимо помнить о требуемых инвестициях на вспомогательное оборудование.

6 Построение производственного участка в пространстве

Способ расположения оборудования определяет специализация рабочих мест. Существует два вида специализации: технологическая, предметная (и их разновидность - поддетальная).

Технологическая специализация

Этот вид специализации характеризуется групповым расположением рабочих мест, специализирующихся на выполнении технологически однородных операций над разнообразными деталями.



Обозначение:

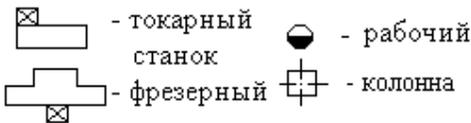


Рисунок 10. Планировка рабочих мест при технологической специализации.

Недостатки:

- сложное планирование (надо выписать наряд на партию, провести сплошной операционный контроль).
- растет учетная документация.
- увеличивается штат планировщиков, контроллеров.

Применение:

В условиях изменчивой номенклатуры выпускаемой продукции, малочисленных заказов на производство, т.е. в условиях единичного (Е), мелкосерийного (МС) производства.

Предметная специализация

Данный вид специализации участка обеспечивает законченность цикла обработки деталей или сборки сборочных единиц.

По способу расположения рабочих мест и степени синхронности операций, предметные отделения делятся на:

- Групповые
- Цепные
- Поточные
- Автоматические

Групповые отделения

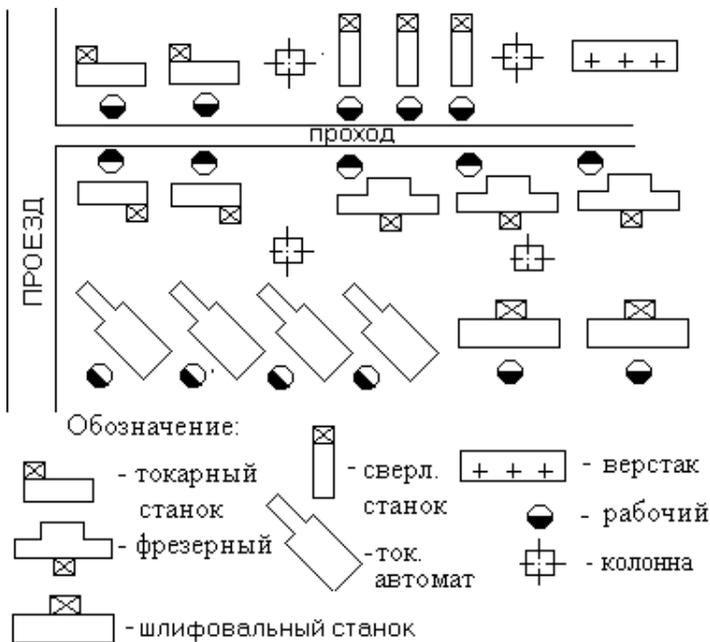


Рисунок 11. Отделение с групповым расположением рабочих мест и предметной специализацией

В групповых отделениях обработка ведется партиями и преимущественно последовательным способом.

Отделения с цепным расположением рабочих мест показано на рисунке 12. Оборудование размещается по ходу технологического процесса для ведущих деталей (наиболее трудоемких или унифицированных), т.е. с прямоточным расположением оборудования.

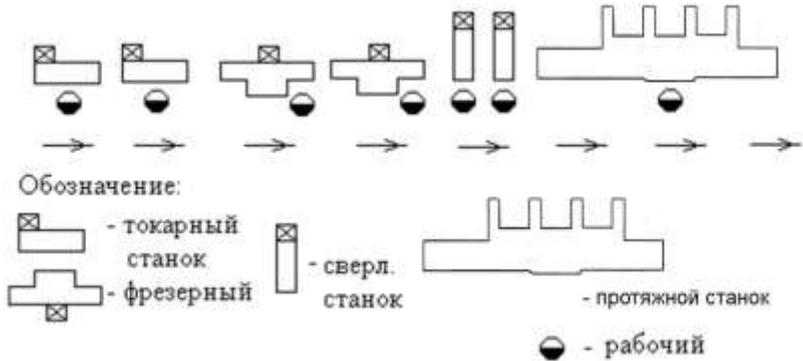


Рисунок 12. Отделение с цепным расположением рабочих мест с предметной специализацией

Поточные отделения - организуют в виде отдельных поточных участков или в виде сквозной поточной линии (ее не разывают, но для управления разделяют на секции – участки, где во главе стоят сменные мастера).

Автоматические участки - высшая форма организации производственного процесса.

Для однородной оптимизации – станки располагают однородными группами.

Для выполнения отдельной оптимизации над деталью - автоматы располагаются по ходу Т.П. с автоматической передачей со станка на станок.

В курсовой работе в приложении дать планировку производственных участков и обосновать выбор расположения рабочих мест.

Расстояние между колоннами в плане - 6,12,18 м.

Пристаночное расстояние около каждого станка принять 0,8 м.; проход – 1,5 м.; проезд – 3 м.

Вид в плане для оборудования принять аналогично рисункам 10 - 12, габаритные размеры станков даны в приложении 2.

Варианты планировок даны в приложении 3, 4, 5.

7 Порядок оформления курсовой работы

1. Титульный лист с указанием названия работы: «Организация производственного процесса во времени и пространстве», ФИО студента, группы;

2. Реферат, с указанием ключевых слов (не более 7-10) и краткого содержания работы. Словосочетание «ключевого слова» должно содержать не более трех слов;

3. Содержание.

4. Введение.

5. Основная часть:

- ❖ Выбор формы организации производственного процесса на участках для всех заданий. (Расчет коэффициента массовости для каждой детали с выводом о принятии формы производственного процесса);
- ❖ Расчет участка с непоточной формой организации производственного процесса;
 - Календарные план-графики работы оборудования на участке;
 - Планировка участка с указанием специализации;
- ❖ Расчет участка с однономенклатурной формой организации производственного процесса (однономенклатурная поточная линия);
 - Календарный план-график работы поточной линии;
 - Планировка участка ПЛ с указанием специализации;
- ❖ Расчет участка с многономенклатурной формой организации производственного процесса (многономенклатурная поточная линия -ПЛ);
 - Календарный план-график работы поточной линии;
 - Планировка участка ПЛ с указанием специализации;
- ❖ Расчет участка с групповыми процессами обработки однотипных деталей (ГрПЛ);
 - Календарный план-график работы поточной линии;
 - Планировка участка ПЛ с указанием специализации;

6. Список использованных источников.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Парамонов Ф.И. Моделирование процессов производства. – М.: Машиностроение, 1984. –232.,ил.
2. Планирование и управление процессами производства обрабатывающих предприятий машиностроения. /Учебное пособие/ Н.А.Оглезнев, СГАУ. Самара, 1998 30с.
3. Тихомиров В.И. Организация, планирование и управление производством летательных аппаратов: Учебник для вузов. Изд. 2-е, перераб. и сокращенное – М.: Машиностроение, 1978. –496 с.,ил.
4. Иващенко И.А. Автоматизированное проектирование технологических процессов изготовления деталей двигателей летательных аппаратов: Учебное пособие для студентов высших технических учебных заведений / И.А.Иващенко, Г.В.Иванов, В.А.Мартынов. –М.: Машиностроение, 1992. – 336с.: ил.
5. Абрамова И.Г. Организация и методика расчета одногрупповых поточных линий [Текст]:Методические указания/Абрамова И.Г.; Самарский гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 1999, 39 с.
6. Абрамова, И.Г. Организация производственного процесса во времени и в пространстве [Текст]: учеб. пособие /И.Г. Абрамова// Самара: СГАУ, 2001, 69 с.
7. Абрамова, И.Г. Основы организации производства машиностроительного предприятия. Лекционный курс и практикум [Текст]: учеб. пособие /И.Г. Абрамова// Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2004, 135 с.
8. Абрамова, И.Г. Оперативно-производственное планирование и управление производством на предприятии аэрокосмического двигателестроения [Текст]: учеб. пособие /И.Г. Абрамова// Самара : Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2006, 60 с.
9. Абрамова И. Г. Основы организации производства машиностроительного предприятия (Лекционный курс и практикум): Учебное пособие [текст] /И. Г. Абрамова //– Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т, изд. 2-е и доп. 2011. 174 с.
10. Расчет параметров одногрупповых поточных линий [Текст]: Методические указания /Абрамова И. Г. – Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 2011, 44 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ по теме: «ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ВО ВРЕМЕНИ И ПРОСТРАНСТВЕ»

Задание №1

Производственную программу выпуска деталей за определённый плановый период согласовать с преподавателем.

Технологические процессы изготовления деталей по вариантам

№	Операция ТП	Модель станка	Трудоемкость $t_{шт}$, мин.						$T_{ПЗ}$	$\alpha_{нал}$
			ДЕТАЛИ							
			А	Б	В	Г	Д	Е		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1-1	Ток	1336М	08	1,2	1,6	4,0	2,2	0,8	20,0	0,04
	Рев	1341	1,0	0,6	0,5	1,2	4,6	4,0	30,0	0,04
	Фрез	6Р81	0,6	2,4	3,2	3,2	-	1,0	20,0	0,04
	Фрез	6М12ПБ	1,6	1,6	4,3	1,2	1,2	1,6	20,0	0,04
	Свер	2Н125	-	1,2	2,5	-	3,0	-	20,0	0,04
	Шлиф	3Д725	2,4	-	2,0	-	1,4	3,0	10,0	0,04
1-2	Токар	1336Р	0,4	4,2	1,4	1,2	4,0	2,4	20,0	0,04
	Свер	2М55	1,0	0,5	1,6	2,6	-	-	30,0	0,04
	Прот	7А510	3,0	1,0	-	1,7	-	1,6	20,0	0,05
	Токар	1К62	4,5	0,5	2,0	3,0	1,0	4,2	25,0	0,04
	Фрез	6Т10	1,6	1,6	1,2	-	2,0	2,0	20,0	0,04
	Раст	2А450	2,2	1,2	2,4	-	2,0	-	20,0	0,04
1-3	Ток	1336Р	1,4	0,6	0,8	3,0	6,0	2,0	20,0	0,04
	Фрез	ГФ2171СБ	0,6	1,2	2,4	1,0	4,0	3,0	40,0	0,04
	Ток	16К20Т1	1,2	-	2,8	2,0	2,0	-	45,0	0,04
	Свер	В-630	2,0	1,4	1,8	2,0	1,0	4,0	60,0	0,03
	Раст	2А450	-	2,6	0,6	5,0	5,0	-	20,0	0,06
	Шлиф	3К225	4,0	3,4	4,2	2,0	-	-	10,0	0,04
1-4	Токар	1336Р	2,4	1,2	1,4	1,2	2,6	2,4	20,0	0,04
	Свер	2М55	1,2	2,5	1,2	2,6	1,3	-	30,0	0,04
	Прот	7А510	4,1	-	2,0	1,7	-	3,6	20,0	0,05
	Токар	1К62	1,5	0,5	1,6	3,0	1,0	2,2	25,0	0,04
	Фрез	6Т10	2,6	2,6	-	1,2	-	0,8	20,0	0,04
	Раст	2А450	2,0	1,2	2,4	-	2,0	-	20,0	0,04

Продолжение приложения 1 - задание 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1-5	Ток	1336М	2,8	1,6	1,4	1,5	1,2	1,2	20,0	0,04
	Рев	11336М	4,0	2,8	-	4,0	-	3,2	20,0	0,04
	Фрез	6М13ГН1	-	3,0	0,8	6,0	5,0	-	30,0	0,04
	Свер	В-630	3,2	-	1,2	1,2	2,0	4,2	50,0	0,04
	Шлиф	3Б71М	4,2	1,2	4,4	1,0	4,0	3,0	20,0	0,05
	Фрез	6М12ПБ	2,4	1,0	2,6	-	3,0	-	20,0	0,04
1-6	Ток	1336Р	1,0	2,0	1,6	2,4	1,0	-	20,0	0,04
	Фрез	6Р81	1,2	-	1,0	-	1,3	3,4	20,0	0,04
	Фрез	6Р81	1,6	1,0	0,8	3,2	3,0	2,2	20,0	0,04
	Св/глу	В-630	-	3,4	1,6	1,0	1,0	1,3	40,0	0,04
	Фрез	6М12ПБ	2,8	-	6,3	1,6	1,6	4,2	30,0	0,05
	Сверл	2К52-1	1,0	3,0	-	-	2,0	-	25,0	0,04
1-7	Фрез	6Р81	2,4	2,4	2,8	2,0	1,0	-	20,0	0,04
	Ток	АТ220ВТ	4,2	3,6	3,2	5,0	-	0,5	20,0	0,04
	Свер	2Н135	1,0	-	1,0	1,8	0,5	2,0	20,0	0,04
	Расточ	2А450	4,7	4,2	6,0	2,0	2,7	1,0	20,0	0,05
	Шлиф	3Е1848	2,6	6,0	2,0	-	4,2	8,0	10,0	0,04
	Ал/вгл	2А416	6,8	1,0	0,4	0,2	-	-	30,0	0,04
1-8	Револ	1341	4,0	1,3	0,4	-	1,5	1,1	20,0	0,04
	Ток	16А20Ф3	1,4	2,0	1,6	1,0	1,3	-	50,0	0,04
	Фрез	6Р13Ф3	5,0	0,5	-	3,6	1,0	4,2	60,0	0,04
	Сверл	2А22А	2,2	-	4,0	2,2	1,2	-	20,0	0,04
	Шлиф	3К228А	1,3	1,3	2,0	1,2	2,4	1,2	25,0	0,05
	Полир	32Ш196	2,0	3,0	5,3	2,0	2,0	2,0	20,0	0,04
1-9	Обточ	1336М	3,0	2,0	2,0	3,0	2,0	2,0	20,0	0,04
	Фрез	6Р81	4,0	5,5	4,5	5,0	4,0	-	20,0	0,04
	Фрез	6Р81	6,0	2,4	5,0	7,0	1,2	-	20,0	0,05
	Сверл	2М55	3,0	-	4,0	3,0	2,0	1,0	20,0	0,04
	Фрез	ВФ125	1,0	0,6	-	1,0	-	1,0	20,0	0,04
	Зенк	2А55А	2,0	-	3,0	2,0	-	-	20,0	0,04
1-10	Разм	Верстак	3,0	2,5	5,0	3,2	5,5	4,0	-	-
	Токар	1336Р	1,6	4,0	2,6	1,6	6,0	6,0	20,0	0,05
	Фрез	ГФ2171СБ	1,5	5,0	3,0	3,4	5,5	6,8	50,0	0,04
	Сверл	2Н125	3,5	2,0	1,0	3,0	3,0	-	20,0	0,04
	Зенк	2Н125	1,0	1,0	3,0	0,6	3,2	7,0	20,0	0,04
	Притр	Верстак	-	4,0	-	3,0	1,5	-	-	-

Продолжение приложения 1 - задание 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1-11	Ток	16К20Т1	1,0	1,2	1,8	1,0	1,6	2,4	60,0	0,05
	Прит	верстак	3,0	0,4	2,0	1,6	4,5	2,0	-	-
	Сверл	2Н125	6,0	0,2	-	3,4	7,0	6,0	20,0	0,04
	Фрез	6Р81	-	2,6	4,0	5,2	4,0	5,0	20,0	0,04
	Ток	1Г325	1,8	3,0	6,0	1,4	-	-	20,0	0,04
	Фрез	6Р81	6,0	-	4,2	-	6,0	5,0	15,0	0,04
1-12	Ток	1336М	1,6	1,1	1,3	1,2	1,0	1,8	15,0	0,04
	Рев	1336М	1,0	-	1,5	-	0,7	5,2	20,0	0,04
	Фрез	6Р81	1,4	2,4	1,2	1,4	-	1,2	20,0	0,04
	Фрез	6Р81	-	1,2	0,6	2,6	4,6	0,8	20,0	0,04
	Свер	2Н125	-	5,0	0,8	-	1,5	-	20,0	0,04
	Шлиф	3Д725	1,2	-	1,2	-	-	4,0	10,0	0,04
1-13	Свер	2Н135	4,0	1,2	1,2	8,0	6,0	6,0	20,0	0,04
	Прот	7А510	3,0	1,5	2,5	6,0	7,0-	-	20,0	0,04
	Токар	1К62	1,0	-	1,4	4,0	-	7,0	20,0	0,05
	Токар	16К20М	2,3	4,0	1,6	4,0	3,0	5,0	25,0	0,04
	Фрез	6Т10	5,0	1,0	0,6	-	5,0	3,0	20,0	0,04
	Сверл	2К52-1	-	3,0	3,0	-	-	-	20,0	0,04
1-14	Ток	1336Р	1,4	3,0	4,0	2,0	6,0	2,2	20,0	0,04
	Фрез	6Р81	2,7	2,0	3,2	-	4,0	5,0	20,0	0,04
	Ток	16А20Ф3	1,2	1,0	-	3,0	2,0	4,0	35,0	0,04
	Свер	2К52-1	0,6	-	4,0	4,0	3,0	-	20,0	0,03
	Раст	2А450	2,0	-	5,0	3,0	1,5	-	20,0	0,06
	Шлиф	3К228А	-	1,0	3,0	2,0	-	3,0	10,0	0,04
1-15	Ток	1336М	5,0	7,0	1,2	1,4	2,0	4,2	20,0	0,04
	Рев	1341	8,0	4,0	6,0	2,2	1,5	3,0	20,0	0,04
	Фрез	ГФ2171СБ	4,0	4,0	-	1,8	5,0	2,0	50,0	0,04
	Свер	В-630	-	1,0	1,0	6,0	2,8	5,0	50,0	0,04
	Шлиф	3К225А	4,0	8,0	6,0	8,0	4,0	3,0	20,0	0,05
	Фрез	5М12ПБ	3,0	6,0	3,0	-	2,0	-	10,0	0,04
1-16	Ток	1336Р	3,0	1,5	1,5	1,4	3,2	8,0	20,0	0,04
	Фрез	6Р81	5,0	1,2	1,2	-	1,4	-	20,0	0,04
	Фрез	6Р13Ф3	7,0	0,6	7,0	1,0	1,6	4,2	30,0	0,04
	Сверл	В-630	2,0	1,1	1,2	1,5	8,0	6,0	30,0	0,04
	Фрез	ГФ2171СБ	-	1,8	5,0	2,0	3,0	1,0	40,0	0,05
	Сверл	2А55А	4,0	3,0	-	-	4,0	3,0	20,0	0,04

Продолжение приложения 1 - задание 1

1	2		4	5	6	7	8	9	10	11
1-17	Фрез	6P81	7,0	1,0	2,0	1,3	1,0	0,6	20,0	0,04
	Ток	1К62	4,0	1,8	4,0	1,0	2,0	4,0	20,0	0,04
	Сверл	2Н135	-	-	1,2	1,2	-	-	20,0	0,04
	Расточ	2А450	2,2	-	1,0	1,1	-	7,0	25,0	0,05
	Шлиф	3Д725	5,0	5,0	4,0	6,0	4,2	3,5	10,0	0,04
	Ал/вгл	2А716	4,0	8,0	-	1,4	3,0	1,0	10	0,04
1-18	Револ	1341	7,0	1,2	6,0	-	1,2	1,0	20,0	0,04
	Ток	16А20Ф3	8,0	1,0	5,0	-	1,0	-	40,0	0,04
	Фрез	6Р13Ф3	1,0	8,0	-	5,0	2,0	2,6	40,0	0,04
	Сверл	2Н125	9,0	-	3,0	8,0	8,0	0,4	20,0	0,04
	Шлиф	3К225А	1,6	1,5	6,0	1,0	1,2	1,6	50,0	0,05
	Полир	32Ш323	2,0	4,0	3,0	2,0	5,0	2,0	20,0	0,04
1-19	Обточ	1336М	1,0	3,0	2,0	4,0	1,0	8,0	20,0	0,04
	Фрез	6Р81	2,0	4,5	5,5	5,0	4,0	5,0	25,0	0,04
	Фрез	6Р81	4,0	6,0	7,0	7,0	8,0	-	25,0	0,05
	Сверл	2А55А	3,0	3,0	5,0	4,0	4,0	3,0	20,0	0,04
	Фрез	6Т10	6,0	-	3,0	6,0	6,0	3,0	20,0	0,04
	Зенк	2К52-1	2,0	-	-	2,0	3,0	-	20,0	0,04
1-20	Фрез	6Р81	7,0	6,5	4,0	5,0	6,0	4,0	20,0	0,04
	Прит	Верстак	8,0	4,0	6,0	7,0	5,0	6,0	-	-
	Ток	16А20Ф3	6,5	-	4,0	6,0	-	8,0	50,0	0,05
	Сверл	2Н125	4,5	4,0	8,0	3,0	3,0	1,0	20,0	0,04
	Фрез	6Р82Г	8,0	8,0	6,0	10,0	6,0	4,0	20,0	0,04
	Зенк	2А55А	1,0	-	-	3,0	4,0	-	20,0	0,04
1-21	Ток	АТ220ВТ	6,0	1,6	2,0	2,0	1,0	8,0	60,0	0,04
	Прит	Верстак	3,0	2,2	-	5,0	4,5	2,0	-	-
	Сверл	2Н125	2,0	3,0	1,0	6,0	7,0	6,0	20,0	0,05
	Фрез	6Т10	3,0	6,0	-	4,0	4,0	3,0	20,0	0,04
	Ток	1К62Д	7,0	4,2	5,0	4,0	-	-	20,0	0,04
	Фрез	6Т10	4,0	3,0	6,0	-	6,0	5,0	20,0	0,04
1-22	Ток	1К62Д	1,6	5,3	1,5	3	-	1,0	30,0	0,04
	Ток	1К62	8,0	0,8	-	5	4,0	8,0	20,0	0,03
	Фрез	6Р13Ф3	1,2	1,4	2,2	8	7,0	1,4	60,0	0,05
	Фрез	6Р81	1,0	7,0	-	-	-	-	20,0	0,04
	Сверл	2М55	5,0	-	6,2	12	-	-	20,0	0,04
	Шлиф	3Б71М	0,7	3,0	4,0	9	2,0	1,2	20,0	0,04

Продолжение приложения 1 - задание 1

1	2		4	5	6	7	8	9	10	11
1-23	Ток	1336М	5,0	1,5	1,2	4,0	3,2	8,0	15,0	0,04
	Ток	1Г325	4,0	-	2,0	1,0	7,0	-	20,0	0,03
	Фрез	6М12ПБ	10	2,6	20	-	1,2	3,0	40,0	0,05
	Сверл	2М55	8,0	3,0	4,0	5,0	5,0	2,0	20,0	0,04
	Зенкер	2М55	3,0	4,2	3,0	-	4,0	1,6	20,0	0,04
	Растач	2М55	2,0	-	3,0	-	-	2,2	20,0	0,04
1-24	Ток	1336Р	1,7	2,2	8,0	-	6,0	5,0	20,0	0,04
	Рев	1В340Ф3	1,1	1,5	-	-	4,0	4,0	30,0	0,04
	Фрез	6Р62Г	5,0	4,0	1,0	1,6	-	1,0	20,0	0,04
	Фрез	ГФ2171	8,0	1,1	3,2	1,3	7,0	6,0	50,0	0,06
	Свер	СБ	-	6,0	8,0	8,0	3,0	-	20,0	0,04
	Шлиф	2К52-1 3М151	3,0	-	2,0	2,0	5,0	3,0	10,0	0,04
1-25	Токар	1336Р	8,0	3,2	1,4	2,0	5,0	4,0	20,0	0,04
	Свер	2Н125	1,3	1,5	3,5	1,0	1,2	-	20,0	0,04
	Сверл	В-630	1,4	5,6	6,0	-	-	4,0	40,0	0,05
	Токар	1336Р	5,4	7,8	1,2	-	-	3,0	20,0	0,04
	Фрез	6Р81	4,6	1,0	6,5	7,6	4,3	2,0	30,0	0,04
	Раст	1Г325	2,2	2,2	-	-	2,0	-	20,0	0,04
1-26	Разм	Верстак	3,0	2,0	2,5	4,2	5,5	4,0	-	-
	Токар	1336М	1,4	1,0	1,7	8,0	6,3	6,4	20,0	0,05
	Фрез	6Р81	7,8	5,0	3,0	6,0	5,5	1,6	25,0	0,04
	Сверл	2М55	3,2	2,0	5,2	3,0	3,0	-	20,0	0,04
	Зенк	2М55	4,3	4,0	1,4	1,0	8,0	-	20,0	0,04
	Хонин	ХШ6-01	5,0	14,0	-	3,0	4,5	-	20,0	-
1-27	Ток	1К62	7,0	1,2	1,0	-	1,8	5,0	20,0	0,04
	Рев	1П385	1,1	7,5	5,0	-	4,0	4,0	20,0	0,04
	Фрез	6М12ПБ	8,0	6,4	-	6,0	-	2,0	20,0	0,04
	Фрез	6Р13Ф3	1,5	1,1	6,0	1,0	2,8	1,0	40,0	0,06
	Свер	2А55А	4,0	6,0	-	8,0	4,2	-	20,0	0,04
	Шлиф	3М151	-	-	2,0	4,0	3,0	3,0	30,0	0,05
1-28	Ток	1К62Д	4,0	1,2	8,0	6,0	3,0	5,0	10,0	0,04
	Рев	1П385	2,8	5,5	1,0	3,2	4,0	4,0	10,0	0,04
	Фрез	6Ф125	3,6	7,8	-	1,4	2,6	1,0	20,0	0,04
	Фрез	ГФ2171СБ	7,2	1,1	2,0	2,0	-	3,6	40,0	0,06
	Свер	2Н125	3,0	6,0	2,0	-	1,8	-	20,0	0,04
	Шлиф	3К228А	2,2	1,4	-	-	-	3,0	10,0	0,04

Задание № 2

№	Наименование операции	Модель станка	$t_{шт}$, мин	Вес, детали	№	Наименование операции	Модель станка	$t_{шт}$, мин	Вес, детали, кг
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	$N_{MEC}=6800$ шт			0,35	6	$N_{MEC}=7000$ шт			0,8
	Протяг. Базы		3,0			Фрезерование	6М12ПБ	3,0	
	Фрезерование	6Р81(Гор)	1,5			Фрезерование	6М12ПБ	2,6	
	Фрезерование	6Р81(Гор)	4,2			Слесарная	Верстак	1,8	
	Фрезерование	6М12ПБ	3,8			Зубофрезерн.	6Р82Г	4,0	
	Сверление	2Н125	2,4			Зубошлифов.	5870В	3,2	
	Зенкерование	2Н125	1,0			Шлифование	3К225А	1,8	
	Развертыван.	2А55А	3,2			Слесарная	Верстак	1,6	
2	$N_{MEC}=7400$ шт.			0,30	7	$N_{MEC}=2000$ шт			2,0
	Фрезерование	6Р81	3,9			Фрезерование	6Р81	1,8	
	Слесарная оп.	Верстак	2,1			Сверление	2Н125	1,5	
	Шлифование	ЗД725	1,3			Фрезерование	6Р82Г	1,4	
	Фрезерование	6М12ПБ	5,3			Развертыван.	2Н135	1,7	
	Сверление	2Н125	3,5			Растачивание	2А450	1,2	
	Точение	1336М	4,2			Нарез.резьбы	2А450	4,0	
	Притирка	верстак	2,5			Шлиф.резьбы	5822	5,0	
3	$N_{MEC}=12800$			3,1	8	$N_{MEC}=2600$ шт			2,7
	Фрезерование	6Р81	2,0			Точение	1Г325	1,7	
	Сверление	2Н125	1,2			Револьверная	1341	1,8	
	Точение	АТ220ВТ	1,0			Сверление	2Н135	4,0	
	Шлифование	ЗД725	1,4			Фрезерование	6Р82Г	1,6	
	Точение	1В340Ф3	3,2			Сверление	2А55А	2,2	
	Сверление	16К20ПФ1	2,8			Зенкерование	2А55А	3,8	
	Фрезерование	6Р13Ф3	1,2			Слесарная	Верстак	1,0	
4	$N_{MEC}=15000$			1,0	9	$N_{MEC}=34000$			2,0
	Шлифование	ЗД725	2,8			Обточка базы	1В340Ф3	2,0	
	ЭХО кромки	4Б722	2,6			Сверление	2А55А	1,0	
	Полирование	П/Б 32Ш198	1,0			Фрезерование	16К20ПФ1	1,6	
	Шлифование	ЛШ-131	3,6			Обточка	1336М	1,4	
	Шлифование	ЛШ-131	2,8			Сверление	2А55А	1,4	
	Шлифование	ХШ-01	5,8			Фрезерование	16К20ПФ1	3,4	
	Слесарная	верстак	4,6			Шлифование	3К225А	1,8	
5	$N_{MEC}=4500$			1,0	10	$N_{MEC}=28000$			2,2
	Сверление	2Н125	3,4			Обточка	1К62	4,7	
	Протягивание	1216-4К	1,2			Фрезерование	6Р82Г	2,2	
	Фрезерование	6М12ПБ	4,0			Сверление	2К52-1	3,5	
	Фрезерование	6Р82Г	1,2			Фрезерование	6М12ПБ	1,8	
	Сверление	2М55	2,4			Шлифование	ЗД725	1,4	
	Зенкерование	2М55	1,0			Шлифование	3К225А	0,8	
	Хонингование	ХШ6-01	1,2			Алмаз.растач.	2А715	2,2,	

Продолжение приложения 1 - задание 2

1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
21	N _{МЕС} =5800шт			0,35	26	N _{МЕС} =10000			0,75
	Протяг. Базы		1,0			Фрезерование	6М12ПБ	3,0	
	Фрезерование	6Р81(Гор)	3,2			Фрезерование	6М12ПБ	2,6	
	Фрезерование	6Р81 (Гор)	1,6			Слесарная	Верстак	1,0	
	Фрезерование	6М12ПБ	4,3			Зубофрезерн.	6Р82Г	4,0	
	Сверление	2Н125	5,0			Зубошлифов.	5870В	3,2	
	Зенкерование	2Н125	2,0			Шлифование	3К225А	1,8	
	Развертыван.	2А55А	3,0			Слесарная	Верстак	1,6	
22	N _{МЕС} =4200шт.			3,0	27	N _{МЕС} =2600 шт			4,0
	Фрезерование	6Р81	1,00			Фрезерование	6Р81	1,5	
	Слесарная оп.	Верстак	2,0			Сверление	2Н125	1,5	
	Шлифование	3Д725	1,7			Фрезерование	6Р82Г	1,8	
	Фрезерование	6М12ПБ	0,8			Развертыван.	2Н135	1,2	
	Сверление	2Н125	1,2			Растачивание	2А450	1,4	
	Точение	1336М	1,8			Нарез.резьбы	2А450	0,6	
	Притирка	верстак	3,5			Шлиф.резьбы	5822	1,0	
23	N _{МЕС} =2000			3,0	28	N _{МЕС} =14000			4,5
	Фрезерование	6Р81	2,0			Точение	1Г325	1,2	
	Сверление	2Н125	1,0			Револьверная	1341	1,6	
	Точение	АТ220ВТ	1,2			Сверление	2Н135	0,8	
	Шлифование	3Д725	1,5			Фрезерование	6Р82Г	1,2	
	Точение	1В340Ф3	2,0			Сверление	2А55А	2,0	
	Сверление	16К20ПФ1	1,4			Зенкерование	2А55А	3,2	
	Фрезерование	6Р13Ф3	1,6			Слесарная	Верстак	4,0	
24	N _{МЕС} =5000			1,0	29	N _{МЕС} =4400			2,5
	Шлифование	3Д725	2,5			Обточка базы	1В340Ф3	1,0	
	ЭХО кромки	4Б722	2,6			Сверление	2А55А	1,8	
	Полирование	П/Б 32Ш198	1,0			Фрезерование	16К20ПФ1	1,6	
	Шлифование	ЛШ-131	1,8			Обточка	1336М	1,4	
	Шлифование	ЛШ-131	4,2			Сверление	2А55А	0,2	
	Шлифование	ХШ-01	2,0			Фрезерование	16К20ПФ1	2,0	
	Слесарная	верстак	1,8			Шлифование	3К225А	1,0	
3-					3-				
25	N _{МЕС} =7400			1,2	30	N _{МЕС} =8000			2,2
	Сверление	2Н125	1,2			Обточка	1К62	2,7	
	Протягивание	1216-4К	1,6			Фрезерование	6Р82Г	2,2	
	Фрезерование	6М12ПБ	4,2			Сверление	2К52-1	1,5	
	Фрезерование	6Р82Г	2,6			Фрезерование	6М12ПБ	3,8	
	Сверление	2М55	1,5			Шлифование	3Д725	4,0	
	Зенкерование	2М55	3,2			Шлифование	3К225А	2,7	
	Хонингование	ХШ6-01	2,2			Алмаз.растач.	2А715	3,4	

Задание № 3

Взяв за основу технологические процессы изготовления деталей задания № 1, количество оборудования участка, рассчитанного для непоточной формы организации производственного процесса, пересчитать производственные программы выпуска через коэффициент массовости и произвести расчет участка с многопредметной формой организации производственного процесса.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Технические характеристики оборудования

Группа оборудования	Вид оборудования	Модель оборудования	Мощность, кВт	Категория рем. слож. ЕРС	Габ/Длина, мм	Габ/Шир., мм	Площадь, м2
1	2	3	4	5	6	7	8
Авт	1-шп	A20	3,5	12	1550	700	1,09
Авт	4-шп	1M16A	4	16	1985	945	1,88
Авт	4-шп	1216-4К	9	28	5350	1040	5,56
П/а	Токар	АТ220ВТ	23	35	3140	1700	5,34
П/а	Токар	16К20Т1	26	30	4100	5770	23,66
П/а	Ток-рев	1В340Ф3	14	20	2900	1700	4,93
П/а	Ток-рев	1Д325П	6	15	4015	1000	4,02
чпу	Ток/в/рез	16К20ПФ1	10	17	2795	1190	3,33
чпу	Ток/в/рез	16А20Ф3	74	15	3700	3000	11,10
чпу	Фр/верт	6Р13Ф3	17	9	3450	3970	13,70
чпу	Фр/верт	6М13ГН-1	11	20	2573	2412	6,21
чпу	Фр/гор	ГФ2171СБ	12	18	3680	4170	15,35
чпу	Шлиф/лен	ЛШ-133	10,5	18	3425	2020	6,92
чпу	Свер/глуб	В-630	50	17	13500	3000	40,50
Ун	Ток-рев	1336М	3	12	2280	1000	2,28
Ун	Ток-рев	1336Р	3	12	2280	1000	2,28
Ун	Ток-рев	1Г325	5	17,5	3980	1000	3,98
Ун	Револ.	1341	5,6	15	3000	1200	3,60
Ун	Револ.	1П365	13,1	20	3430	1500	5,15
Ун	Ток/в/рез	1К62	12	15	3200	1200	3,84
Ун	Ток/в/рез	1К62Д	12	15	2798	1200	3,36
Ун	Ток/в/рез	16К20М	14,6	15	3700	1700	6,29
Ун	Фр/гор	6Р81	7	11	1480	1990	2,95
Ун	Фр/гор	6Р82Г	10	22	2305	1950	4,49
Ун	Фр/верт	6М12ПБ	12	13	2275	1745	3,97
Ун	Фр/верт	6Т10	4	12	1506	1875	2,82
Ун	Фр/прод	ВФ125	7	11	1730	2060	3,56
Ун	Протяжн	1216-4К	2	10	7225	4820	34,82

Продолжение приложения 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Ун	Св/верт	2Н125	2,4	13	785	915	0,72
Ун	Св/верт	2Н135	4	17	2690	830	2,23
Ун	Св/рад	2М55	10	16	2665	1030	2,74
Ун	Св/рад	2А55А	10	19	2665	1030	2,74
Ун	Св/рад	2К52-1	15	9	1760	915	1,61
Ун	Агрегатн	1ХА-162	12	32	3840	2880	11,06
Ун	Шлиф/пл	3Д725	40	20	5750	2860	16,45
Ун	Шлиф/пл	3Б71М	3	13	2600	1550	4,03
Ун	Шлиф/б/ц	3Е184В	15	11	2945	1885	5,55
Ун	Шлиф/кр	3М151	13	15	4635	2450	11,36
Ун	Шлиф/кр	РУ100	6	20	2390	1835	4,39
Ун	Шл/внут	3К225А	2,4	15	2295	1775	4,07
Ун	Шл/внут	3К228А	10	24	2295	1775	4,07
Ун	Шл/зубо	5851	2	25	3170	1820	5,77
Ун	Шл/резбы	5822	8,5	19	2510	2025	5,08
Ун	Коп/шл/х	ХШ6-01	10	17	2494	1953	4,87
Ун	Алм/рст	2А715	10	14	2025	1200	2,43
Ун	Алм/рст	2А716	3	18	2900	1375	3,99
Ун	Коор/рст	2А450	3	35	2670	3305	8,82
Ун	Эл/эрроз	4Б722	22	14	1270	1070	1,36
Ун	Т-абраз	Е6848	28	25	3600	3300	11,88
Ун	Абр-жидк	Э3-183	6	14	1710	1500	2,57
Ун	Полир/б	32Ш198	4,5	5	800	535	0,43
Ун	Полир/б	32Ш323	3	3	1400	700	0,98
	<u>Дополн.</u>	<u>оборуд.</u>					
	Кран конс	Т5-502-00	2	5	G=350	кг	
	Манип/к/ш	КШ160М1	2	8	G=125	кг	
	Мани/нагр	МП-100	2	8	G=100	кг	
	Пром.роб	МП-9С	2	10	1238	340	0,42
	Роб/тех/к	РМ01	2	20	900	1400	1,26

Примечание:

Авт – автоматы, П/а – полуавтоматы, ЧПУ – станки с ЧПУ,

Ун - универсальные станки.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Операция №1 – Токарная

Загрузка 33.3%

Дет.	$n_{\text{шт}}^{\text{н}}_{\text{мин}}$	$R_{\text{шт}}^{\text{н}}_{\text{шт}}$	$T_{\text{оп}}^{\text{н}}$ дни	1	2	3	4	5	6	7	8	...	20
А	344	20	0.6	■									
Б	88	10	0.1		■								
В	541	5	0.75		■	■	■	■	■	■	■		
Г	691	10	0.88					■	■	■	■		
Д	86	20	0.1										
Е	568	20	1.1							■	■		

Операция №2 – Револьверная

Загрузка 36 %

Дет.	$n_{\text{шт}}^{\text{н}}_{\text{мин}}$	$R_{\text{шт}}^{\text{н}}_{\text{шт}}$	$T_{\text{оп}}^{\text{н}}$ дни	1	2	3	4	5	6	7	8	...	20
А	344	20	0.4	■									
В	541	5	0.9		■	■	■	■					
Д	86	20	0.1										
Е	568	20	3.1						■	■	■	■	

Операция №3 – Фрезерная

Загрузка 33%

Дет.	$n_{\text{шт}}^{\text{н}}_{\text{мин}}$	$R_{\text{шт}}^{\text{н}}_{\text{шт}}$	$T_{\text{оп}}^{\text{н}}$ дни	1	2	3	4	5	6	7	8	...	20
А	344	20	0.5	■									
Б	88	10	0.2	■	■								
В	541	5	0.7		■	■	■	■					
Г	691	10	1.03					■	■	■			
Е	568	20	0.73								■		

Операция №4 – Фрезерная

Загрузка 32 %

Дет.	$n_{\text{шт}}^{\text{н}}_{\text{мин}}$	$R_{\text{шт}}^{\text{н}}_{\text{шт}}$	$T_{\text{оп}}^{\text{н}}$ дни	1	2	3	4	5	6	7	8	...	20
Б	88	10	0.13	■									
В	541	5	0.34	■	■	■							
Г	691	10	1.9			■	■	■	■	■			
Д	86	20	0.43								■		
Е	568	20	0.5									■	

Операция №5 – Сверлильная

Загрузка 16 %

Дет.	$n_{\text{шт}}^{\text{н}}_{\text{мин}}$	$R_{\text{шт}}^{\text{н}}_{\text{шт}}$	$T_{\text{оп}}^{\text{н}}$ дни	1	2	3	4	5	6	7	8	...	20
Б	88	10	0.5	■	■								
В	541	5	0.5		■	■	■	■					
Д	86	20	0.2				■						

Операция №6 – Шлифовальная

Загрузка 28.2 %

Дет.	$n_{\text{шт}}^{\text{н}}_{\text{мин}}$	$R_{\text{шт}}^{\text{н}}_{\text{шт}}$	$T_{\text{оп}}^{\text{н}}$ дни	1	2	3	4	5	6	7	8	...	20
А	344	20	0.44	■									
В	541	5	0.7		■	■	■	■					
Е	568	20	2.4					■	■	■	■		

Рисунок 13. Графики загрузки оборудования для примера 2 непоточной формы организации производственного процесса

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Схема расположения оборудования на участке

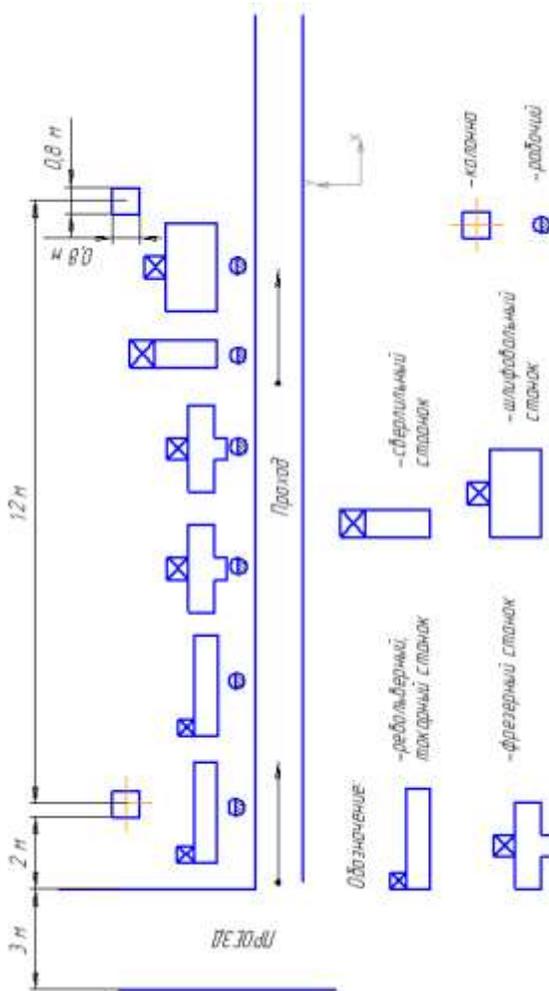


Рисунок 14. Цепное расположение оборудования

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

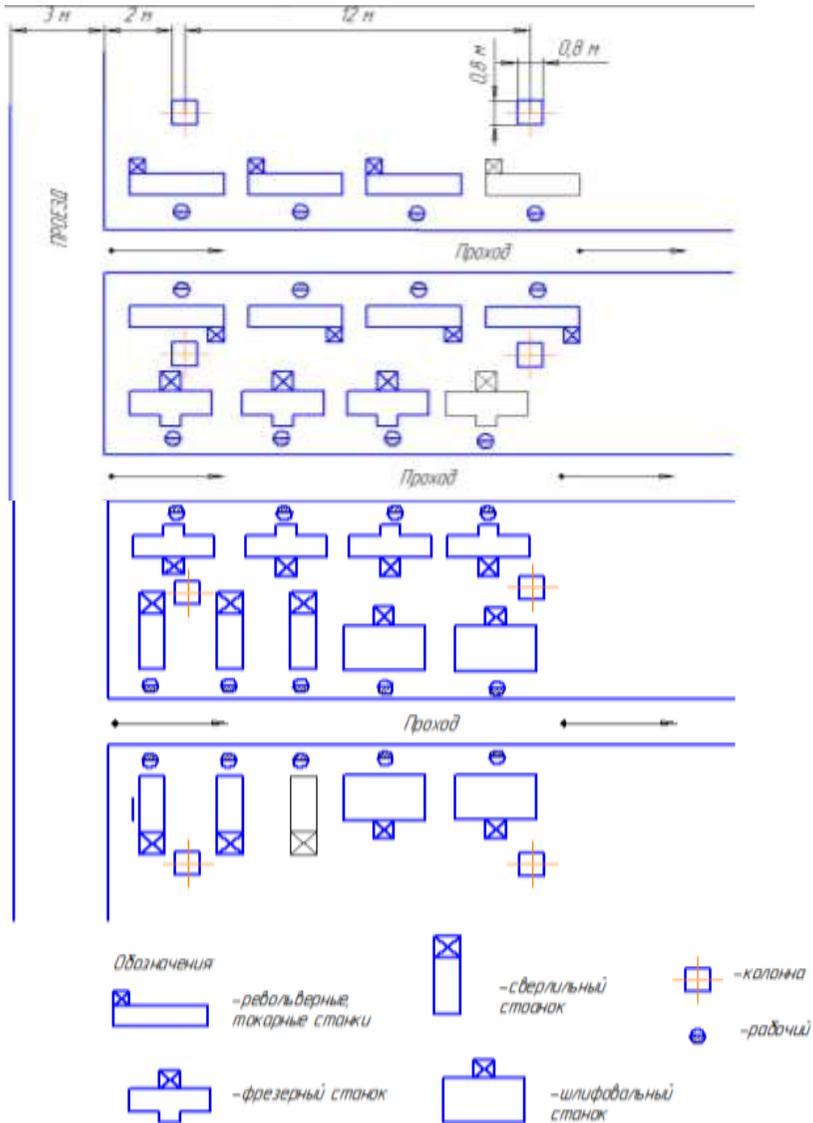


Рисунок 16. Участки с технологической специализацией рабочих мест

Учебное издание

Абрамова Ирина Геннадьевна

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА
ВО ВРЕМЕНИ И ПРОСТРАНСТВЕ

Методические указания

Компьютерная верстка, редакция: Абрамова И.Г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (Национальный исследовательский университет)» (СГАУ)