

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

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ОДНОГРУППОВЫХ ПОТОЧНЫХ ЛИНИЙ

УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ
СГАУ РЕГИСТ. № 84-011

Методические указания

Самара 2011

УДК 658.5

Составитель: Абрамова И.Г.

Расчет параметров одnogрупповых поточных линий [Текст]: метод. указания/И.Г. Абрамова. – Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 2011. - 44 с.

В методических указаниях раскрыта сущность групповых методов механической обработки деталей, приведены этапы организации групповых поточных линий и дана методика расчета организационно-технических параметров одnogрупповых поточных линий. В примере построен график запуска деталей в производство, который является иллюстрацией формирования резерва времени на смежных рабочих местах поточной линии и итогом расчетов задания курсовой работы.

Пособие адресовано студентам специальностей: «Авиационные двигатели и энергетические установки» со специализацией «Организация производства авиационных двигателей», а также специальности «Экономика и управление на предприятиях машиностроения», «Экономика», изучающих курс «Организация производства». Кроме того, материал может быть полезен инженерно-техническими работниками машиностроительных предприятий.

Ил.8, Табл.23. Библиогр. назв. 5.

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. Королёва (национальный исследовательский университет)» (СГАУ)

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

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. СУЩНОСТЬ ГРУППОВЫХ МЕТОДОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ	5
2. ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ ГРУППОВЫХ ПОТОЧНЫХ ЛИНИЙ	7
2.1. Анализ, классификация деталей и разработка типового представителя группы деталей	8
2.2. Разработка группового технологического процесса	10
2.3. Нормирование операций технологического процесса	11
2.4. Разработка сводного технологического процесса	13
2.5. Расчет ритма работы поточной линии	14
2.6. Расчет количества и состава рабочих мест	14
2.7. Определение оптимального размера партии запуска деталей	15
2.8. Определение очередности запуска деталей и построение графика работы поточной линии	17
3. ПРИМЕР № 1 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ОДНОПРЕДМЕТНОЙ ГРУППОВОЙ ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ С ПРОГРАММАМИ ВЫПУСКА, КРАТНЫХ МЕЖДУ СОБОЙ	20
3.1. Исходные данные	20
3.2. Решение	21
4. ПРИМЕР №2 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ОДНОПРЕДМЕТНОЙ ГРУППОВОЙ ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ С ПРОГРАММАМИ ВЫПУСКА, НЕ КРАТНЫХ МЕЖДУ СОБОЙ	29
4.1. Исходные данные	29
4.2. Решение	29
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	40
ПРИЛОЖЕНИЕ	41

ВВЕДЕНИЕ

Производственные процессы на участках механической обработки могут быть подчинены поточной или непоточной форме организации. В поточной форме организации производства выделяются однопредметные, многопредметные поточные линии с прерывными и непрерывными процессами обработки деталей и групповые поточные линии (одно- и многогрупповые).

Назначением моделирования процессов производства является описание движения предметов труда по всем рабочим местам их обработки или сборки во времени. Организуемая модель производства призвана дать ответ на вопросы: «Где, когда, в каких количествах и на каком оборудовании должны находиться детали и сборочные единицы любого наименования в процессе производства?».

Наиболее рациональной и перспективной формой организации процессов многономенклатурного производства является групповая форма, или групповые методы организации производственных процессов. Такие методы создают предпосылки для использования более прогрессивных технологических процессов изготовления деталей и сборки сборочных единиц и изделий, применения поточных принципов организации производства на предприятиях. Данная форма организации является основой «бережливого производства», идеология которого предопределяет бережное, рациональное расходование самого главного ресурса производственного предприятия – времени. Выявление временных издержек организации производственного процесса влияет на экономию всех других видов ресурсов: материальных, денежных, кадровых. Поэтому применение групповых методов организации на производстве будет актуально на предприятиях, готовых к соперничеству и выходу на передовые позиции среди конкурентов.

Формализация расчетов организации производственного процесса во времени поможет решать вопросы проектирования участка механической обработки в пространстве. В данном методическом пособии не ставилась цель построения процесса в пространстве и указания пространственного расположения оборудования. Данные вопросы были рассмотрены в методических указаниях Абрамовой И.Г. «Организация производственного процесса во времени и пространстве».

В настоящих методических указаниях на конкретном примере показан расчет организационно-технических параметров производственного участка с групповой формой организации. Системное изложение материала поможет студентам при выполнении заданий курсового и дипломного проектирования.

1. СУЩНОСТЬ ГРУППОВЫХ МЕТОДОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ

Групповые потоки основаны на применении групповых методов обработки деталей.

По ГОСТ 3.1109-82 установлено три вида технологических процессов (ТП) (в зависимости от групп обрабатываемых деталей):

Единый ТП разрабатывается и применяется для изготовления и ремонта изделия одного наименования, типоразмера и исполнения независимо от типа производства. Разработка единичных ТП характерна для оригинальных изделий (деталей сборочных единиц – ДСЕ), не имеющих общих конструктивных и технологических признаков с изделиями, которые ранее изготавливались на предприятии.

Типовой ТП – это технологический процесс изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками. Типовой ТП характеризуется общностью содержания и последовательностью выполнения большинства технологических операций и переходов для совокупности (типа деталей с общими конструктивными и технологическими признаками).

Групповой ТП – это технологический процесс изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками. Групповой ТП разрабатывается с целью экономически целесообразного применения методов и средств крупносерийного и массового производства (обработка по методу автоматического достижения заданных параметров) в условиях единичного и среднесерийного производства (ГОСТ 14.316-82).

Типовые и групповые ТП имеют общее название унифицированных ТП. Унифицированный ТП – это процесс, относящийся к совокупности (группе) изделий (ДСЕ), характеризующихся общностью конструктивных и технологических признаков.

Технологическая унификация дает следующие преимущества:

- повышается степень серийности при обработке, есть предпосылка для внедрения высокопроизводительных ТП, оборудования и оснастки;
- повышается качество технологических разработок;
- уменьшаются затраты времени на технологическую подготовку производства;
- уменьшаются трудоемкости изготовления деталей.

В зависимости от конкретных производственных условий формы реализации технологической унификации могут быть различными. Одной из форм унифицированного технологического процесса будет процесс с единым для совокупности деталей маршрутом и выполнением ряда операций при единой наладке станка.

Применение групповых методов обработки позволяет не только упорядочить процесс обработки деталей во времени, но и повысить производительность труда за счет четкой специализации участков и рабочих мест.

Для сокращения затрат времени на технологическую подготовку производства и для уменьшения трудоёмкости механической обработки заготовок за счёт повышения степени серийности разрабатываются унифицированные технологические процессы.

Сущность разработки унифицированных технологических процессов (ТП) состоит в том, что в пределах номенклатуры деталей определённого участка формируется совокупность близких по форме и размерам деталей, которые можно обрабатывать по групповому технологическому маршруту, при единой наладке станков на заданную группу деталей.

Схема группового технологического процесса обработки деталей представлена на рис.1

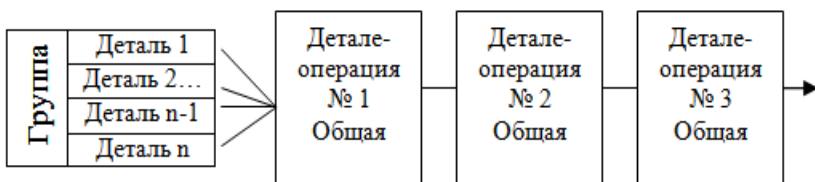


Рисунок 1. Схема группового технологического процесса

Если при проектировании технологического процесса принцип групповой обработки деталей в полном виде реализовать не удастся (по причине различий в технологии, конструкции, габаритах деталей, точности размеров и т.д.), то в этом случае техпроцесс строится по схеме (рис.2), где часть деталяеопераций является индивидуальной для каждой детали из группы (операции 1-1, 1-2,...,1-n), часть является групповой (деталеоперации 2- 1,2,3) и часть - общей для всей группы деталей (деталеоперации 3- 1, 2 ... n-1, n).

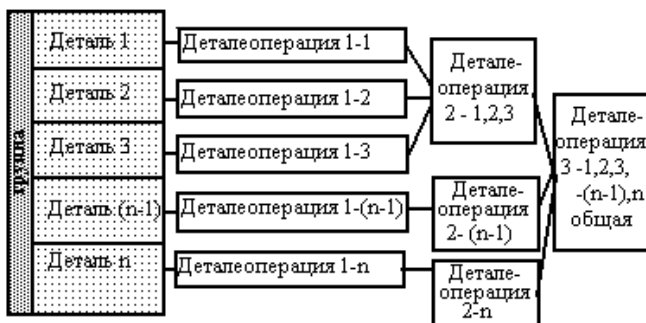


Рисунок 2. Схема группирования деталей и операций

2. ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ ГРУППОВЫХ ПОТОЧНЫХ ЛИНИЙ

Организация групповых поточных линий предполагает этапы развития:

- 1 Подбор номенклатуры деталей по конструктивно-технологическому подобию, сходству используемого оборудования и оснастки для обработки всех деталей.
- 2 Разработка групповых наладок по всем рабочим местам на каждую группу подобных деталей.
- 3 Составление групповых и сводного технологического процесса для поточной линии, который включает все операции по обработке всех деталей, с учетом их трудоемкости и согласно установленного ритма.

Разработка группового техпроцесса осуществляется в следующей последовательности:

- анализ номенклатуры деталей участка;
- классификация и группирование деталей;
- разработка комплексной детали;
- разработка группового маршрута обработки и групповых деталяеопераций;
- классификация типовых геометрических элементов деталей;
- разработка типовых подпрограмм для обработки на станках с ЧПУ.

Групповые технологические процессы по сравнению с индивидуальными имеют ряд преимуществ и наиболее целесообразны при обработке деталей на станках автоматах и на станках с ЧПУ.

Основными преимуществами групповых технологических процессов являются:

- сокращение затрат времени на технологическую подготовку производства;
- уменьшение трудоемкости механической обработки деталей;
- возможность автоматизации проектирования конструкторско-технологической документации, а также расчета управляющих программ обработки деталей;
- повышение качества технологических разработок;
- уменьшение станкоемкости изготовления деталей.

2.1. АНАЛИЗ, КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕТАЛЕЙ И РАЗРАБОТКА ТИПОВОГО ПРЕДСТАВИТЕЛЯ ГРУППЫ ДЕТАЛЕЙ

Несмотря на многообразие и различие конструкций, детали имеют большое количество сходных технологических признаков, размерных, точностных и пр. Выявляются общие признаки, по которым детали сводятся, объединяются в определенные группы.

Группой называется совокупность деталей, характеризующихся при обработке общностью оборудования, оснастки, наладки всего технологического процесса или отдельных операций.

При создании групп принимаются во внимание габариты деталей, т.к. они определяют тип оборудования и размеры технологической оснастки. Кроме этого учитываются общность геометрической формы и поверхностей, подлежащих обработке, их точность и шероховатость; однородность заготовок.

Исходя из анализа выпускаемой в цехе номенклатуры, выделяем конструктивно-технологическую группу деталей, приведенных в примере (типа "переходник"), для которой создаем групповой технологический процесс. Все переходники данной группы имеют разнообразную конфигурацию, но в их форме есть элементарные поверхности, обрабатываемые одинаково, т.е. есть возможность использовать станки, оснастку не для одной детали, а для группы. На рис.3 приведены эскизы деталей данной группы.

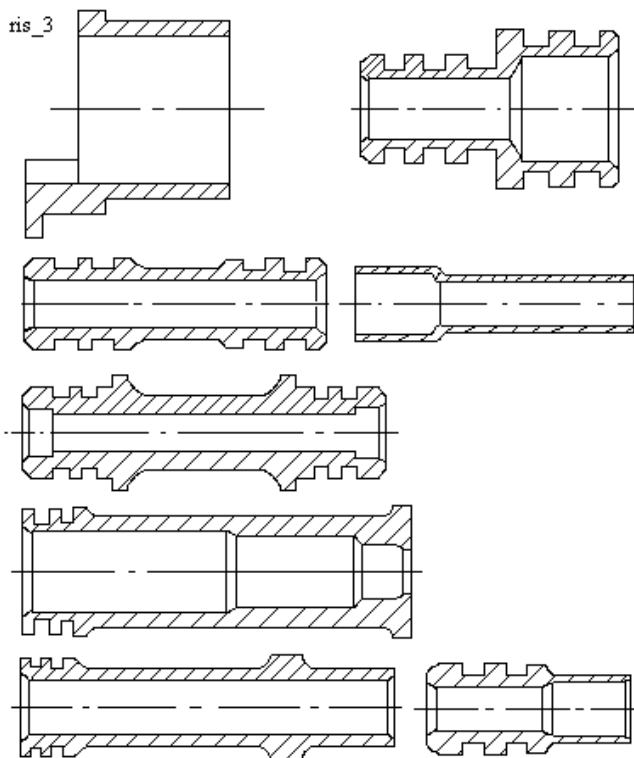


Рисунок 3. Эскизы деталей одной группы (типа “переходник”)

Разработка типового представителя группы деталей.

Основой разработки группового ТП и выбора средств технологического оснащения для совместной обработки группы изделий является комплексное изделие.

Под комплексной деталью подразумевают реальную или условную деталь, содержащую в своей конструкции все основные элементы, характерные для деталей данной группы, и являющихся ее конструктивно-технологическим представителем.

Комплексная деталь служит основой для разработки группового процесса и групповых наладок. Групповая наладка - совокупность приспособлений и инструментов, обеспечивающих обработку всех деталей данной группы с применением небольших наладок.

Следовательно, разработанный для комплексной детали технологический процесс с небольшими подналадками оборудования и оснастки применим для изготовления любой детали данной группы.

Комплексную деталь чаще всего получают методом «наложения». Метод заключается в том, что из ряда подобных выбирают одну наиболее

характерную деталь и вычерчивают ее. Затем рассматриваются детали, отличающиеся от вычерченной другими геометрическими поверхностями. Эти новые поверхности наносятся на чертеж. Пронумерованные поверхности комплексного детали-представителя показаны на рисунке (рис.4).

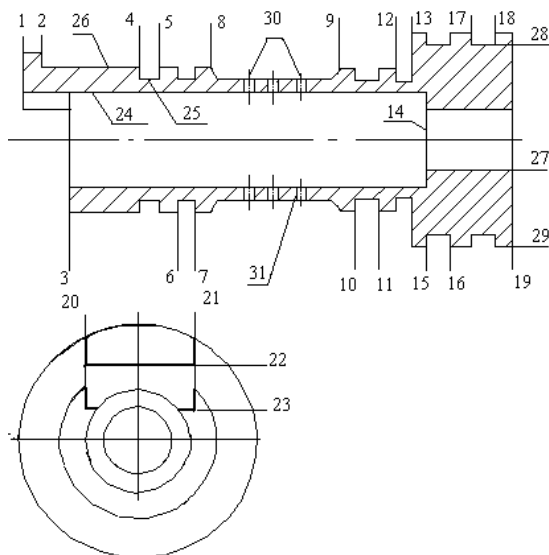


Рисунок 4. Нумерация поверхностей детали.

2.2. РАЗРАБОТКА ГРУППОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Групповой технологический процесс составляется в виде таблицы, где указываются номера и наименования деталяеопераций. Колонки с указанием номеров деталей заполняются следующим образом: если деталяеоперация включена в маршрут обработки конкретной детали, то указываются поверхности, которые обрабатываются в этой деталяеоперации.

Прежде чем решать вопрос о выборе баз и другие вопросы проектирования технологического маршрута целесообразно присвоить всем поверхностям детали определенный номер (рис.4). В качестве установочной базы следует выбрать поверхности 24 и 29, как наиболее удобные для этой цели. Исходными технологическими базами можно назначить поверхности 1 и 19. Однако более правильное их определение возможно после составления технологического маршрута, т.е. после установления комплекса обрабатываемых поверхностей и простановки операционных размеров.

Проектирование технологического маршрута возможно на ПЭВМ, используя программный пакет “Маршрут” кафедры ПДЛА.

После разработки маршрутного и операционного ТП необходимо определить нормы времени операций.

2.3. НОРМИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Задачей технологического нормирования является определение затрат времени для выполнения определенного объема работ.

Нормой времени называется время, необходимое для выполнения работы в определенных условиях работы.

Штучно-калькуляционное время ($T_{шт.к}$), состоит из штучного ($T_{шт.}$) и подготовительно – заключительного времени ($T_{п.з}$).

$$T_{шт.к} = T_{шт.} + T_{п.з} / n \quad (1)$$

$$T_{шт.} = T_{оп.} + T_{пер.} + T_{обсл.} \quad (2)$$

$$T_{оп.} = T_{ос} + T_{всп.} \quad (3)$$

$$T_{шт-к} = T_{ос} + T_{всп.} + T_{пер.} + T_{обсл.} + T_{п.з} / n \quad (4)$$

Где $T_{шт}$ – штучное время обработки одной детали на одной операции, мин.

$T_{пз}$ – подготовительно- заключительное время дается на подготовку рабочего и его рабочего места к обработке партии деталей n , мин.;

n – число деталей в партии, обрабатываемых при однократной затрате $T_{п-з}$, шт.

$T_{оп}$ – оперативное время, затрачиваемое на непосредственное изменение конструктивных, структурных параметров предмета труда и на элементы труда по обеспечению основной работы, мин.,

$T_{пер}$ – время на отдых и естественные надобности (время перерывов), мин.;

$T_{обсл}$ – время на обслуживание рабочего места: организационное ($T_{орг-обсл}$) и техническое обслуживание ($T_{тех-обсл}$), мин.;

$T_{ос}$ – время основное, непосредственно затрачиваемое на изменение формы, размеров, внешнего вида и внутренних свойств предмета труда, мин.;

$T_{всп}$ – время вспомогательное, затрачиваемое на элементы операции, связанные с обеспечением основной работы, повторяющиеся при обработке с каждым предметом труда: установка и снятие детали; изменение режимов установки резания; подвод и отвод (холост/ход) инструмента; контрольные промеры детали, мин.

Нормирование проводят расчетно-исследовательским, аналитическим методом (по нормативам).

Расчетным методом нормирования определяются нормы времени по математическим зависимостям.

Например, для точения основное время определяется по формуле:

$$T_o = \lambda / n_{об} S, \quad (5)$$

где λ - протяженность обрабатываемой поверхности, определяется из размерных параметров детали и заготовки.

S – подача, мм/об.

$n_{об}$ – частота вращения, об/мин.

Аналитическим методом нормы времени определяются по нормативам машиностроения [3,4].

После выделения операций, характерных для каждой детали из маршрута обработки комплексного деталепредставителя, производится нормирование операций обработки этих деталей.

При расчете основного времени для точения учитываем:

$$\lambda = \ell + \ell_{пер} + \ell_{врез},$$

где ℓ - размер обрабатываемой поверхности в направлении подачи, мм.,

$\ell_{пер}$ – величина перебега резца, мм.,

$\ell_{врез}$ – величина врезания резца, мм.

Время на обслуживание рабочего места можно принять равным 3-4 % от оперативного времени; время на отдых и естественные надобности 4 % от оперативного времени [4]. Нормирование выполняют по каждому переходу, если в операции их несколько и оформляют итоговую таблицу, показанную в примере (таблица 1.)

Таблица 1. Пример оформления процедуры нормирования операции детали по переходам.

№ пер.	T_o , мин.	$T_{всп.}$, мин.	$T_{опер.}$, мин.	$T_{обсл.}$, мин.	$T_{пер.}$, мин.	$T_{ит.}$, мин.	$T_{п.з.}$, мин.	$T_{ит.к.}$, мин.
1	3,71	0,14	3,85	0,17	0,19	4,21	0,003	4,213
2	0,34	0,06	0,4	0,014	0,016	0,43	0,003	0,433
...	...	...	...	...	...	...	...	...
8	0,07	0,06	0,13	0,005	0,005	0,14	0,003	0,143
9	0,04	0,06	0,1	0,003	0,004	0,11	0,003	0,113
10	0,04	0,06	0,1	0,003	0,004	0,11	0,003	0,113
Σ	13,09	0,76	13,85	0,585	0,662	15,1	0,03	15,13

Основное время рассчитано по формулам в зависимости от вида обработки и нормативов режимов резания [4].

Вспомогательное время, время на обслуживание, отдых и подготовительно-заключительное время находится по справочнику “Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство”. (М.:Машиностроение. 1974, 423с. и последующих выпусках).

2.4. РАЗРАБОТКА СВОДНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Групповые поточные линии (ПЛ) подразделяются на одnogрупповые, занятые обработкой деталей одной конструктивно-технологической группы, и многогрупповые, занятые обработкой деталей нескольких групп. Соответственно для одnogрупповых ПЛ формируется один сводный технологический маршрут, а для многогрупповой ПЛ – несколько, по числу обрабатываемых на линии конструктивно-технологических групп деталей.

Сводный ТП обработки группы деталей и сборки сборочных единиц – это процесс, который включает в свой состав все операции обработки или сборки всех деталей или сборочных единиц группы в технологической очередности их выполнения.

При формировании сводных ТП необходимо стремиться к тому, чтобы одноименные операции всех деталей или сборочных единиц выполнялись на одном и том же оборудовании. Это требование создает необходимые предпосылки для обеспечения высокой загрузки оборудования на проектируемой ПЛ и для организации работы на каждом рабочем месте по групповому методу.

При формировании сводного ТП определяется также трудоемкость обработки либо сборки комплекта деталей или сборочных единиц всех наименований или трудоемкость их обработки (сборки) на годовую программу выпуска изделий, в которые входят обрабатываемые (собираемые) детали (СЕ) с учетом затрат подготовительно-заключительного времени. Под комплектом понимается набор деталей (СЕ) с учетом их числа в одном изделии.

Данные сводного ТП обработки (сборки) деталей (СЕ) являются исходными для расчета необходимого числа рабочих мест групповой поточной линии.

Метод расчета рабочих мест определяется числом наименований изделий, для которых обрабатываются детали (или СЕ) на проектируемой линии. Если на линии обрабатываются детали (или собираются СЕ) для одного изделия, то в основу расчета можно положить ритм выпуска изделия и пооперационную трудоемкость изготовления комплекта деталей или сборки комплекта сборочных единиц. Если же на линии обрабатываются детали (собираются СЕ) для нескольких изделий, то за основу расчета необходимо принимать полезный фонд времени работы поточной линии в течение года и пооперационную трудоемкость обработки деталей всех изделий годовой программы выпуска. При этом пооперационная трудоемкость рассчитывается с учетом коэффициента выполнения норм рабочими.

На одnogрупповых поточных линиях обычно обрабатываются детали лишь для одного изделия, а на много групповых поточных линиях – для нескольких изделий

2.5. РАСЧЕТ РИТМА РАБОТЫ ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ

Расчет ритма (такта) работы одnogрупповой поточной линии (ГрПЛ) производится также как и для одnogноменклатурных поточных линий:

$$R_{ПЛ} = p \tau_{ПЛ}, \quad (6)$$

где $R_{ПЛ}$ – ритм поточной линии, мин.;

$\tau_{ПЛ}$ – такт поточной линии, мин.;

$$\tau_{ПЛ} = \frac{\Phi_{\partial ПЛ}^{год}}{N_{\Sigma}^{год}} \quad (7)$$

p – число деталей в передаточной партии, шт.;

$\Phi_{\partial ПЛ}^{год}$ – годовой действительный фонд времени работы оборудования (с учетом сменности), мин.,

$N_{\Sigma}^{год}$ – годовая программа выпуска всех деталей одной группы, шт.

Сводный технологический процесс обработки одной конструктивно-технологической группы деталей выполняется строго в соответствии с технологической последовательностью выполнения операций. Следует следить за нумерацией операций и их содержанием.

2.6. РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА И СОСТАВА РАБОЧИХ МЕСТ

Распределение по рабочим местам производится на основе сводного ТП обработки деталей и ритма работы потока. При распределении исходят из того, чтобы суммарная длительность обработки всех деталей, закрепленных за каждым рабочим местом была равна ритму работы ГрПЛ.

Количество оборудования, закрепленного за операцией находится по формуле:

$$K_{P.M.i} = \sum T_{шт i} / R_{ПЛ} \quad (8)$$

Коэффициент загрузки оборудования:

$$\eta_{загр} = K_{P.M. расч.} / K_{P.M. прин.} \quad (9)$$

В случаях, если суммарная длительность операций $\Sigma t_{шт}$ меньше ритма, то за этим рабочим местом закрепляют две и более операции с тем, чтобы обеспечить полную загрузку.

Если сумма времени обработки всех деталей комплекта на данной операции сводного ТП больше ритма выпуска изделия, то в этом случае обработка деталей распределяется по двум или более рабочим местам с таким расчетом, чтобы сумма времени обработки деталей на каждом рабочем месте была равна ритму или приближалась к нему.

При учете численности рабочих необходимо помнить о норме обслуживания оборудования с автоматическим и полуавтоматическим управлением: два – три станка за одним рабочим.

Принятие решения о необходимости конкретного рабочего места (оборудования) основывается на обосновании целесообразности в выделении денежных средств на закупку оборудования, оснастки. Если коэффициент загрузки показывает на необходимость наличия нескольких рабочих мест, но это не может быть выполнено, то ограничиваются существующим количеством оборудования, при этом удлиняется технологический цикл изготовления партии деталей, остается завышенный коэффициент загрузки.

2.7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕРА ПАРТИИ ЗАПУСКА ДЕТАЛЕЙ

Под партией запуска принято понимать группу однотипных деталей, которые обрабатываются непрерывно с однократной затратой тп.з.

На выбор размера партии влияют много факторов:

- величина $t_{ПЗ}$,
- длительность производственного цикла - T_u ,
- оперативное время обработки партии $\Sigma T_{оп}$,
- габариты и вес деталей,
- износ инструмента,
- возможность автоматической смены инструмента и подачи деталей,
- планировка и пр.

В тех случаях, когда при организации групповых ПЛ партия запуска деталей в обработку задается перед проектированием, затраты подготовительно-заключительного времени, приходящиеся на комплект или годовую программу выпуска деталей или сборочных единиц каждого наименования, известны, и они должны учитываться в трудоемкости обработки (сборки) комплекта или годовой программы выпуска деталей или сборочных единиц каждого наименования.

Когда размер партии рассчитывается в процессе проектирования производственных процессов, затраты подготовительно-заключительного времени неизвестны, и они задаются в процентах от штучного времени. После расчета и окончательного уточнения размера партии производят уточнение затрат подготовительно-заключительного времени, приходящегося на комплект деталей или на годовую программу их выпуска. И на этой основе производят уточненный расчет загрузки оборудования ПЛ. Практика проектирования групповых поточных линий показывает, что затраты подготовительно-заключительного времени ориентировочно, без больших погрешностей, можно принимать равными 5 – 15 % штучного.

Размер партии можно определить методом постепенного подбора, когда сначала определяют минимально допустимый размер партии, а затем его корректируют, руководствуясь конкретными производственными условиями.

Минимальный размер определяется двумя способами в зависимости от модели оборудования:

- 1 Если оборудование требует значительного времени на наладку, например автоматы, агрегатные станки, то в качестве критерия при установлении величины партии принимается такое соотношение между $T_{пз}$ и $T_{умт}$ на ведущих операциях, которое соответствует допустимому проценту потерь на наладку. Ведущей операцией считается та, которая имеет наибольшее отношение $T_{пз}$ к $\sum T_{умт}$, а минимальный размер партии по ведущей операции определяется по формуле:

$$n_{\min} = \frac{T_{пз}}{t_{умт} \cdot \alpha_{об}} \cdot 100 \quad (10)$$

где $\alpha_{об}$ - допустимый коэффициент потерь времени на переналадку :

для универсального оборудования	- 2 - 5%
для полуавтоматов	- 5 - 7%
для автоматов	- 10 - 12%

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

В результате корректировки размера партии ее величину приводят 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 была кратной этой величине.

Рекомендуются следующие унифицированные величины периодичности запуска – выпуска ($R_{\text{зап.мес. прин.}}$):

3 месяца - 3М,	10 рабочих дней - М / 2
1 месяц - 1М,	5 рабочих дней - М / 4
	2,5, рабочих дня – М / 8 .

Корректировка $n_{\text{min расч.}}$ до $n_{\text{min прин. (опт.)}}$ должна удовлетворять двум условиям:

1. $n_{\text{min}} = N_{\text{мес.}} / K_1$, где $N_{\text{мес.}}$ – месячный выпуск деталей данного наименования, шт.;
 K_1 – принятое число партий в месячном выпуске (6, 3, 1, 1/2, 1/8,)
2. $n_{\text{min}} = N_{\text{см.факт.}} \cdot K_2$, где $N_{\text{см.факт.}}$ – фактический сменный (полусменный) выпуск, шт.;
 K_2 – принятое число смен (полусмен).

2.8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОЧЕРЕДНОСТИ ЗАПУСКА ДЕТАЛЕЙ И ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА РАБОТЫ ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ

Ввиду разной длительности оперативного времени на разных операциях на рабочих местах неизбежны простои (резерв времени). Возникает задача распределения резерва времени.

Резерв времени формируется двумя способами:

- 1 - после обработки всей группы деталей;
- 2 - после обработки партии деталей каждого наименования.

- 1 Способ формирования резерва времени путем запуска группы деталей определенного наименования (установить очередность запуска группы деталей).

Для определения очередности запуска необходимо определить величины смещений начала работы на связанных подачах деталей рабочих местах, что позволило бы вести бесперебойную обработку деталей на всех рабочих местах.

При запуске группы деталей в обработку в первую очередь нужно обработать те, у которых общая сумма разности смещений σ_i предыдущих операций будут минимальной.

- 2 Способ формирования резерва времени путем непрерывной обработки партий деталей каждого наименования.

При моделировании реальных производственных процессов возможен случай, когда одно рабочее место технологически связано с несколькими рабочими местами. В этом случае при расчете смещений нужно учитывать все технологические связи, и максимальное значение из всех найденных, приведенных к одной и той же координате отчета, принимается за искомое смещение. За координату отсчета следует принимать начало работы первого рабочего места " A_i ", так как оно является начальным моментом реализации формируемой модели.

$$A_i = \sigma_i + a_i, \quad (11)$$

где A_i - величина смещения запуска партии деталей на последующем рабочем месте относительно первого.

- σ_i - величина смещения учитывающая организационную связь (совмещение операций),
 a_i - величина смещения на смежных рабочих местах, обеспечивающая непрерывную обработку всей партии деталей на каждом рабочем месте.

При обработке партий деталей передача их с одного рабочего места на другое производится поштучно или передаточными партиями, при этом начало работы на втором рабочем месте нужно сместить на такую величину " a_i ", чтобы обеспечить непрерывную обработку всей партии.

Искомая величина " a_i " определяется двумя факторами:

- неравенством времени обработки партий деталей на связанных рабочих местах (b_i),
- невозможностью одновременного начала/окончания обработки партии деталей i -го наименования на тех же рабочих местах. (c_i)

$$a_i = b_i + c_i \quad (12)$$

где b_i - смещение, вызванное неравенством времени обработки партии деталей на связанных рабочих местах,

c_i - смещение, вызванное невозможностью одновременного начала/окончания обработки партии деталей на тех же рабочих местах.

$$c_i = n \cdot t_{\min} \quad (13)$$

n - количество деталей в партии, шт..

$t_{\min}$ - время минимальной операции из двух смежных.

По итогам расчетов параметров A_i , σ_i , a_i , c_i производится построение графика запуска поточной линии.

Представленная методика используется для каждого повторного запуска партий деталей. При неоднократном запуске организационные параметры линии пересчитываются заново, и на их основе строится график работы однопредметной поточной линии.

В примерах, представленных ниже, показаны варианты организации однопредметной групповой поточной линии.

Целью первого варианта является представление организации производственного процесса при условии, когда величины партий деталей запуска кратны месячной или, возможно, годовой программе выпуска и сами объемные плановые задания для разных деталей в месячном или годовом разрезе кратны между собой. В этом случае наглядно проявляется не только их упорядоченность запуска во времени, но и взаимозаменяемость сопутствующих технических, организационных элементов линии: обеспечение унифицированной тарой, накопительными системами оборудования, постоянством материалопотока заготовок и прочими элементами производства. Однако недостатком этого примера является идеализация производственной ситуации, сложность применимости на практике.

Целью второго варианта является представление организации производственного процесса, приближенного к действительности. Производственные программы выпуска деталей не кратны между собой.

3. ПРИМЕР № 1 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ОДНОПРЕДМЕТНОЙ ГРУППОВОЙ ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ С ПРОГРАММАМИ ВЫПУСКА, КРАТНЫХ МЕЖДУ СОБОЙ

3.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

На линии обрабатываются восемь деталей для одного изделия. Программа выпуска каждой детали указана ниже. Технологические процессы (ТП) группы деталей приведены в таблице 2.

Определить ритм работы поточной линии, количество рабочих мест и построить график её работы, если предприятие работает в две смены.

Таблица 2. Групповые технологические процессы

№ оп.	Наименование операций	Модель оборудов.	T _{шт} , мин
10	<u>Детали группы “А”</u> Автоматная	1Б240-Б	4
15	Револьверная 1 сторона	1Г325	15
20	Револьверная 2 сторона	1Г325	16
5	<u>Детали группы “Б”</u> Шлифование	SASL-125	8
10	Автоматная	1Б240-Б	1
15	Револьверная 1 сторона	1Г325	11
20	Револьверная 2 сторона	1Г325	8
10	<u>Детали группы “В”</u> Автоматная	1Б240-Б	2
15	Револьверная 1 сторона	1Г325	14
20	Револьверная 2 сторона	1Г325	5
5	<u>Детали группы “Г”</u> Шлифование	SASL-125	8
10	Автоматная	1Б240-Б	2
15	Револьверная 1 сторона	1Г325	16
20	Револьверная 2 сторона	1Г325	5
35	Сверление отверстия	2Н125	22
10	<u>Детали группы “Д”</u> Автоматная	1Б240-Б	4
15	Револьверная 1 сторона	1Г325	8
20	Револьверная 2 сторона	1Г325	12
5	<u>Детали группы “К”</u> Шлифование	SASL-125	8
10	Автоматная	1Б240-Б	1
15	Револьверная 1 сторона	1Г325	9
20	Револьверная 2 сторона	1Г325	4
10	<u>Детали группы “Л”</u> Автоматная	1Б240-Б	4
15	Револьверная 1 сторона	1Г325	10
20	Револьверная 2 сторона	1Г325	2
10	<u>Детали группы “М”</u> Автоматная	1Б240-Б	2
15	Револьверная 1 сторона	1Г325	5
25	Фрезерование плоскости	6Р81Г	6
30	Фрезерование плоскости	6Р81Г	6

При решении задачи примем следующую программу выпуска деталей в год:

$$N_A^{\text{год}} = 960 \text{ шт.}, \quad N_{\Gamma}^{\text{год}} = 480 \text{ шт.}, \quad N_{\text{Л}}^{\text{год}} = 1440 \text{ шт.},$$

$$N_{\text{Б}}^{\text{год}} = 960 \text{ шт.}, \quad N_{\text{Д}}^{\text{год}} = 960 \text{ шт.}, \quad N_{\text{М}}^{\text{год}} = 1920 \text{ шт.},$$

$$N_{\text{В}}^{\text{год}} = 480 \text{ шт.}, \quad N_{\text{К}}^{\text{год}} = 960 \text{ шт.},$$

Суммарная программа выпуска всех деталей составит: $N_{\Sigma}^{\text{год}} = 8160 \text{ шт.}$

Величины программ выпуска кратны между собой (или промежуточному числу – возможной величине партии).

В приведенном примере решается задача представления графика запусков деталей в обработку с упорядоченной периодичностью.

3.2. РЕШЕНИЕ

1. Разработка группового технологического процесса

По данным таблицы 2 технологические процессы для каждой детали сведем в единый сводный технологический процесс (таблица 3).

Таблица 3. Сводный технологический процесс.

№	Оп. свод. ТП	Мод. ст. / $N_{\text{год}}$	Детали								$\Sigma t_{\text{шт}}$ мин
			А	Б	В	Г	Д	К	Л	М	
			960	960	480	480	960	960	1440	1920	
1	Шлиф	SASL		8		8		8			24
2	Авт.	15240	4	1	2	2	4	1	4	2	20
3	Рев.1	1Г325	15	11	14	16	8	9	10	5	88
4	Рев.2	1Г325	16	8	5	5	12	4	2		52
5	Фрез.	6Р81Г								6	6
6	Фрез.	6Р81Г								6	6
7	Свер.	2Н125				22					22
		$\Sigma t_{\text{шт}}$	35	28	21	53	24	22	16	19	

2. Расчет такта работы поточной линии

При двусменном графике работы предприятия фонд времени работы оборудования в год: 3760 час.

Расчетная величина такта работы линии: $\tau = \frac{3760 \cdot 60}{8160} \approx 27,6 \text{ мин./шт.}$

Принимаем $\tau_{\text{пл}} = 30 \text{ мин/шт.}$

При поштучной обработке деталей ($p=1$) $R = 30 \text{ мин/шт.}$

3. Расчет количества и состава рабочих мест

В рассматриваемом примере (табл.4) две операции фрезерования выполняются на однотипном оборудовании и их суммарный коэффициент загрузки равен 0,4; поэтому для выполнения этих операций достаточно одного станка и одного рабочего.

Таблица 4. Расчет количества рабочих мест и числа рабочих ПЛ.

№ п/п.	Наим.оп.	$\Sigma t_{шт \cdot n}$ мин.	$K_{рм. расч.}$	$K_{рм. прин.}$	$\eta_{загр}$	$K_{рм}^{ПЛ}$ прин	м, чел
1	Шлиф.	24	0,8	1	0,80	1	1
2	Автом.	20	0,7	1	0,70	1	1
3	Револ.1	88	2,9	3	0,97	5	5
4	Револ.2	52	1,7	2	0,85		
5	Фрез.1	6	0,4	1	0,40	1	1
6	Фрез.2	6					
7	Сверл.	22	0,7	1	0,70	1	1
Итого на ПЛ: $\Sigma t_{шт} = 218$ мин.					0,80	9	9

$$m_{автом. оп.} = K_{рм ПЛ} / n_{обсл} , \quad n_{обсл} = 2 \text{ станка,}$$

$$m_{автом. оп.} = 1 / 2 = 0,5 \text{ чел. , принимаем 1 чел.}$$

$$m_{явоч.} = 9 \cdot 2 \text{ см.} = 18 \text{ человек при двусменной работе.}$$

$$m_{спис} = 18 \cdot (1 + 10/100) = 20 \text{ человек при 10 \% невыходов.}$$

Закрепляем за каждым рабочим местом те детали, у которых суммарная длительность обработки кратна такту (таблица 5).

Таблица 5. Преобразованный техпроцесс в соответствии с оборудованием

№ р м	Наим оп.	$t_{шт} \cdot n$, мин								$\Sigma t_{шт},$ мин
		А	Б	В	Г	Д	К	Л	М	
1	Шлф.		8n		8n		8n			24n
2	Авт.	4n	1n	2n	2n	4n	1n	4n	2n	20n
3	Рев. I		11n				9n	10n		30n
4	Рев. I			14n	16n					30n
5	Рев. I	15n				8n			5n	28n
6	Рев. II	16n	8n	5n						29n
7	Рев. II				5n	12n	4n	2n		23n
8	Фрез								12n	12n
9	Свер				22n					22n

В ячейке таблицы 5 “рабочее место – соответствующая деталь” указано время обработки всей партии деталей (8n или 4n). Здесь n – партия деталей. Суммарное время обработки всех деталей на каждом рабочем месте не превышает величины такта поточной линии.

4. Определение количества деталей в партии

При известном подготовительно-заключительном времени ($T_{ПЗ}$) и среднедневной потребности производства ($N_{ср.дн.}$) минимальный размер партии определяют по методике [3].

При неизвестном $T_{ПЗ}$ расчет минимальной партии запуска ведут по максимально производительной операции (для указанного примера см. табл.6).

При выборе размера партии руководствуемся правилом: число переналадок линии должно быть минимально. Поэтому предпочтительна наибольшая длительность цикла обработки партии деталей. Это означает, что если длительность обработки партии невелика и сопоставима с неделей, декадой дробить месячную производственную программу не следует, а рекомендуется принять размер партии, равный месячной (годовой) программе. Технологический цикл изготовления 480 деталей типа «А» составит 16800 мин или 17,5 дн., а деталей типа «Г» – 26,5 дней.

Таблица 6. К определению минимальной партии запуска

Детали	Миним. расч. разм. партии, $n_{\min}^{\text{расч.}}$, шт. $480 / t_{\text{шт} \cdot \min}$	Кратность размера партии месячному заданию $N_{\text{мес.}} / n_{\min}^{\text{расч.}}$	Период запуска $R_{\text{зап.мес}}^{\text{прин}}$	$n_{\min}^{\text{прин}}$	$m_{\text{зап.}} \cdot \text{раз}$
А	$480 / 4 = 120$	$(960 / 12) / 120 = 0,66$	М / 8	480	2
Б	$480 / 1 = 480$	$(960 / 12) / 480 = 0,17$	М / 8	480	2
В	$480 / 2 = 240$	$(480 / 12) / 240 = 0,17$	М / 8	480	1
Г	$480 / 2 = 240$	$(480 / 12) / 240 = 0,17$	М / 8	480	1
Д	$480 / 4 = 120$	$(960 / 12) / 120 = 0,66$	М / 8	480	2
К	$480 / 1 = 480$	$(960 / 12) / 480 = 0,17$	М / 8	480	2
Л	$480 / 4 = 120$	$(1440 / 12) / 120 = 1,00$	М / 8	480	3
М	$480 / 2 = 240$	$(1920 / 12) / 240 = 0,66$	М / 8	480	4

Исходя из унифицированного ряда расчетная величина периода запуска ($R_{\text{зап.мес.}}^{\text{прин}}$) должна составить 2,5 рабочих дня (М/8), количество запусков партий в месяц – 8 раз. Тогда размер партии, например, деталей «Г» должен составить: 480 шт. в год/ 12мес./ 8=5 шт. В этом случае 5 деталей будут обработаны на пяти операциях за 265 мин. или 0,5 смены. Эта величина размера партии очень мала и не рациональна. Поэтому устанавливаем окончательный размер партии деталей равный значению годовой, полугодовой или четверть годовой производственной программы для рассматриваемых деталей.

5. Определение очередности запуска деталей по группам

При неупорядоченном запуске деталей можно говорить о многопредметной поточной линии, на которой будут обработаны те же детали с последовательным запуском их в производство. Но установление очередности запуска групп деталей по критерию минимальной длительности цикла позволяет упорядочить процесс работы линии, который подчинен принципам параллельно – последовательного вида движения деталей.

По мере возрастания суммы смещений b_i в группах деталей формируется очередность запуска каждой группы деталей на поточной линии (см. табл.7):

Таблица 7. К определению очередности запуска деталей.

N Р.М	А	Б	В	Г	Д	К	Л	М
1								
2		+7n		+6n		+7n		
3		-10n				-8n	-6n	
4			-12n	-14n				
5	-11n				-4n			-3n
6	-1n	+3n	+9n					
7				+11n	-4n	+5n	+8n	
8								-7n
9				-17n				
Σb_i	-12n	0	-3n	-14n	-8n	+4n	+2n	-10n

Очередность по мере возрастания суммы смещений:

-14n, -12n, -10n, -8n, -3n, 0, +2n, +4n.

Очередность запуска групп деталей следующая:

$\Rightarrow \Gamma \rightarrow A \rightarrow M \rightarrow Д \rightarrow В \rightarrow Б \rightarrow Л \rightarrow К$

6. Формирование резерва времени (смещений) при непрерывной обработке партии деталей каждого наименования

Методика подсчета смещений b_i .

1. Формирование длительности обработки по каждому рабочему месту нарастающим итогом.

С учетом определенной выше очередности обработки групп деталей и данных преобразованного ТП в соответствии с оборудованием (табл.6) рассчитаем длительности выполнения операций на каждом рабочем месте нарастающим итогом. Результаты расчета сведены в таблицу 9.

Таблица 8. Время обработки партии деталей нарастающим итогом.

Р.м.	Г	А	М	Д	В	Б	Л	К
1	8n					16n		24n
2	2n	6n	8n	12n	14n	15n	19n	20n
3						11n	21n	30n
4	16n				30n			
5		15n	20n	28n				
6		16n			21n	29n		
7	5n			17n			19n	23n
8			12n					
9	22n							

2. Определение смещений начала (b_1) и конца (b_2) обработки партии деталей одноименных групп на связанных рабочих местах.

Смещения определяются по схеме:

Для деталей группы "К" 2 – 3 пары рабочих мест

2рм	19n	20n
3рм	21n	b1 30n b2

$$b_1 = 19n - 21n = -2n < 0$$

$$b_2 = 20n - 30n = -10n < 0$$

$$\Rightarrow b_i = 0$$

Для деталей группы "Д" 5 – 7 пары рабочих мест:

См. табл. 9 .

$$b_1 = 20n - 5n = +15n - \max$$

$$b_2 = 28n - 17n = +11n,$$

$$b_i = \max \{ 0, (t_i' - t_i'') \}$$

где t_i' - время обработки партии детали i на рабочем месте первой связанной пары.

t_i'' - время обработки той же партии деталей на рабочем месте второй связанной пары.

Если разность $t_i' - t_i''$ окажется положительной, то величина b_i принимается равной этой разности.

Если разность $t_i' - t_i''$ меньше нуля, то b_i принимается равной нулю.

$$\Rightarrow b_i = +15n$$

Результаты расчета сведены в таблицу 10.

Таблица 9. Результаты расчета смещений

дет р.м.	Г	А	М	Д	В	Б	Л	К	b_i	c_i	a_i	σ_i	A_i	р.м.
1-2	0 +6n					-6n +n		-3n +4n	+6n	n	+7n		+7n	2
2-3						+14n +4n	+4n -2n	-2n -10n	+14n	n	+15n		7n+15n= +22n	3
2-4	0 -14n				-4n -16n				0	n	+n		7n+n= +8n	4
2-5		+2n -9n	-9n -12n	-12n -16n					+2n	n	+3n		7n+3n= +10n	5
3-6					-21n -18n				0	n	+n		22n+n= +23n	6
4-6					0 +9n				+9n	n	+10n		8n+10n= +18n	
5-6		0 -n							0	n	+n		10n+n= +11n	
3-7							-6n +2n	+2n +7n	+7n	n	+8n		22n+8n= +30n	7
4-7	0 +11n								+11n	n	+12n		8n+12n= +20n	
5-7			+15n +11n						+15n	n	+16n		10n+16n= +26n	
5-8		+15n +8n							+15n	n	+16n		10n+16n= +26n	8
7-9	0 -17n								0	n	+n		30n+n= +31n	9

На основе приведенных расчетов (таблиц 9 и 10) строится график работы групповой поточной линии (рис.5).

График работы одnogрупповой поточной линии построен при условии, что размер передаточной партии был принят равной одной штуке: поштучная передача деталей с одного рабочего места (станка) на другое, а размер величины партии составлял величину n , которая была принята равной 480 шт. деталей (таблица 6).

Следует обратить внимание на то, что по оси абсцисс отложено время изготовления деталей, единицей измерения служит величина « $t \cdot n$ ». Поэтому для определения времени обработки конкретной партии деталей необходимо спроецировать точку окончания обработки партии на ось абсцисс и умножить на принятый размер партии деталей.

Необходимо отметить, что число запусков $m_{\text{зап}}$ в производство для разных деталей различно: $m_{\text{зап } A} = 2$, $m_{\text{зап } B} = 2$, $m_{\text{зап } B} = 1$, $m_{\text{зап } \Gamma} = 1$, $m_{\text{зап } Д} = 2$, $m_{\text{зап } К} = 2$, $m_{\text{зап } Л} = 3$, $m_{\text{зап } М} = 4$ (таблица 6).

В связи с этим график работы поточной линии на рис. 5 является иллюстрацией первого запуска. При последующих запусках необходимо исключить из обработки те партии детали, для которых выполнен план производства. Для оставшихся запусков необходимо заново построить графики загрузки поточной линии.

В таблице 10 указаны справочные данные запусков в производство некоторых типов деталей.

Таблица 10. Количество партий-запуска в год в авиадвигателестроении

Типы деталей	$m_{\text{зап}}$, шт.	Типы деталей	$m_{\text{зап}}$, шт.
Рабочие лопатки турбины и компрессора	12	Шестерни	12
Лопатки направляющих аппаратов	6	Корпуса крупногабаритные	6
Диски турбин и компрессоров	12	Корпуса средне-и малогабаритные	4
Валы крупногабаритные	6	Арматура (втулки, стаканы)	4
Валы средне-и малогабаритные	4	Болты, винты, шпильки, штифты	2

В приведенном примере рассматривается случай, когда производственные программы выпуска кратны принятому размеру партии для всех деталей. Это редко встречается на практике.

4. ПРИМЕР №2 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ОДНОПРЕДМЕТНОЙ ГРУППОВОЙ ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ С ПРОГРАММАМИ ВЫПУСКА, НЕ КРАТНЫХ МЕЖДУ СОБОЙ

4.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

На линии обрабатываются шесть деталей для одного изделия. Сводный технологический процесс изготовления групп деталей приведен в таблице 11. График работы линии – 2 смены по 8 часов.

Принята следующая производственная программа выпуска деталей в месяц:

$$N_A^{\text{мес}} = 344 \text{ шт.}, \quad N_G^{\text{мес}} = 1376 \text{ шт.},$$

$$N_B^{\text{мес}} = 172 \text{ шт.}, \quad N_D^{\text{мес}} = 86 \text{ шт.},$$

$$N_E^{\text{мес}} = 2152 \text{ шт.}, \quad N_E^{\text{мес}} = 602 \text{ шт.}$$

Итого программа выпуска в месяц $N^{\text{мес}} = 4732 \text{ шт.}$

Определить ритм работы поточной линии, количество рабочих мест и построить график её работы.

Таблица 11. Сводный технологический процесс

№	№ Оп.	Наим. оп.	Модель станка	Норма штучного времени $t_{\text{шт}}$, мин.						$\Sigma T_{\text{шт}}$, мин
				А	Б	В	Г	Д	Е	
			$N_{\text{мес}}$, шт	344	172	2152	1376	86	602	$N_{\text{мес}} = 4732$
1	05	Ток.	1336М	1,6	1,1	1,3	1,2	1,0	1,8	8
2	10	Рев.	1336М	1,0	-	1,5	-	0,7	5,2	8.4
3	15	Фрез.	6Р81	1,4	2,4	1,2	1,4	-	1,2	7.6
4	20	Фрез.	6Р81	-	1,2	0,6	2,6	4,6	0,8	9.8
5	25	Сверл.	2Н125	-	5,0	0,8	-	1,5	-	7.3
6	30	Шлиф.	3Д725	1,2	-	1,2	-	-	4,0	6.4
		Итого	$T_{\text{ш}}$	5,2	9,7	6,6	5,2	7,8	13	$T_{\text{ш}} = 47,5$

4.2. РЕШЕНИЕ

4.2.1. Расчет такта работы поточной линии

Предприятие работает в две смены, фонд работы оборудования в месяц - 300 часов, программа выпуска всех деталей $N^{\text{мес}} = 4732 \text{ шт.}$

$$\text{Такт работы линии: } \tau = \frac{300 \cdot 60}{4732} = 3.8 \frac{\text{мин}}{\text{шт.}} \quad \tau \approx 4 \text{ мин.}$$

При поштучной обработке деталей ($p=1$) принимаем $R = 4 \text{ мин/шт.}$

4.2.2. Предварительный расчет количества и состава рабочих мест

Количество оборудования, закрепленного за операцией, находим по формуле.

$$K_{p.mi} = \sum T_{umi} / R_{п.л.} \quad (14)$$

Коэффициент загрузки оборудования:

$$\eta_{загр} = \frac{K_{p.тирасч}}{K_{p.типрин}} \quad (15)$$

Обозначения указаны ранее.

Данные расчеты приведены в таблице (Таблица 12).

Таблица 12. Предварительный расчет количества рабочих мест и числа рабочих на ПЛ

№ п/п	№ оп.	Наим. оп.	Модель станка	ΣT_{umi} мин	расч $K_{p.м.}$ шт.	прин $K_{p.м.}$ шт.	$\eta_{загр}$	прин $K_{p.м.пл}$	m , чел.
1	05	Ток.	1336М	8.0	2	2	1	4	4
2	10	Рев.	1336М	8.4	2.1	2	1.05		
3	15	Фрез.	6Р81	7.6	1.9	2	0.95	5	5
4	20	Фрез.	6Р81	9.8	2.5	3	0.8		
5	25	Сверл.	2Н125	7.3	1.8	2	0.9	2	2
6	30	Шлиф	3Д725	6.4	1.6	2	0.8	2	2
								13	13

$$m = 13 \times 2 \text{ см} = 26 \text{ чел при двухсменной работе.}$$

$$m = 26(1 + 10/100) = 29 \text{ человек при } 10\% \text{ невыходов.}$$

Закрепляем за каждым рабочим местом те детали, у которых суммарная длительность обработки кратна такту.

Предварительное распределение нормы времени в соответствии с тактом и с оборудованием показано в таблице 13.

4.2.3. Определение количества деталей в партии

Нормативная величина партии определяется из условия обеспечения непрерывности выполнения каждой операции в течение не менее смены. Продолжительность обработки партии деталей можно определить по наиболее трудным операциям, чтобы избежать значительного увеличения длительности производственного цикла. В результате корректировки с потребностью в деталях для выполнения программы выпуска. При неизвестном $T_{п.з}$ и $N_{ед.оп.}$ расчет минимальной партии запуска ведем по максимально производительной операции. Корректировка минимального размера партии позволяет определить оптимальный размер партии деталей.

Таблица 13. Предварительное распределение нормы времени в соответствии с тактом и с оборудованием

№	№ оп.	Наименов. операции	$t_{шт}$ мин.						$\Sigma t_{шт}$, мин
			А	Б	В	Г	Д	Е	
1	05	Токарная I	1.6	1.1		1.2			3.9
2		Токарная II			1.3		1.0	1.8	4.1
3	10	Револьверная I	1.0		1.5		0.7		3.2
4		Револьверная II						5.2	5.2
5	15	Фрезерная Ia	1.4			1.4		1.2	4.0
6		Фрезерная IIa		2.4	1.2				3.6
7	20	Фрезерная Ib					4.6		4.6
8		Фрезерная IIб				2.6			2.6
9		Фрезерная IIIб		1.2	0.6			0.8	2.6
10	25	Сверлильная I		5.0					5.0
11		Сверлильная II			0.8		1.5		2.3
12	30	Шлифовальная I	1.2		1.2				2.4
13		Шлифовальная II						4.0	4.0

Таблица 14. Определение оптимальной партии запуска.

Детали	Мин. расч. разм. $480/t_{шт\ min}$	$N_{мес}$, шт	Кратность размера партии месячному заданию $N_{мес} \cdot t_{min}$	Ближнее значение унифицированного ряда, дн.	Длительность изготовления программы $N_{мес}$, дн.	Принятый период запуска $R_{зап. мес.}$	$n_{опт\ приг.}$
А	480/1.6=300	344	344/300=1,1	2,5	344x5,2/60x8x2=1,86дн.	1М	344
Б	480/1.1=436	172	172/436=0,4	2,5	172x9,7/60x8x2=1,74дн.	1М	172
В	480/1.3=370	2152	2151/370=5,8	5	2152x6,6/60x8x2=14,79дн.	М/4	538
Г	480/1.2=400	1376	1376/400=3,4	5	1376x5,2/60x8x2=7,45дн.	М/2	688
Д	480/1.0=480	86	86/480=0,2	2,5	86x7,8/60x8x2=0,69дн.	1М	86
Е	480/1.8=267	602	602/267=2,25	2,5	602x13,0/60x8x2=8,15дн.	М/2	301

4.2.4. Уточнение потребного количества рабочих мест на групповой поточной линии

Умножим трудоемкость на принятую величину партии деталей $n_{онт}$,

Таблица 15. Распределение обработки партии деталей по оборудованию

№ п/п	№ оп.	Наим. оп.	$t_{шт} \cdot n$, мин.						$\Sigma T_{ц n}$ мин.
			А	Б	В	Г	Д	Е	
1	05	Ток. I	1.6x344= 550,4	1.1x172= 189,2		1.2x688= 825,6			1565,2
2		Ток. II			1.3x538= 699,4		1.0x86= 86,0	1.8x301= 541,8	1327,2
3	10	Рев. I	1.0x344= 344,0		1.5x538= 807,0		0.7x86= 60,2		1211,2
4		Рев. II						5.2x301= 1565,2	1565,2
5	15	Фр. Ia	1.4x344= 481,6	2.4x172= 412,8	1.2x538= 645,6				1540,0
6		Фр. IIa				1.4x688= 963,2		1.2x301= 361,2	1324,4
7	20	Фр. Ib		1.2x172= 206,4	0.6x538= 322,8		4.6x86= 395,6	0.8x301= 240,8	1165,6
8		Фр. IIb				2.6x688= 1788,8			1788,8
9	25	Св. I		5.0x172= 860,0	0.8x538= 430,4		1.5x86= 129,0		1419,4
10	30	Шл. I	1.2x344= 412,8		1.2x538= 645,6				1058,4
11		Шл. II						4.0x301= 1204	1204

Таблица 16. Потребное количество оборудования на групповой поточной линии для изготовления группы деталей по заданию курсовой работы

№	№ Оп.	Наимен. операции	Модель станка	прин Кр.м., шт.
1	05	Ток.	1336М	2
2	10	Рев.	1336М	2
3	15	Фрез.	6P81	2
4	20	Фрез.	6P81	2
5	25	Сверл.	2Н125	1
6	30	Шлиф	3Д725	2
			итого	11

Преобразуем технологический процесс в соответствии с оборудованием и длительностью обработки партий деталей.

Таблица 17. Преобразованный технологический процесс в соответствии с оборудованием и длительностью обработки партий деталей.

№ п/п	№ Оп.	Наим. опер.	t _{шт}						ΣTц п мин.
			А	Б	В	Г	Д	Е	
1	05	Ток. I	550,4	189,2		825,6			1565,2
2		Ток. II			699,4		86,0	541,8	1327,2
3	10	Рев. I	344,0		807,0		60,2		1211,2
4		Рев. II						1565,2	1565,2
5	15	Фр. Ia	481,6	412,8	645,6				1540,0
6		Фр. IIa				963,2		361,2	1324,4
7	20	Фр. Ib		206,4	322,8		395,6	240,8	1165,6
8		Фр. IIб				1788,8			1788,8
9	25	Св. I		860,0	430,4		129,0		1419,4
10	30	Шл. I	412,8		645,6				1058,4
11		Шл. II						1204	1204

Ввиду разной длительности оперативного времени на разных операциях на рабочих местах неизбежны простои (резерв времени). Возникает задача распределения резерва времени. Резерв времени формируется двумя способами: 1) После обработки всей группы деталей. 2) После обработки партии деталей каждого наименования.

4.2.5. Определение очередности запуска всей группы деталей

Формируем очередность по мере возрастания суммы смещения b_i в группах. (таблица 18).

Таблица 18. К определению очередности запуска группы деталей

№	А	Б	В	Г	Д	Е
1						
2						
3	206,4		-107,6		25,8	
4						-1023,4
5	-137,6	-223,6	161,4			
6		206,4		-137,6		1204,0
7			322,8		-335,4	120,4
8				-825,6		
9		-653,6	-107,6		266,6	
10	68,8		-215,2			
11						-963,2
Σb_i	137,6	-670,8	53,8	-963,2	-43,0	-662,2

Очередность по мере возрастания суммы смещений:

-963,2; -670,8; -662,2; -43,0; 53,8; 137,6.

Очередность запуска групп деталей следующая:

Г → Б → Е → Д → В → А

4.2.6. Формирование резерва времени (смещений) при непрерывной обработке партии деталей каждого наименования

За координату отсчета следует принимать начала работы первого рабочего места «А», т.к. оно является начальным моментом реализации формируемой модели.

$$A_i = \sigma_i + a_i,$$

где A_i – величина смещения запуска партии деталей на последующем рабочем месте относительно первого.

σ_i – величина смещения учитывающая организационную связь.

a_i – величина смещения на смежных рабочих места, обеспечивающая непрерывную обработку всей партии детали на каждом рабочем месте.

В свою очередь, $a_i = b_i + c_i$,

где b_i – смещение, вызванное неравенством времени обработки партий деталей на связанных рабочих местах,

c_i – смещение, вызванное невозможностью одновременного начала (окончания обработки партии деталей на тех же рабочих местах).

$$c_i = n \cdot t_{\min},$$

n – количество деталей в партии,

$t_{\min}$ – время минимальной операции из 2-х смежных.

Рассчитываем b_i .

Для этого произведем формирование длительности обработки по каждому рабочему месту нарастающим итогом. Результаты расчета показаны в таблице (Таблица 19).

Таблица 19. Время обработки партии деталей нарастающим итогом.

Р.М.	Г	Б	Е	Д	В	А
1	825,6	1014,8				1565,2
2			541,8	627,8	1327,2	
3				60,2	867,2	1211,2
4			1565,2			
5		412,8			1058,4	1540,0
6	963,2		1324,4			
7		206,4	447,2	842,8	1165,5	
8	1788,8					
9		860,0		989,0	1419,4	
10					645,6	1058,4
11			1204,0			

Определим смещение начала (b_1) и конца (b_2) обработки партии деталей одноименных групп на связанных рабочих местах. Результаты расчета в таблице (Таблица 20).

Рассмотрим связанные пары рабочих мест «3-4» и передачу детали «В» с третьего рабочего места на четвертое. Процесс обработки детали «В» на третьем рабочем месте закончен на 867,2 минуте с момента включения станка. После этого деталь передается на четвертое рабочее место, где процесс завершается на 1058,4 минуте с момента включения станка. Величины смещений составят:

смещение начала обработки $b_1 = 60,2 - 412,8 = -352,6 < 0$

смещение конца обработки: $b_2 = 867,2 - 1058,4 = -191,2 < 0$

поскольку величины смещений начала и конца обработки отрицательные, то принимаем значение смещения $b_{i\ 3-4} = 0$

Таблица 20. Результаты расчетов смещений

P M	Г	Б	Е	Д	В	А	bi	ci	ai	σ_i	Ai	P M
1-3						147,6 354,0	354	30	384	нет смещений	384,0	-
2-3				541,8 567,6	567,6 460,0		567	30	597.		597,6	3
2-4			0 -1023				0	30	30		30,0	4
1-5		825,0 602,0					825	30	855.		855.6	5
3-5					-352,6 -191,2	-191,2 -328,8	0	30	30		627,6	-
1-6	0 -137						0	30	30		30,0	
4-6			-963,2 240,8				240	30	270		270.8+30 =300,0	6
3-7				-447,2 -782,6			0	30	30		597.6+30 =627,6	-
5-7	0 206,				-430,0 -107,1		206	30	236		1092,0	-
6-7			756,0 877,2				877	30	907,		300.8+907.2 =1208	7
6-8	0 -825						0	30	30		300+30= 330,0	8
7-9		0 -653		-412,8 -146,2	-146,2 -253,9		0	30	30		1208+30 =1238	9
5-10						412,8 481,6	481,6	30	511,		855.6+511.6 =1367	-
9-10					989,0 773,8		989	30	1019		1238+1019 =2257	10
7-11			206,4 -756,8				206,4	30	236		1444,0	11

4.2.7. Построение графика работы поточной линии

На основе приведенных расчетов (Таблица 20) строим график работы одногрупповой поточной линии.

Следует отметить, построение графика на каждом рабочем месте следует начинать с отметки точки отсчета работы соответствующего рабочего места, т.е. с отметки A_i , от которой отмечаются величины окончания обработки партий деталей, указанных в таблице 19 с учетом нарастающих итогов их обработки.

График работы одногрупповой поточной линии построен при условии, что размер передаточной партии был принят равной одной штуке и в зависимости от величины партии.

График работы ПЛ на рисунке (Рисунок 6) является иллюстрацией первого запуска.

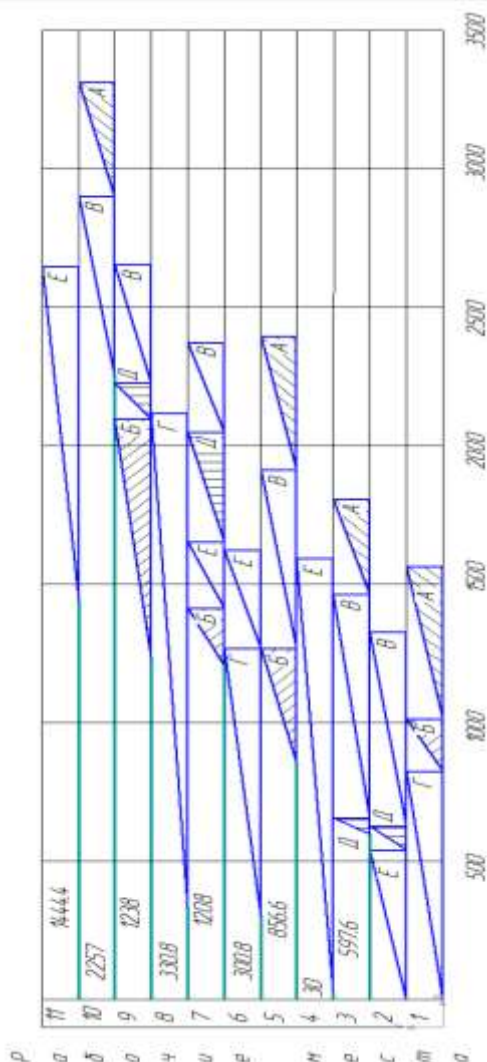


Рисунок 6. Запуск № 1
Очередность запуска групп деталей
 $\Gamma \rightarrow Б \rightarrow Е \rightarrow Д \rightarrow В \rightarrow А$

При последующих запусках необходимо исключить те партии деталей, суммарное количество деталей которых по всем выполненным запускам обеспечили выполнение производственного плана в рассматриваемом плановом периоде. Рисунок 7 представляет график работы линии при втором запуске партий деталей, он был перестроен с учетом партионности и числа запусков в реальном времени.

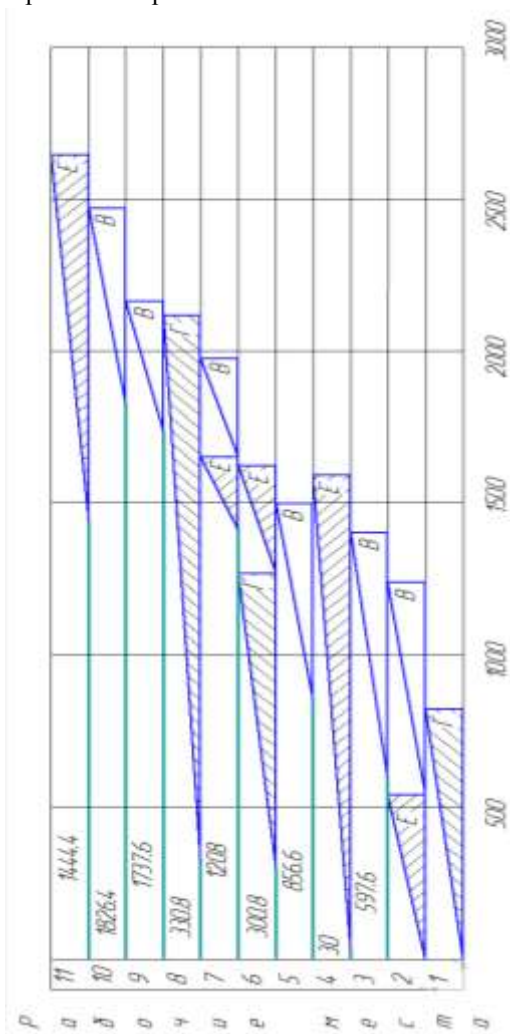


Рисунок 7. Запуск № 2.Очередность запуска групп деталей Г → Е → В

На рисунке 8 показан график запуска последних в очереди деталей «В», третий запуск деталей на групповой поточной линии.

Все графики отражают параллельно- последовательный вид движения деталей во времени.

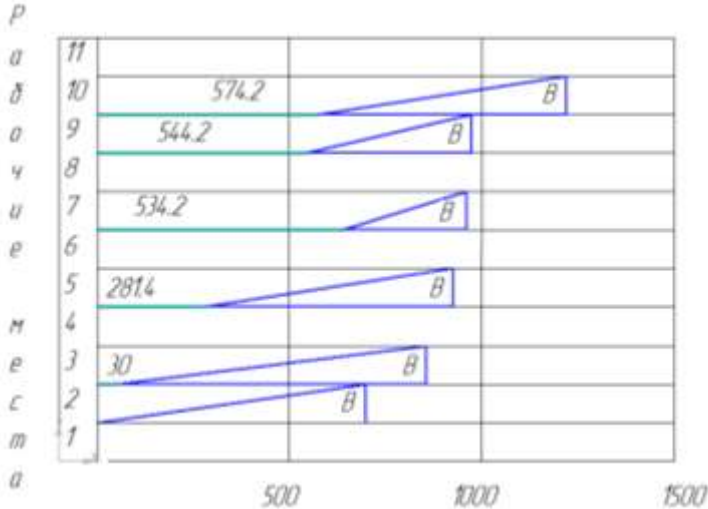


Рисунок 8. Запуск № 3 Очередность запуска групп деталей В

Организация работы групповой поточной линии завершается построением графика последнего запуска партий деталей. Он свидетельствует о выполнении плана производственной программы в определенном плановом периоде.

После организации производственного процесса во времени приступают к проектированию участка в пространстве.

Участок должен быть обособлен в пространстве с обеспечением всех коммуникационных сооружений: вытяжных, вентиляционных шахт, электросиловых проводов, гидравлических и пневматических насосов и трубопроводов, транспортно-накопительных систем и общим электронным управлением в системе планирования, безопасности жизнедеятельности.

Как самостоятельная структурная единица, участок предполагает управление организационно-техническими, кадровыми, производственными задачами в лице сменного мастера.

Как организационная форма, участок обладает характерной для групповых поточных линий предметной специализацией.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Парамонов Ф.И. Моделирование процессов производства. – М.: Машиностроение, 1984. –232.,ил.
- 2 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.
- 3 Планирование и управление процессами производства обрабатывающих предприятий машиностроения. /Учебное пособие/ Н.А.Оглезнев, СГАУ. Самара, 1998 30с.
- 4 Кн. “Общемашиностроительные нормативы резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках” Ч.1 Токарные, карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные, сверлильные, долбежные, фрезерные станки. М.: Машиностроение, 1974(вып. 1989г, 1991г.), 416 с.
- 5 Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство М.:Машиностроение. 1974, 423с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Варианты заданий к курсовой работе по организации одногрупповых поточных линий на участке механической обработки

Таблица 21. Групповые технологические процессы “I”
варианты 1 - 8, $t_{шт}$, мин.

№ оп	Наим. опер.	1	2	3	4	5	6	7	8
10	<u>“А”</u> Автоматная	1,6	-	1,4	1,6	1,8	1,3	1,5	2,0
15	Револьв.1 ст.	1,2	1,0	-	2,4	1,6	1,4	1,0	1,2
20	Револьв.2 ст.	1,4	1,2	-	1,8	1,0	0,8	0,7	-
5	<u>“Б”</u> Шлифовальн.	0,6	0,4	-	1,4	1,6	1,8	1,2	3,2
10	Автоматная	0,4	1,2	3,0	-	1,4	1,2	0,3	0,8
15	Револьв.1 ст	1,2	1,0	1,9	1,6	1,4	0,8	1,9	1,2
20	Револьв.2ст.	1,8	1,6	0,7	0,9	1,6	2,4	-	0,5
10	<u>“В”</u> Автоматная	2,4	2,2	0,3	-	1,8	3,4	1,2	0,8
15	Револьв.1ст.	1,0	0,8	0,7	2,6	-	1,2	1,3	2,5
20	Револьв.2 ст.	1,4	1,2	1,6	1,4	-	3,0	1,5	-
5	<u>“Г”</u> Шлифовальн.	0,8	1,6	1,0	1,6	1,2	1,6	1,6	3,4
10	Автоматная	0,4	3,2	0,7	0,6	1,2	0,5	2,4	1,2
15	Револьв.1 ст.	1,2	1,0	0,5	0,4	1,4	1,3	1,2	3,4
20	Револьв. 2 ст.	1,8	1,4	1,3	1,5	1,5	2,0	1,3	2,8
35	Сверл. Отв.	1,2	1,0	1,6	1,0	1,4	3,6	0,8	0,5
10	<u>“Д”</u> Автоматная	1,8	0,6	2,4	1,3	-	4,4	2,4	1,5
15	Револьв.1 ст.	2,6	1,4	1,6	1,5	1,6	-	1,2	0,3
20	Револьв.2 ст.	3,4	1,2	1,8	-	1,4	-	-	3,2
5	<u>“К”</u> Шлифование	1,5	0,6	1,4	1,9	1,2	1,4	1,7	2,6
10	Автоматная	1,3	1,4	2,7	-	0,6	2,0	1,3	0,6
15	Револьв.1 ст.	1,0	0,8	1,4	2,5	1,2	1,8	2,0	1,4
20	Револьв. 2ст.	4,0	3,2	0,5	1,4	1,3	2,6	-	0,5
10	<u>“Л”</u> Автоматная	1,4	1,2	1,3	2,6	-	3,2	5,0	2,4
15	Револьв.1ст.	1,0	1,8	2,4	3,3	1,5	-	2,3	-
20	Револьв.2ст.	0,6	1,4	3,0	1,4	0,8	2,4	-	-

План выпуска деталей согласовать с преподавателем.

Таблица 22. Групповые технологические процессы “П”
варианты 9 - 16, $t_{\text{шт}}$, мин.

№ оп	Наим. опер.	9	10	11	12	13	14	15	16
10	<u>“А”</u> Автоматная	2,4	1,3	2,2	1,6	3,4	-	2,4	1,4
15	Револьв.1ст.	1,0	1,8	1,6	2,4	1,3	2,4	1,2	0,6
20	Револьв.2 ст.	1,2	0,9	-	1,8	2,9	3,8	1,4	0,8
5	<u>“Б”</u> Фрезерная.	1,5	1,3	3,4	1,2	-	1,0	1,0	2,8
10	Автоматная	1,3	1,2	-	1,4	1,4	1,2	2,5	1,8
15	Револьв.1 ст	1,0	1,9	1,8	-	0,8	2,6	1,9	3,2
20	Револьв.2ст.	0,7	1,8	0,6	-	1,6	1,4	-	-
5	<u>“В”</u> Фрезерная	1,3	1,4	1,2	1,6	0,6	0,8	-	3,2
15	Револьв.1ст.	0,9	1,6	-	2,3	2,4	1,2	3,3	-
20	Револьв.2 ст.	1,2	1,0	1,6	1,2	-	2,2	1,5	2,8
5	<u>“Г”</u> Фрезерная	0,6	2,4	1,0	1,2	1,0	1,8	-	1,7
10	Автоматная	1,2	3,2	0,7	-	2,0	-	2,4	-
15	Револьв.1 ст.	1,0	1,9	3,5	1,4	-	0,4	1,2	2,0
20	Револьв 2 ст.	1,6	-	4,3	1,0	1,6	1,0	3,4	1,8
25	Сверл. Отв.	1,0	0,8	1,6	1,0	1,4	0,6	0,8	-
10	<u>“Д”</u> Автоматная	1,6	-	2,2	1,3	1,4	1,4	1,2	1,4
15	Револьв.1 ст.	2,4	2,4	1,4	-	-	3,3	2,6	1,7
20	Револьв.2 ст.	3,2	3,2	2,5	3,4	-	2,2	1,4	2,8
5	<u>“К”</u> Фрезерная	2,8	3,4	1,2	1,0	1,0	-	2,7	-
10	Автоматная	1,2	-	1,0	1,4	1,6	1,2	1,2	2,8
15	Револьв.1 ст.	0,8	2,6	1,4	2,5	2,2	0,8	1,4	1,5
20	Револьв.2 ст.	1,2	1,2	0,8	-	1,3	2,6	2,5	3,2
	<u>“Л”</u> Автоматная								
10	Револьв.1ст.	2,2	4,2	1,3	-	1,4	3,3	2,5	1,8
15	Револьв.2ст.	1,8	-	2,4	3,3	-	1,4	1,3	2,6
20		1,6	1,4	1,3	1,4	1,8	2,2	-	-

План выпуска деталей согласовать с преподавателем.

Таблица 23. Групповые технологические процессы “III”
варианты 17 - 24, $t_{\text{шт.}}$, мин.

№ оп	Наим. опер.	17	18	19	20	21	22	23	24
10	“А” Фрезерная	2,8	1,4	1,2	1,8	1,4	0,6	1,4	3,6
15	Сверлильная	1,4	-	1,6	1,0	1,0	1,4	1,0	2,4
20	Шлифовальн.	1,6	2,6	1,8	2,8	1,2	3,8	0,8	1,0
5	“Б” Токарная	1,9	3,8	1,4	1,2	-	1,0	-	2,0
10	Фрезерная	0,7	-	0,6	1,4	1,4	-	0,5	-
15	Сверлильная	1,4	1,0	1,8	-	1,8	1,6	1,9	2,8
20	Шлифовальн.	1,2	1,8	1,6	1,8	1,6	-	-	1,4
5	“В” Токарная	1,6	1,4	1,8	2,6	1,8	1,8	2,8	4,2
15	Сверлильная	-	0,6	0,4	-	1,0	1,2	1,3	-
20	Шлифовальн.	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	2,0	3,5	1,8
5	“Г” Токарная	1,8	1,4	1,8	1,2	1,2	1,8	6	3,2
10	Фрезерная	10	1,2	2,6	1,6	-	0,6	1,4	1,8
15	Сверлильная	2,2	2,0	3,3	1,0	1,0	1,4	2,2	-
20	Шлифовальн.	1,6	0,8	1,0	-	0,6	1,0	1,3	1,0
25	Хонинговал.	1,0	1,0	1,2	2,5	1,4	3,6	-	4,8
10	“Д” Фрезерная	1,6	1,8	1,3	1,3	1,4	2,4	1,2	3,6
15	Сверлильная	0,6	1,6	1,2	3,8	1,8	1,3	1,6	1,7
20	Шлифовальн.	-	1,2	2,5	2,4	1,0	4,2	2,4	2,8
5	“К” Токарная	0,8	0,6	1,2	-	1,0	2,6	1,0	-
10	Фрезерная	1,0	1,4	1,8	1,4	1,6	-	0,8	2,8
15	Сверлильная	1,2	1,2	-	3,5	1,2	1,8	2,4	4,3
20	Шлифовальн.	2,0	2,4	2,6	1,8	1,8	2,6	3,6	2,6
10	“Л” Фрезерная	1,2	3,6	3,8	0,6	1,4	3,3	1,5	3,2
15	Сверлильная	1,8	3,2	1,2	-	0,8	1,4	2,8	1,6
20	Шлифовальн.	1,6	-	2,3	2,4	-	1,2	0,6	2,7

План выпуска деталей согласовать с преподавателем.

Абрамова Ирина Геннадьевна

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ
ОДНОГРУППОВЫХ ПОТОЧНЫХ ЛИНИЙ

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)