

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Рубцовский индустриальный институт (филиал)
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический
университет им. И.И. Ползунова»**

О. В. ХАХИНА

ОРГАНИЗАЦИЯ ПОТОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Учебно-методическое пособие для студентов, обучающихся
по направлению «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»

Рубцовск 2020

УДК 658.5

Хахина О.В. Организация поточного производства: Учебно-методическое пособие для студентов, обучающихся по направлению «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2020. – 39 с.

В пособии дана характеристика поточному производству, приведены методики расчета календарно-плановых нормативов поточных линий различного вида. Пособие предназначено для самостоятельной работы студентам при изучении и освоении организации и планирования современного машиностроительного производства, способствует формированию навыков самостоятельного решения задач в области профессиональной деятельности.

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры ТиТМиПП Рубцовского индустриального института.
Протокол № 10 от 09.12.20.

Рецензент:

к.э.н. доцент В.В. Углинская

© Рубцовский индустриальный институт, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

1 Типы, формы и методы организации производства	4
1.1 Типы производства	4
1.2 Формы организации производства	6
1.3 Методы организации производства	11
2 Расчет календарно-плановых нормативов поточного производства	12
2.1 Расчет однопредметной непрерывно-поточной линии (ОНПЛ)	13
2.2 Расчет однопредметной прерывно-поточной (прямоточной) линии (ОППЛ)	17
2.3 Расчет многопредметной поточной линии (МПЛ)	20
3. Индивидуальные задания и вопросы для защиты	35
Список литературы	38

1 Типы, формы и методы организации производства

1.1 Типы производства

Важнейшим фактором, предопределяющим формы и методы организации, планирования и управления на предприятии, является тип производства. Тип производства - комплексная характеристика, учитывающая технические, организационные и экономические особенности производства. Тип производства зависит от широты номенклатуры, количества, регулярности и стабильности выпуска продукции.

Основной количественной характеристикой типа производства является коэффициент закрепления операций K_{zo} . Коэффициент закрепления операций для группы рабочих мест определяется как отношение числа всех различных технологических операций, выполненных или подлежащих выполнению в течение месяца, к числу рабочих мест:

$$K_{zo} = \sum_i K_{oni} / K_{pm}, \quad (1.1)$$

где K_{oni} - число операций, выполняемых на i -м рабочем месте; K_{pm} - количество рабочих мест на участке или в цехе.

Тот же смысл имеет и коэффициент серийности:

$$K_c = \frac{\sum_i t_{um.i} \cdot N_e}{60F_g}, \quad (1.2)$$

где $t_{um.i}$ - штучное время выполнения i -й операции (мин), N_e - программа выпуска изделия (шт/год), F_g - годовой эффективный фонд времени (час).

Различают три типа производства: единичное, серийное, массовое.

Массовое производство характеризуется следующими отличительными признаками:

- выпуском ограниченной номенклатуры изделий в больших количествах;
- строгой специализацией рабочих мест (K_{zo} и $K_c = 1 \dots 2$);
- высокой ритмичностью выпускаемых изделий;
- использованием специального и специализированного оборудования и оснастки;
- малой трудоемкостью и минимальным циклом изготовления (соответствует параллельному типу движения).

В массовом производстве экономически целесообразно:

- широкое применение средств механизации и автоматизации производственных процессов и автоматизированных систем управления производством;
- применением высокопроизводительного оборудования в том числе непрерывного действия, расположением рабочих мест и участков по ходу технологического процесса;

- соединение складов, цехов участков и рабочих мест транспортерами непрерывного действия, в том числе с автоматическим адресованием грузов;
- применением в заготовительных и обрабатывающих цехах автоматических и поточных линий.

Серийное производство имеет следующие отличительные признаки:

- ограниченная номенклатура и сравнительно большой объем выпуска изделий, изготавливаемых периодически повторяющимися партиями.
- каждое рабочее место загружено выполнением нескольких деталей-операций.
- относительная стабильность производственных условий на рабочих местах, определяемая важнейшим отличительным признаком этого типа – регулярной повторяемостью выпуска продукции сериями (партиями).
- более слабая по сравнению с массовым производством нормативная и техническая базы и более низкие технико-экономические показатели производства: работа с партиями предметов удлиняет цикл производства и увеличивает потребный размер оборотных средств.

В связи с чередованием в загрузке рабочих мест партий различных предметов значительно усложняются задачи организации, планирования и управления производством.

Различают три разновидности серийного производства:

- крупносерийное – $K_{zo} = 2 - 10$ (по своим характеристикам тяготеет к массовому);
- среднесерийное – $K_{zo} = 10 - 20$;
- мелкосерийное – $K_{zo} = 20 - 30$.

Отличительная особенность мелкосерийного производства – нерегулярная, эпизодическая повторяемость выпуска изделий через длительные (заранее неизвестные) периоды времени при единичных или малых объемах выпуска. Поэтому мелкосерийное производство тяготеет по характеру организации к единичному.

Единичное производство характеризуется следующими отличительными признаками:

- широкая номенклатура изготавливаемых изделий при единичных или малых разовых объемах выпуска.
- полная неповторяемость выпуска изделий при их изготовлении отдельными экземплярами или малыми сериями (партиями);
- широкая номенклатура деталей и операций, закрепляемых за каждым рабочим местом – $K_{zo} > 30$;
- полная нестабильность производственных условий на рабочих местах, как следствие воздействия указанных признаков;
- преобладание универсального оборудования, обслуживаемого рабочими высокой квалификации;
- ограниченный состав нормативной базы, имеющей укрупненный характер.

– очень высокая сложность задач организации и планирования производства вследствие громадной и постоянно меняющейся номенклатуры детали-операций, сборочных единиц и изделий.

– более низкие по сравнению с серийным производством технико-экономические показатели.

Таблица 1.1 - Сравнительная характеристика различных типов производства [4]

Сравниваемые признаки	Тип производства		
	Единичное	Серийное	Массовое
Номенклатура и объем выпуска	Неограниченная номенклатура деталей, изготавливаемых по заказу	Широкая номенклатура деталей, изготавливаемых партиями	Ограниченная номенклатура деталей, изготавливаемых в больших количествах
Повторяемость выпуска	Отсутствует	Периодическая	Постоянная
Применяемое оборудование	Универсальное	Универсальное, частично специальное	В основном специальное
Закрепление операций за станками	Отсутствует	Устанавливается ограниченное число детали-операций	Одна-две операции на станок
Расположение оборудования	По группам однородных станков	По группам для обработки конструктивно и технологически однородных деталей	По ходу технологического процесса обработки деталей
Передача предметов труда с операции на операцию	Последовательная	Параллельно-последовательная	Параллельная
Форма организации производственного процесса	Технологическая	Предметная, групповая, гибкая предметная	Прямолинейная

1.2 Формы организации производства

Форма организации производства представляет собой определенное сочетание во времени и в пространстве элементов производственного процесса при соответствующем уровне его интеграции, выраженное системой устойчивых связей [4].

Различные временные и пространственные структурные построения образуют совокупность основных форм организации производства.

Временная структура организации производства определяется составом элементов производственного процесса и порядком их взаимодействия во времени. По виду временной структуры различают формы

организации с последовательной, параллельной и параллельно-последовательной передачей предметов труда в производстве.

Форма организации производства с *последовательной* передачей предметов труда представляет собой такое сочетание элементов производственного процесса, при котором обеспечивается движение обрабатываемых изделий по всем производственным участкам партиями произвольной величины. Предметы труда на каждую последующую операцию передаются лишь после окончания обработки всей партии на предшествующей операции. Данная форма является наиболее гибкой по отношению к изменениям, возникающим в производственной программе, позволяет достаточно полно использовать оборудование, что дает возможность снизить затраты на его приобретение. Недостаток такой формы организации производства заключается в относительно большой длительности производственного цикла, так как каждая деталь перед выполнением последующей операции пролеживает в ожидании обработки всей партии.

Форма организации производства с *параллельной* передачей предметов труда основана на таком сочетании элементов производственного процесса, которое позволяет запускать, обрабатывать и передавать предметы труда с операции на операцию поштучно и без ожидания. Такая организация производственного процесса приводит к уменьшению количества деталей, находящихся в обработке, сокращению потребностей в площадях, необходимых для складирования и проходов. Ее недостаток заключается в возможных простоях оборудования (рабочих мест) вследствие различий в длительности операций.

Форма организации производства с *параллельно-последовательной* передачей предметов труда является промежуточной между последовательной и параллельной формами и частично устраняет присущие им недостатки. Изделия с операции на операцию передаются транспортными партиями. При этом обеспечивается непрерывность использования оборудования и рабочей силы, возможно частично параллельное прохождение партии деталей по операциям технологического процесса.

Пространственная структура организации производства определяется количеством технологического оборудования, сосредоточенного на рабочей площадке (числом рабочих мест), и расположением его относительно направления движения предметов труда в окружающем пространстве.

В зависимости от количества технологического оборудования (рабочих мест) различают однозвенную производственную систему и соответствующую ей структуру обособленного рабочего места и многозвенную систему с цеховой, линейной или ячеистой структурой. Возможные варианты пространственной структуры организации производства представлены на рисунке 1.1.

Цеховая структура характеризуется созданием участков, на которых оборудование (рабочие места) расположено параллельно потоку заготовок,

что предполагает их специализацию по признаку технологической однородности. В этом случае партия деталей, поступающая на участок, направляется на одно из свободных рабочих мест, где проходит необходимый цикл обработки, после чего передается на другой участок (в цех).

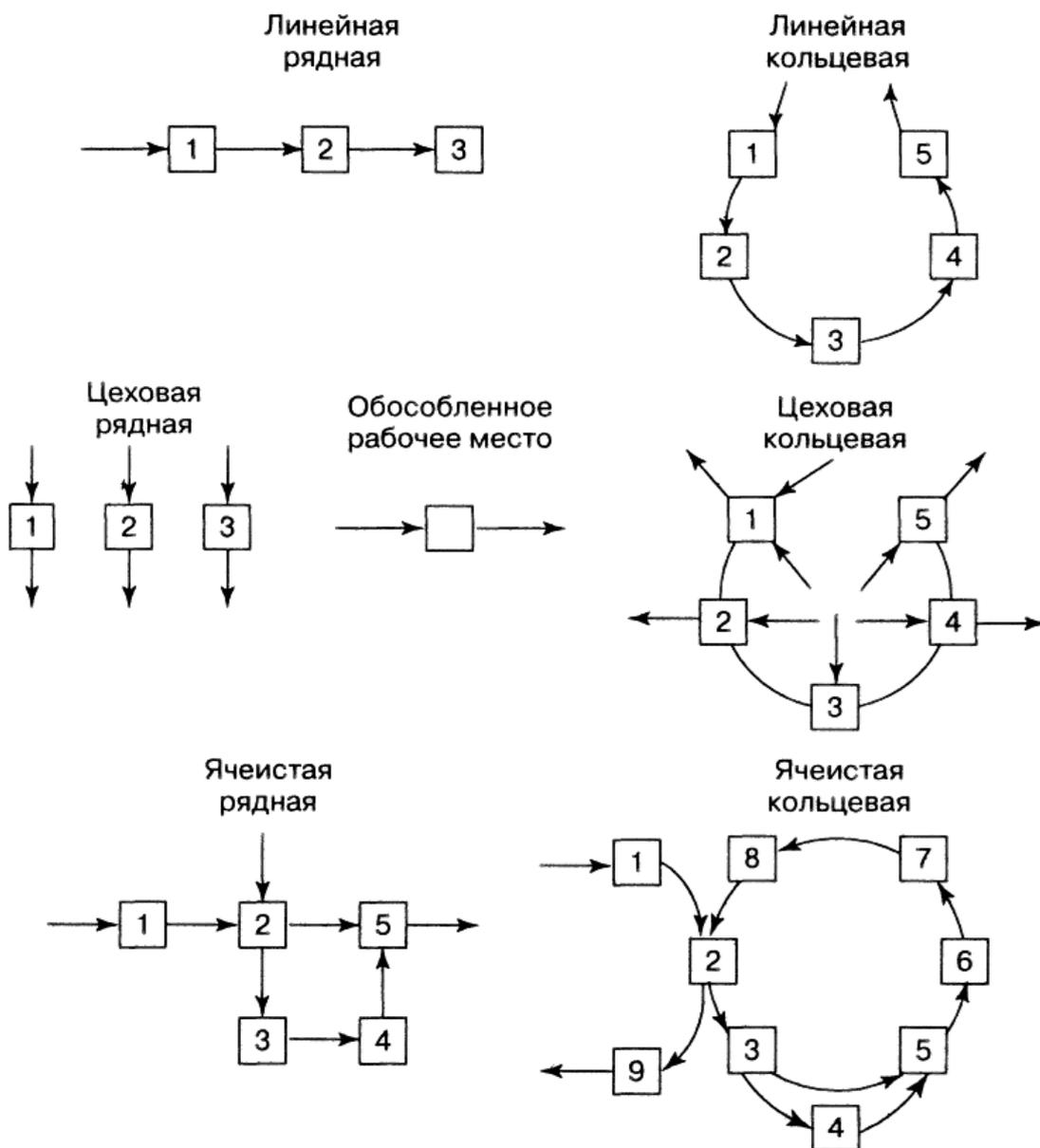


Рисунок 1.1 - Варианты пространственной структуры производственного процесса

На участке с *линейной* пространственной структурой оборудование (рабочие места) располагается по ходу технологического процесса и партия деталей, обрабатываемая на участке, передается с одного рабочего места на другое последовательно.

Ячеистая структура организации производства объединяет признаки линейной и цеховой.

Комбинация пространственной и временной структур производственного процесса при определенном уровне интеграции частичных процессов обуславливает различные формы организации производства: технологическую, предметную, прямоточную, точечную, интегрированную (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Формы организации производственных процессов

Вид пространственной структуры организации производства Вид временной структуры организации производства	При неинтегрированном производственном процессе				При интегрированном производственном процессе	
	Цеховая	Ячеистая	Линейная	Обособленное рабочее место	Ячеистая	Линейная
Без дальнейшей передачи предметов труда				Точечная		
Последовательная	Технологическая				Интегрированная	Интегрированная
Параллельно-последовательная		Предметная			Предметная	Линейная
Параллельная			Поточная			

Технологическая форма организации производственного процесса характеризуется цеховой структурой с последовательной передачей предметов труда. Такая форма организации широко распространена на машиностроительных заводах, поскольку обеспечивает максимальную загрузку оборудования в условиях мелкосерийного производства и приспособлена к частым изменениям в технологическом процессе. В то же время применение технологической формы организации производственного процесса имеет ряд отрицательных последствий. Большое количество деталей и их многократное перемещение в процессе обработки приводят к росту объема незавершенного производства и увеличению числа пунктов промежуточного складирования. Значительную часть производственного цикла составляют потери времени, обусловленные сложной межучастковой связью.

Предметная форма организации производства имеет ячеистую структуру с параллельно-последовательной (последовательной) передачей предметов труда в производстве. На предметном участке устанавливается, как правило, все оборудование, необходимое для обработки группы деталей с начала и до конца технологического процесса. Если технологический цикл

обработки замыкается в пределах участка, он называется предметно-замкнутым.

Предметное построение участков обеспечивает прямоочность и уменьшает длительность производственного цикла изготовления деталей. В сравнении с технологической формой предметная позволяет снизить общие расходы на транспортировку деталей, потребность в производственных площадях на единицу продукции. Вместе с тем данная форма организации производства имеет и недостатки. Главный из них в том, что при определении состава оборудования, устанавливаемого на участке, на первый план выдвигается необходимость проведения определенных видов обработки деталей, что не всегда обеспечивает полную загрузку оборудования. Кроме того, расширение номенклатуры выпускаемой продукции, ее обновление требуют периодической перепланировки производственных участков, изменения структуры парка оборудования.

Прямоточная форма организации производства характеризуется линейной структурой с поштучной передачей предметов труда. Такая форма обеспечивает реализацию ряда принципов организации: специализации, прямоочности, непрерывности, параллельности. Ее применение приводит к сокращению длительности производственного цикла, более эффективному использованию рабочей силы за счет большей специализации труда, уменьшению объема незавершенного производства.

При *точечной* форме организации производства работа полностью выполняется на одном рабочем месте. Изделие изготавливается там, где находится его основная часть. Примером служит сборка изделия с перемещением рабочего вокруг него. Организация точечного производства имеет ряд достоинств: обеспечивается возможность частых изменений конструкции изделий и последовательности обработки, изготовления изделий разнообразной номенклатуры в количестве, определяемом потребностями производства; снижаются затраты, связанные с изменением расположения оборудования, повышается гибкость производства.

Интегрированная форма организации производства предполагает объединение основных и вспомогательных операций в единый интегрированный производственный процесс с ячеистой или линейной структурой при последовательной, параллельной или параллельно-последовательной передаче предметов труда в производстве. В отличие от существующей практики раздельного проектирования процессов складирования, транспортировки, управления, обработки на участках с интегрированной формой организации требуется увязать эти частичные процессы в единый производственный процесс. Это достигается путем объединения всех рабочих мест с помощью автоматического транспортно-складского комплекса, который представляет собой совокупность взаимосвязанных, автоматических и складских устройств, средств вычислительной техники, предназначенных для организации хранения и перемещения предметов труда между отдельными рабочими местами.

Управление ходом производственного процесса здесь осуществляется с помощью ЭВМ, что обеспечивает функционирование всех элементов производственного процесса на участке по следующей схеме: поиск необходимой заготовки на складе - транспортировка заготовки к станку - обработка - возвращение детали на склад. Для компенсации отклонений во времени при транспортировке и обработке деталей на отдельных рабочих местах создаются буферные склады межоперационного и страхового заделов.

Создание интегрированных производственных участков связано с относительно высокими единовременными затратами, вызванными интеграцией и автоматизацией производственного процесса. Экономический эффект при переходе к интегрированной форме организации производства достигается за счет сокращения длительности производственного цикла изготовления деталей, увеличения времени загрузки станков, улучшения регулирования и контроля процессов производства.

1.3 Методы организации производства

Методы организации производства представляют собой совокупность способов, приемов и правил рационального сочетания основных элементов производственного процесса в пространстве и во времени на стадиях функционирования, проектирования и совершенствования организации производства.

Метод организации индивидуального производства используется в условиях единичного выпуска продукции или ее производства малыми сериями и предполагает:

- отсутствие специализации на рабочих местах;
- применение широкоуниверсального оборудования, расположение его группами по функциональному назначению;
- последовательное перемещение деталей с операции на операцию партиями.

Условия обслуживания рабочих мест отличаются тем, что рабочие почти постоянно пользуются одним набором инструментов и небольшим количеством универсальных приспособлений, требуется лишь периодическая замена затупившегося или изношенного инструмента. В противоположность этому подвозка деталей к рабочим местам и оправка деталей при выдаче новой и приемке законченной работы происходят несколько раз в течение смены.

Метод организации поточного производства используется при изготовлении изделий одного наименования или конструктивного ряда и предполагает совокупность следующих специальных приемов организационного построения производственного процесса:

- расположение рабочих мест по ходу технологического процесса;
- специализацию каждого рабочего места на выполнении одной из операций;

- передачу предметов труда с операции на операцию поштучно или мелкими партиями сразу же после окончания обработки;
- ритмичность выпуска, синхронность операций;
- детальную проработку организации технического обслуживания рабочих мест.

Поточный метод организации можно применять при соблюдении следующих условий:

- объем выпуска продукции достаточно большой и не изменяется в течение длительного периода времени;
- конструкция изделия технологична, отдельные узлы и детали транспортабельны, изделия можно делить на конструктивно-сборочные единицы, что особенно важно для организации потока на сборке;
- затраты времени по операциям могут быть установлены с достаточной точностью, синхронизированы и сведены к единой величине; обеспечивается непрерывная подача к рабочим местам материалов, деталей, сборочных узлов; возможна полная загрузка оборудования.

2 Расчет календарно-плановых нормативов поточного производства

Различают следующие виды поточных линий (ПЛ):

- однопредметные и многопредметные;
- непрерывные и прерывные (прямоточные);

Однопредметные непрерывно-поточные линии (ОНПЛ). Выполнение каждой операций закрепляется за конкретным рабочим местом, трудоемкость на рабочих местах приблизительно одинаковая, возможна синхронизация операций и выпуск деталей поштучно или партиями. При этом обработка каждой детали (или передаточной партии) осуществляется независимо от других рабочих мест, нет пролеживания деталей и четко соблюдается такт (ритм) линии.

Однопредметные прерывно-поточные (прямоточные) линии (ОППЛ). Выполнение каждой операций закреплено за конкретным рабочим местом, трудоемкость на операциях не одинакова и отлична от такта поточной линии. Для обеспечения ритмичной формируются оборотные заделы.

Многопредметные поточные линии (МПЛ) применяются в серийном производстве, где за каждой поточной линией закрепляется несколько технологически однородных изделий и на каждом рабочем месте выполняется поочередно несколько деталей-операций.

Многопредметные поточные линии подразделяются на групповые и переменные – поточные.

Групповые МПЛ предназначены для обработки различных изделий, но имеющих одинаковые или кратные нормы времени на операциях, где оборудование работает без переналадки. Рабочие места оборудуются групповыми приспособлениями, необходимыми для обработки групп изделий, закрепленных за линией.

Изделия передаются от станка к станку поштучно или партиями. Станки размещаются в последовательности операций. Если удается синхронизировать процессы, то в организационном отношении линия работает так же, как *непрерывно-поточная линия* в массовом производстве, если нельзя синхронизировать, то внедряется групповая прямоточная линия.

Переменно – поточные линии предназначены для обработки различных изделий, имеющих одинаковый или сходный технологический маршрут, но разные и не кратные нормы времени на операциях. Изделия запускаются в производство последовательно чередующимися партиями согласно плану–графику работы линии. При переходе от одной партии изделий к другой *осуществляется переналадка оборудования*. Для каждого наименования изделий рассчитывается свой такт.

2.1 Расчет однопредметной непрерывно-поточной линии (ОНПЛ)

2.1.1 Методика расчета

Программа запуска (N_3):

$$N_3 = \frac{N_6 \cdot 100}{100 - a}, \quad (2.1)$$

где N_6 – программа выпуска готовых изделий; a – процент технологических потерь (процент брака).

Эффективный фонд времени работы оборудования линии:

$$F_э = F_n \cdot \left(1 - \frac{a_p + a_n}{100} \right), \quad (2.2)$$

где F_n – номинальный фонд времени работы оборудования за плановый период, мин; a_p и a_n – процент потерь рабочего времени на плановые ремонты и регламентированные перерывы соответственно.

Номинальный фонд времени:

$$F_n = t_{см} \cdot D_{раб} \cdot K_{см}, \quad (2.3)$$

где $t_{см}$ – длительность смены, мин; $D_{раб}$ – количество рабочих дней в плановом периоде; $K_{см}$ – количество смен в день.

Такт линии:

$$r = \frac{F_э}{N_3} \text{ мин/шт}, \quad (2.4)$$

Ритм линии – время выпуска одной транспортной партии:

$$R = r \cdot p \text{ мин}, \quad (2.5)$$

где p – число изделий в транспортной партии, шт.

При применении непрерывно-поточной линии технологический процесс должен быть спроектирован с соблюдением принципа синхронизации: время

выполнения каждой операции должно быть равно или кратно такту выпуска, который выражается следующим образом:

$$\frac{t_i}{C_i} = r, \quad (2.6)$$

где t_i – время выполнения i -й операции, мин.; C_i – количество рабочих мест (единиц оборудования) на i -й операции.

При синхронизации технологического процесса необходимо учитывать следующее:

– если поточная линия оснащена рабочим конвейером непрерывного действия (предметы труда не снимаются и операции выполняются на его несущей части во время движения конвейера), то

$$t_i = t_{обр} + t_{взв}, \quad (2.7)$$

где $t_{обр}$ – время выполнения операции (обработки или сборки) изделия, мин.; $t_{взв}$ – время возврата рабочего на прежнее место, мин;

– если линия оснащена рабочим конвейером прерывного действия (предметы труда с конвейера не снимаются, но работы осуществляются во время его остановки), то

$$t_i = t_{обр} + t_{мп}, \quad (2.8)$$

где $t_{мп}$ – время транспортировки изделия с одной операции на другую, мин;

– если линия оснащена распределительным конвейером непрерывного действия (предмет труда снимается с конвейера и операция выполняется вне конвейера), то

$$t_i = t_{обр} + t_{сч}, \quad (2.9)$$

где $t_{сч}$ – время снятия предмета труда с конвейера и установки его на конвейер после выполнения операции, мин;

– если линия оснащена распределительным конвейером пульсирующего действия (предмет труда снимается с конвейера и операция выполняется во время его остановки вне конвейера), то

$$t_i = t_{обр} + t_{мп} + t_{сч}. \quad (2.10)$$

Количество рабочих мест на каждой операции линии:

$$C_i = \frac{t_i}{r}. \quad (2.11)$$

Принятое количество рабочих мест определяется округлением расчетного количества. При плановых расчетах допускается перегрузка рабочих мест до 8%. При этом необходимо корректировать время выполнения операции.

Коэффициент загрузки рабочего места:

$$K_{zi} = \frac{C_{i.расчетное}}{C_{i.принятое}}, \%. \quad (2.12)$$

Количество рабочих мест на линии определяется путем суммирования принятого количества рабочих мест по операциям:

$$C_{л} = \sum_{i=1}^m C_i, \quad (2.13)$$

где m – количество операций.

Скорость движения конвейера:

– для непрерывно действующего рабочего и распределительного конвейеров:

$$V = l_o / r, \quad (2.14)$$

где l_o – шаг конвейера – расстояние между осями смежных предметов труда, расположенных на конвейере, м;

– для пульсирующего рабочего и распределительного конвейеров:

$$V = l_o / t_{mp} \text{ м/мин.} \quad (2.15)$$

Длина рабочей зоны i -й операции:

$$l_{pi} = l_o \frac{t_i}{r} \text{ м.} \quad (2.16)$$

Длина рабочей части конвейера:

– при одностороннем расположении оборудования относительно конвейера:

$$L_p = l_o \sum_{i=1}^m C_i = l_o \cdot C_{л} \text{ м;} \quad (2.17)$$

– при двустороннем расположении оборудования относительно конвейера:

$$L_p = \frac{l_o \sum_{i=1}^m C_i}{2} = \frac{l_o \cdot C_{л}}{2} \text{ м.} \quad (2.18)$$

Длина ленты конвейера:

$$L_{л} = 2L_p + 2\pi R_{\delta}, \quad (2.19)$$

где R_{δ} – радиус приводного и натяжного барабанов, м.

Для распределительного конвейера должно соблюдаться условие:

$$L_{л} = 2L_p + 2\pi R_{\delta} \leq l_o \cdot \Pi \cdot K, \quad (2.20)$$

Π – период распределительного конвейера (комплект номеров); K – количество повторений периода на полной длине конвейера.

В целях поддержания ритма работы распределительных конвейерах предусматривается либо автоматическое распределение изделий по рабочим местам, либо распределение их при помощи разметочных знаков. Разметка может быть выполнена в виде цифр, букв, окраски и т.п. Эти знаки в определённой последовательности наносятся на площадки или подвески конвейера. Период конвейера или комплект разметочных знаков (комплект номеров) – минимально необходимое число разметочных знаков определяется как общее наименьшее кратное из числа рабочих мест по всем

операциям процесса. Комплект знаков на общей длине ленты может повторяться несколько раз, но обязательно целое число раз K . Число комплектов K на линии зависит от количества знаков в комплекте и длины ленты конвейера.

Наиболее удобны для работы комплекты знаков 6, 12, 24 и 30. При больших комплектах вводится дифференцированная разметка, при которой на конвейер наносится двойной комплект знаков, например, окраска полей и нумерация. При этом часть рабочих пользуется одним комплектом знаков, а другая часть – другим. Распределение разметочных знаков производится согласно таблице 2.1. Для примера принято, что на операциях с цифровой разметкой имеются три и четыре рабочих места – дублёра; следовательно, комплект знаков $П_I = 12$, а на операции с пятью рабочими местами и разметкой окраской $П_{II} = 5$.

Величина заделов на поточной линии.

- технологический задел:

$$Z_{mex} = p \sum_{i=1}^m C_i ; \quad (2.21)$$

- транспортный задел:

$$Z_{mp} = p(C_l - 1); \quad (2.22)$$

- страховой задел:

$$Z_{cmp} = \frac{\sum_{i=1}^m t_{nepi}}{r} ,$$

где t_{nepi} – средняя продолжительность перерыва в работе одного рабочего места на i -й операции (отсутствие предметов труда, ремонт оборудования и др.), мин.

Общая величина заделов на линии:

$$Z = Z_{mex} + Z_{mp} + Z_{cmp} . \quad (2.23)$$

Таблица 2.1 - Распределение разметочных знаков по рабочим местам на конвейере

№ операции	Число рабочих мест и их порядковые номера	Разметка	Знак, закреплённый за рабочими местами	Число знаков, закреплённых за рабочим местом
1	1	Цифрами	1, 5, 9	3
	2		2, 6, 10	3
	3		3, 7, 11	3
	4		4, 8, 12	3
2	1	Цифрами	1, 4, 7, 10	4
	2		2, 5, 8, 11	4
	3		3, 6, 9, 12	4
3	1	Цифрами	1, 5, 9	3
	2		2, 6, 10	3
	3		3, 7, 11	3

	4		4, 8, 12	3
4	1	Окраской полей	Красное поле	1
	2		Синее поле	1
	3		Жёлтое поле	1
	4		Зелёное поле	1
	5		Белое поле	1

2.2 Расчет однопредметной прерывно-поточной (прямоточной) линии ОППЛ

2.2.1 Методика расчета

Такой вид поточных линий применяется, когда не удастся достичь синхронности операций, поэтому производительность операции различна и не равна такту. Ритмичность работы прерывно-поточной линии выражается в том, что через определенные промежутки времени на каждой операции производится строго определенное одинаковое количество изделий. Вследствие различной трудоемкости операций на этих линиях возникают межоперационные заделы, что служит показателем прерывности процесса. Для обеспечения ритмичности работы на такой линии необходимо установить наиболее целесообразный регламент ее работы. *Под регламентом работы линии понимают:*

- величину укрупненного ритма;
- порядок работы на каждом рабочем месте;
- последовательность и периодичность перехода рабочих совместителей по обслуживающим станкам;
- размер и динамику оборотных заделов.

Под укрупненным ритмом понимают период обслуживания линии (или период комплектования задела), в течение которого на каждой операции обрабатывается одинаковое количество деталей. Его можно принять 1 час, 2 часа, 0,5 смены, 1 смену.

Такт линии r определяют по формуле (2.4); число рабочих мест – по формуле (2.11), коэффициент загрузки рабочих мест (станков) – по формуле (2.12) исходя из регламентации их работы в течение периода комплектования задела.

Межоперационные (оборотные) заделы определяют следующим образом:

$$Z_{об} = \frac{T_n \cdot c_i}{t_i} - \frac{T_n \cdot c_{i+1}}{t_{(i+1)}}, \quad (2.24)$$

где T_n – время одновременной параллельной работы станков на смежных операциях, мин: определяется по графику-регламенту;

c_i и c_{i+1} - количество одновременно (параллельно) работающих станков на каждой из смежных операций;

t_i и t_{i+1} – время выполнения операций.

График регламент работы поточной линии строится по форме, изображенной на рисунке 2.1.

2.2.2 Пример расчета ОПЛ

Технологический процесс обработки детали состоит из трех операций, нормы штучного времени которых составляют 13, 3 и 7,5 мин. На линии обрабатывается 60 деталей за смену. Плановый период – смена, составляет 8 часов или 480 минут

Таким образом, такт линии по формуле (2.4):

$$r = \frac{480}{60} = 8 \text{ мин}$$

Рассчитываем количество станков по формуле (2.11):

$$C_1 = \frac{13}{8} = 1,625; \quad C_2 = \frac{3}{8} = 0,375; \quad C_3 = \frac{7,5}{8} = 0,94$$

Принимаем количество станков $C_1 = 2; C_2 = 1; C_3 = 1$.

В качестве укрупненного ритма принимаем 2 часа (120 мин) или четверть смены. Недогруженные станки 2 и 3 в данном случае могут обслуживаться одним рабочим – Б. Совмещаемые работы могут выполняться только в установленной последовательности, что и предусматривает график работы линии.

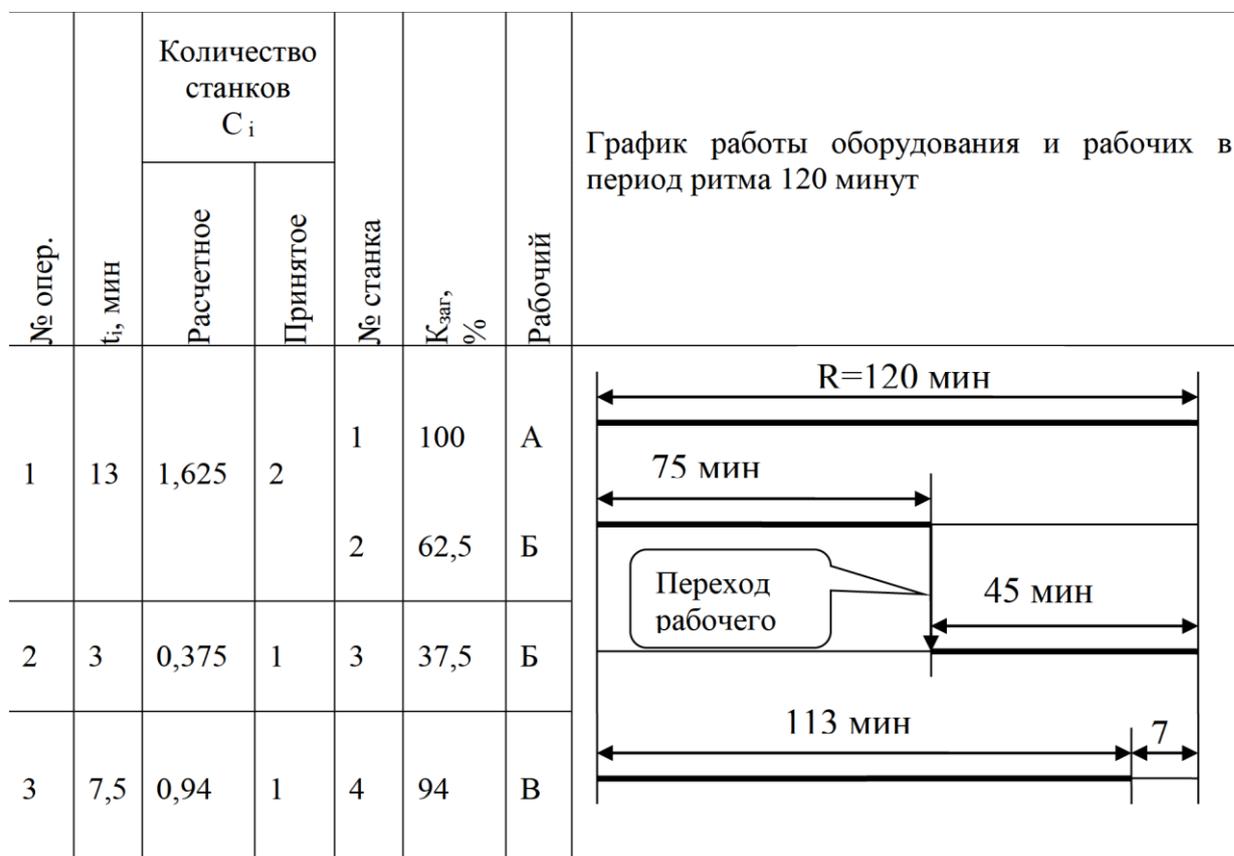


Рисунок 2.1 – График – регламент работы поточной линии

Рассчитаем динамику заделов между операциями 1 и 2. Период одновременной параллельной работы станков $T_1 = 75$ минут. На первой операции на протяжении времени T_1 работают 2 станка, на второй операции станок в это время не работает ($c_1 = 1, c_2 = 0$), тогда по формуле (2.24):

$$Z_{1-2}^1 = \frac{75 \cdot 2}{13} - \frac{75 \cdot 0}{3} = 12 \text{деталей}$$

В период времени $T_2 = 45$ минут на обеих операциях (1 и 2) работает по одному станку ($c_1 = 1, c_2 = 1$):

$$Z_{1-2}^2 = \frac{45 \cdot 1}{13} - \frac{45 \cdot 1}{3} = -12 \text{деталей}$$

Рассчитаем оборотные заделы между операциями 2 и 3. В период времени $T_1 = 75$ минут работает только один станок на операции 3:

$$Z_{2-3}^1 = \frac{75 \cdot 0}{3} - \frac{7 \cdot 1}{7,5} = -10 \text{деталей}$$

В период времени $T_3 = 38$ минут работает по одному станку на обеих операциях:

$$Z_{2-3}^2 = \frac{38 \cdot 1}{3} - \frac{38 \cdot 1}{7,5} = 8 \text{деталей}$$

В период времени $T_4 = 7$ минут работает один станок на операции 015:

$$Z_{2-3}^3 = \frac{7 \cdot 1}{3} - \frac{7 \cdot 0}{7,5} = 2 \text{детали}$$

Эпюры изменения оборотных заделов представлены на рисунке 2.2.

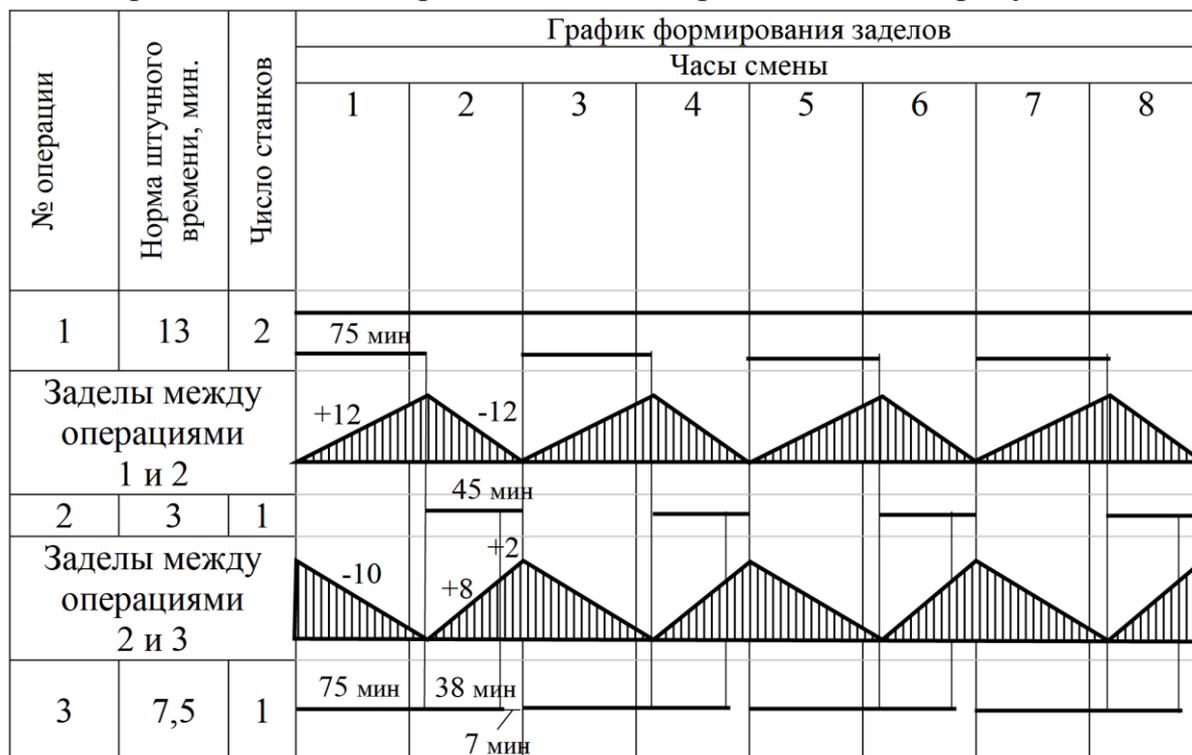


Рисунок 2.2 – Динамика оборотных заделов

2.3 Расчет многопредметной поточной линии

2.3.1 Методика расчета многопредметной переменнo-поточной линии (МППЛ)

Расчет общего такта работы линии ведется по приведенной программе выпуска. Для этого определяем суммарную трудоемкость изготовления одной детали для каждой номенклатурной единицы (мин/шт):

$$T_j = \sum_{i=1}^n t_{ij}, \quad (2.25)$$

где n – количество номенклатурных единиц (разновидностей деталей), закрепленных за линией. t_{ij} – трудоемкость (штучное время) i -й операции j -й номенклатурной единицы.

Определяем трудоемкость программы выпуска для каждой номенклатурной единицы (мин):

$$T_j^N = T_j \cdot N_j \quad (2.26)$$

Определяем суммарную трудоемкость изготовления всей продукции, закрепленной за линией:

$$T_\Sigma = \sum_{j=1}^n T_j^N \quad (2.27)$$

Определяем коэффициенты приведения по трудоемкости – долю фонда времени, приходящуюся на каждую номенклатурную единицу:

$$K_{mpj} = \frac{T_j^N}{T_\Sigma}. \quad (2.28)$$

Определяем часть фонда времени, отведенную на изготовление каждой номенклатурной единицы:

$$F_{dj} = F_d \cdot K_{mpj} \quad (2.29)$$

Определяем частные такты (такты работы линии для каждой номенклатурной единицы):

$$r_j = \frac{F_{dj}}{N_j}. \quad (2.30)$$

общий (средний) такт работы линии:

$$r_{общ} = \sum_{j=1}^m r_j \cdot K_{mpj}. \quad (2.31)$$

Количество рабочих мест (станков) определяется для каждой операции по каждой номенклатурной единице по известной уже формуле:

$$C_{ij} = \frac{t_{ij}}{r_j}.$$

За тем по каждой операции сравниваются результаты расчета по всем номенклатурным единицам устанавливается принятое количество рабочих мест (станков) по описанным ниже рекомендациям.

Скорость движения конвейера для каждого j -го наименования определяется по формуле (2.14):

$$V_j = l_o / r_j$$

Если за линией закреплены изделия с примерно одинаковой суммарной трудоемкостью, то допускается все изделия изготавливать с одинаковым тактом, скоростью движения конвейера и количеством рабочих мест.

Если за линией закреплены изделия, суммарная трудоемкость изготовления которых различна на одной или нескольких операциях, то в этом случае целесообразно устанавливать одинаковый такт линии, конвейер будет работать с одной и той же скоростью, а количество рабочих мест будет различное.

Если за линией закреплены изделия, суммарная трудоемкость изготовления которых различна на большинстве операций, то для каждого изделия устанавливают свой такт, свою скорость движения конвейера, но одинаковое количество рабочих мест.

Если за линией закреплены изделия, суммарная трудоемкость изготовления которых различна на всех операциях, изделия мелкие и легкие. В этом случае устанавливают индивидуально для каждого наименования изделий только такт, а скорость конвейера и количество рабочих мест одинаковы для всех наименований.

Для обеспечения ритмичности дальнейшего этапа производственного процесса, например, сборки, детали (номенклатурные единицы запускаются в производство партиями.

Минимальная величина партии изделий j -го наименования:

$$n_{j\min} = \frac{(100 - a_H) Pr_j}{a_H r_j}, \quad (2.32)$$

где Pr_j – средняя продолжительность простоя каждого рабочего места при переходе с изготовления партии одного наименования на изготовление другого изделия, мин. Величина Pr_j зависит от формы организации смены объектов на линии. Различают два способа смены изделий.

Способ первый. На рабочих местах не оставляется переходящий задел по j -м изделиям, все запущенные изделия выпускаются, тогда:

$$Pr_j = t_H + (2C_{л} - 1)r_{j+1}, \quad (2.33)$$

где t_H – время переналадки оборудования линии, мин.

Способ второй. На рабочих местах остается задел по каждому j -му наименованию изделий. В этом случае величина Pr_j определяется по формуле:

$$Pr_j = t_H. \quad (2.34)$$

Период чередования партий предметов труда:

$$R_j = \frac{D_{\text{раб}}}{N_{\text{зj}}} n_j \text{ дней,} \quad (2.35)$$

$D_{\text{раб}}$ – количество рабочих дней в плановом периоде.

Длительность технологического цикла (время занятости поточной линии изготовлением j -го наименования изделия):

$$T_{\text{цj}} = \frac{n_j \cdot r_j + \text{Пр}_j}{480} \text{ смен.} \quad (2.36)$$

2.3.2 Пример расчета

Проведем расчет многопредметной переменного-поточной линии, за которой закреплено изготовление деталей трех наименований А, Б и В. Трудоемкость выполнения операций технологических процессов и программы выпуска приведены в таблице 2.2.

Длительность смены $t_{\text{см}} = 8$ часов, количество рабочих дней в месяце $D_{\text{раб}} = 22$, количество смен в день $\kappa_{\text{см}} = 2$. Потери времени на ремонт оборудования $a_p = 5\%$, потери времени на регламентированные перерывы $a_n = 3\%$, допустимый процент времени на переналадку линии $a_n = 2\%$.

Таблица 2.2 – Исходные данные

Номер операции	Детали		
	А	Б	В
	Штучное время, мин		
1	0,5	0,5	0,6
2	0,7	0,7	0,7
3	0,35	0,35	0,4
4	0,75	0,7	0,9
5	0,8	0,7	0,8
6	0,3	0,4	0,4
7	0,4	0,4	0,3
8	0,3	-	0,5
9	0,5	0,4	0,5
10	0,5	0,5	0,5
Прочие исходные данные для деталей			
Время переналадки линии, мин	20	25	30
Программа выпуска, шт. в месяц	10260	20520	3420

Определяем трудоемкость изготовления одной детали по каждой номенклатурной единице по формуле (2.25):

$$T_A = 5,1 \text{ мин; } T_B = 4,65; \text{ мин; } T_B = 5,6 \text{ мин.}$$

Определяем трудоемкость изготовления месячной программы по по каждой номенклатурной единице по формуле (2.26):

$$T_A^N = T_A \cdot N_A = 5,1 \cdot 10260 = 52326 \text{ мин;}$$

$$T_B^N = T_B \cdot N_B = 4,65 \cdot 20520 = 95418 \text{ мин};$$

$$T_B^N = T_B \cdot N_B = 5,6 \cdot 3420 = 19152 \text{ мин.}$$

Суммарная трудоемкость всей продукции по формуле (2.27) составит:

$$T_\Sigma = 52326 + 95418 + 19152 = 166896 \text{ мин}$$

Коэффициент приведения по трудоемкости - доля каждого изделия в общей трудоемкости по формуле (2.28):

$$K_{mpA} = \frac{T_A}{T_\Sigma} = \frac{52326}{166896} = 0,31; \quad K_{mpB} = \frac{T_B}{T_\Sigma} = \frac{95418}{166896} = 0,57$$

$$K_{mpB} = \frac{T_B}{T_\Sigma} = \frac{19152}{166896} = 0,12$$

K_{mp} по каждой детали округляем с учетом: $\sum_{j=1}^m K_{mpj} = 1$

Расчет можно проводить в табличной форме, продолжив таблицу 2.2 (таблица 2.3).

Таблица 2.3

Номер операции	Детали		
	А	Б	В
	Штучное время, мин		
1	0,5	0,5	0,6
2	0,7	0,7	0,7
3	0,35	0,35	0,4
4	0,75	0,7	0,9
5	0,8	0,7	0,8
6	0,3	0,4	0,4
7	0,4	0,4	0,3
8	0,3	-	0,5
9	0,5	0,4	0,5
10	0,5	0,5	0,5
Программа выпуска, шт. в месяц.	10260	20520	3420
Трудоемкость изготовления одной детали T_j , мин.	5,1	4,65	5,6
Трудоемкость изготовления месячной программы $T_j^{мес}$, мин.	52326	95418	19152
Суммарная трудоемкость всей продукции, мин.	166896		
Доля каждого изделия в общей трудоемкости (коэффициент приведения по трудоемкости) K_{mpj}	0,31	0,57	0,12

Для расчета частных тактов линии необходимо действительный фонд времени – это эффективный фонд времени планируемого периода

скорректированный на допустимые потери времени на переналадку оборудования поточной линии:

$$F_{\partial} = F_{\partial} \cdot (1 - a_n / 100),$$

где a_n – допустимый процент потерь времени на переналадку линии.

Эффективный фонд времени F_{∂} определяем по формуле (2.2), а номинальный фонд времени – по формуле (2.3).

В данном примере длительность смены $t_{см} = 8$ часов, количество рабочих дней в месяце $D_{раб} = 22$, количество смен в день $K_{см} = 2$.

$$F_n = t_{см} \cdot D_{раб} \cdot K_{см} = 8 \cdot 22 \cdot 2 = 352 \text{ часа, что соответствует } 21\,120 \text{ мин.}$$

По исходным данным примера потери времени на ремонт оборудования $a_p = 5\%$, потери времени на регламентированные перерывы $a_n = 3\%$, тогда:

$$F_{\partial} = F_n \cdot \left(1 - \frac{a_p + a_n}{100}\right) = 21120 \cdot \left(1 - \frac{5 + 3}{100}\right) = 19430,4 \text{ мин.}$$

Допустимый процент времени на переналадку линии $a_n = 2\%$, тогда действительный фонд времени:

$$F_{\partial} = 19430 \cdot (1 - 2 / 100) = 19041,79 \text{ мин.}$$

Часть фонда времени, приходящаяся на каждую номенклатурную единицу:

$$F_{\partial A} = F_{\partial} \cdot K_{мпA} = 19041,79 \cdot 0,31 = 5902,95 \text{ мин;}$$

$$F_{\partial B} = F_{\partial} \cdot K_{мпB} = 19041,79 \cdot 0,57 = 10853,82 \text{ мин;}$$

$$F_{\partial B} = F_{\partial} \cdot K_{мпB} = 19041,79 \cdot 0,12 = 2285,01 \text{ мин.}$$

Частные такты рассчитываем по формуле (2.30):

$$r_A = \frac{F_{\partial A}}{N_A} = \frac{5902,71}{10260} = 0,58 \text{ мин/шт;}$$

$$r_B = \frac{F_{\partial B}}{N_B} = \frac{10853,37}{20520} = 0,53 \text{ мин/шт;}$$

$$r_B = \frac{F_{\partial B}}{N_B} = \frac{2284,92}{3420} = 0,67 \text{ мин/шт.}$$

Общий (средний) такт работы линии:

$$r_{общ} = \sum_{j=1}^m r_j \cdot K_{мпj} = 0,58 \cdot 0,31 + 0,53 \cdot 0,57 + 0,67 \cdot 0,12 = 0,55 \text{ мин.}$$

Определяем количество оборудования по операциям для каждой номенклатурной единице по формуле (2.4). Коэффициент загрузки станка определяется отношением количества оборудования полученного расчетом к принятому по формуле (2.12).

Деталь А:

Операция 1: $C_{1A} = \frac{t_{1A}}{r_A} = \frac{0,5}{0,58} = 0,862$, принимаем 1 станок;

$$\kappa_{31A} = \frac{0,862}{1} = 0,862 \text{ или } 86,2 \%$$

Операция 2: $C_{2A} = \frac{t_{2A}}{r_A} = \frac{0,7}{0,58} = 1,207$, принимаем 2 станка

$$\kappa_{32A} = \frac{1,207}{2} = 0,604 \text{ или } 60,4 \%$$

Далее по всем операциям и всем деталям (номенклатурным единицам) расчет проводится аналогично, результаты расчета представлены в таблице. (таблица 2.4).

Количество ободования в целом на линии определяется максимальным количеством по каждой операции. Средний коэффициент загрузки оборудования в целом по линии:

- по каждой операции: $\kappa_{zi} = \sum_{j=1}^m K_{zij} \cdot K_{mpj}$

- на всей линии: $\kappa_{3i} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m K_{zi}$

$$\kappa_{31} = \sum_{j=1}^m K_{31A} \cdot K_{mpA} = 86,22 \cdot 0,31 + 94,3 \cdot 0,57 + 93,88 \cdot 0,12 = 91,74 \%$$

Простои оборудования определяем предполагая первый способ по формуле (2.33):

$$P_{pA} = t_{HA} + (2C_{лA} - 1)r_B = 20 + (2 \cdot 13 - 1) \cdot 0,53 = 33,25 \text{ мин};$$

$$P_{pB} = t_{HB} + (2 \cdot C_{лB} - 1)r_B = 25 + (2 \cdot 12 - 1) \cdot 0,67 = 40,41 \text{ мин};$$

$$P_{pB} = t_{HB} + (2 \cdot C_{лB} - 1)r_A = 30 + (2 \cdot 13 - 1) \cdot 0,58 = 44,5 \text{ мин}.$$

Определяем объем минимальной партии для каждой детали по формуле (2.32)

$$n_{A\min} = \frac{(100 - a_H)P_{pA}}{a_H r_A} = \frac{100 - 2}{2} \cdot \frac{33,25}{0,58} = 49 \cdot \frac{33,25}{0,58} = 2809,1 \text{ шт};$$

$$n_{B\min} = \frac{(100 - a_H)P_{pB}}{a_H r_B} = 49 \cdot \frac{40,41}{0,53} = 3736 \text{ шт};$$

$$n_{B\min} = \frac{(100 - a_H)P_{pB}}{a_H r_B} = 49 \cdot \frac{44,5}{0,67} = 3254,5 \text{ шт}.$$

Количество партий:

$$X_A = N_A / n_{A\min} = 10260 / 2809,1 = 3,65$$

$$X_B = N_B / n_{B\min} = 20520 / 3736 = 5,49$$

$$X_A = N_A / n_{A\min} = 3420 / 3254,5 = 1,05$$

Количество деталей, изготавливаемых в смену (сменный оборот линии):

$$n_{см.A} = \frac{480}{r_A} = \frac{480}{0,58} = 827,59 \text{ шт.}; \quad n_{см.B} = \frac{480}{r_B} = \frac{480}{0,53} = 905,66 \text{ шт.};$$

$$n_{см.Б} = \frac{480}{r_B} = \frac{480}{0,67} = 716,42 \text{ шт.}$$

Количество смен. необходимых для изготовления минимальной партии:

$$T_{нА} = \frac{n_{А\min}}{n_{см.А}} = \frac{2809,1}{827,59} \approx 3,39 \text{ смены. } T_{нБ} = \frac{n_{Б\min}}{n_{см.Б}} = \frac{3736}{905,66} \approx 4,13 \text{ смены.}$$

$$T_{нВ} = \frac{n_{В\min}}{n_{см.В}} = \frac{3254,5}{716,66} \approx 4,54 \text{ смены. Результаты расчета в таблице 2.5}$$

Таблица 2.4 – Расчет количества оборудования и коэффициентов загрузки

Номер операции	Деталь А				Деталь Б				Деталь В				Количество оборудования на линии	Средний коэффициент загрузки
	Время выполнения операции t_i , мин	Расчетное количество оборудования	Принятое количество оборудования	Коэффициент загрузки	Время выполнения операции t_i , мин	Расчетное количество оборудования	Принятое количество оборудования	Коэффициент загрузки	Время выполнения операции t_i , мин	Расчетное количество оборудования	Принятое количество оборудования	Коэффициент загрузки		
1	0,5	0,862	1	86,22	0,5	0,943	1	94,3	0,6	0,938	1	93,88	1	91,7
2	0,7	1,207	2	60,35	0,7	1,321	2	66,05	0,7	1,094	2	54,7	2	62,9
3	0,35	0,603	1	60,3	0,35	0,66	1	66,0	0,4	0,625	1	62,5	1	63,8
4	0,75	1,293	2	64,65	0,7	1,321	2	66,05	0,9	1,406	2	70,3	2	66,1
5	0,8	1,379	2	68,95	0,7	1,321	2	66,05	0,8	1,25	2	62,5	2	66,5
6	0,3	0,517	1	51,7	0,4	0,755	1	75,5	0,4	0,625	1	62,5	1	66,6
7	0,4	0,69	1	69,0	0,4	0,755	1	75,5	0,3	0,469	1	46,9	1	70,1
8	0,3	0,517	1	51,7		0	0	0	0,5	0,781	1	78,1	1	25,4
9	0,5	0,862	1	86,2	0,4	0,755	1	75,5	0,5	0,781	1	78,1	1	79,1
10	0,5	0,862	1	86,2	0,5	0,943	1	94,3	0,5	0,781	1	78,1	1	89,8
Итого			13				12				13		13	68,2

Таблица 2.5 – Расчет по минимальной партии:

Расчетные параметры	Деталь		
	А	Б	В
Программа выпуска, шт/мес.	10260	20520	3420
размер минимальной партии, шт	2809,1	3736	3254,5
производительность, шт/смену	761,4	833,2	659,1
Количество смен на производство минимальной партии	3,69	4,48	4,94
Количество партий	3,65	5,49	1,05

Максимальный размер партии каждой детали равен программе выпуска на планируемый период, в данном примере месячной программе.

Далее необходимо выбрать оптимальный размер партии n_j :

$$n_{j\min} \leq n_j \leq N_j$$

Размер оптимальной партии должен быть целым числом, также надо стремиться к тому, чтобы число партий было целым числом и количество смен на производство одной партии желательно принимать с кратностью не меньше 0,5 смены (таблица 2.6).

Таблица 2.6 – Выбор оптимальной партии:

Расчетные параметры	Деталь		
	А	Б	В
Программа выпуска, шт/мес.	10260	20520	3420
размер минимальной партии, шт	2809,1	3736	3254,5
производительность, шт/смену	827,59	905,66	716,42
размер оптимальной партии партии, шт	3420	6840	3420
Количество партий	3	3	1
Количество смен на производство оптимальной партии расчетное	4,132481059	7,552503147	4,773736077
Количество смен на производство оптимальной партии принятое	4	8	5
Количество смен на производство производственной программы	12	24	5
	Итого 41 (93% от числа смен в месяце)		

Строим стандарт-план работы многопредметной линии (рисунок 2.3)

Затем строим для каждой номенклатурной единицы график регламент работы линии, методика построения которого описана в п. 2.2. (рисунок 2.4)

день	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11	
смена	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
деталь																						
А																						
Б																						
В																						

день	12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22	
смена	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
деталь																						
А																						
Б																						
В																						

Рисунок 2.3 - Стандарт-план работы МППЛ

Для построения графика-регламента необходимо задаться укрупненным ритмом работы линии. Предположим $R=0,5$ смены (240 минут). На основании графика-регламента (рисунок 2.4) проведем расчет межоперационных заделов и построим график динамики оборотных заделов (рисунок 2.5)

Расчёт межоперационных заделов между операциями 1 и 2.

В периоде работы линии здесь выделяем три отрезка:

$$T_{1.1} = 49,68 \text{ мин}; T_{1.2} = 206,88 - 49,68 = 157,2 \text{ мин};$$

$$T_{1.3} = 240 - 206,88 = 33,12 \text{ мин.}$$

Задел на промежутке $T_{1.1}$:

$$Z_{1.1} = T_{1.1} \cdot \left(\frac{c_{1.1}}{t_1} - \frac{c_{2.1}}{t_2} \right) = 49,68 \left(\frac{1}{0,5} - \frac{2}{0,7} \right) = -42,58 \text{ шт.};$$

Задел на промежутке $T_{1.2}$:

$$Z_{1.2} = T_{1.2} \cdot \left(\frac{c_{1.2}}{t_1} - \frac{c_{2.2}}{t_2} \right) = 206,88 \left(\frac{1}{0,5} - \frac{1}{0,7} \right) \approx 90 \text{ шт.};$$

Номер операции	штучное время, мин	Расчетное количество рабочих мест (оборудования)	Количество рабочих мест (станков)	номер рабочего места (станка)	Коэффициент загрузки рабочего места (станка)	Рабочий	Время работы станка R*Кзрм	График работы линии R = 240 мин	
								←	→
1	0,5	0,862	1	1	0,862	А	206,88		
2	0,7	1,207	2	2	1	Б	240		
				3	0,207	В	49,68		
3	0,35	0,603	1	4	0,603	В	144,72		
4	0,75	1,293	2	5	1	Г	240		
				6	0,293	Д	70,32		
5	0,8	1,379	2	7	1	Е	240		
				8	0,379	Д	90,96		
6	0,3	0,517	1	9	0,517	Ж	124,08		
7	0,4	0,69	1	10	0,69	З	165,6		
8	0,3	0,517	1	11	0,517	И	124,08		
9	0,5	0,862	1	12	0,862	К	206,88		
10	0,5	0,862	1	13	0,862	Л	206,88		

Рисунок 2.4 – График-регламент работы поточной линии при изготовлении детали А

Задел на промежутке $T_{1.3}$:

$$Z_{1.3} = T_{1.3} \cdot \left(\frac{c_{1.3}}{t_1} - \frac{c_{2.3}}{t_2} \right) = 33,12 \cdot \left(\frac{0}{0,5} - \frac{1}{0,7} \right) \approx -47,3 \text{ шт.}$$

Расчёт межоперационных заделов между операциями 2 и 3.

В периоде работы линии здесь выделяем три отрезка:

$$T_{2.1} = 49,68 \text{ мин}; T_{2.2} = 144,72 \text{ мин}; T_{1.3} = 240 - (49,68 + 144,72) = 45,6 \text{ мин.}$$

Задел на промежутке $T_{2.1}$:

$$Z_{2.1} = T_{2.1} \cdot \left(\frac{c_{2.1}}{t_2} - \frac{c_{3.1}}{t_3} \right) = 49,68 \left(\frac{2}{0,7} - \frac{0}{0,35} \right) \approx +142 \text{ шт.};$$

Задел на промежутке $T_{2.2}$:

$$Z_{2.2} = T_{2.2} \cdot \left(\frac{c_{2.2}}{t_2} - \frac{c_{3.2}}{t_3} \right) = 144,72 \cdot \left(\frac{1}{0,7} - \frac{1}{0,35} \right) \approx -207 \text{ шт.};$$

Задел на промежутке $T_{2.3}$:

$$Z_{2.3} = T_{2.3} \cdot \left(\frac{c_{2.3}}{t_2} - \frac{c_{3.3}}{t_3} \right) = 45,6 \cdot \left(\frac{1}{0,7} - \frac{0}{0,35} \right) \approx +65 \text{ шт.}$$

Расчёт межоперационных заделов между операциями 3 и 4.

В периоде работы линии здесь выделяем четыре отрезка:

$$T_{3.1} = 49,68 \text{ мин}; T_{3.2} = 70,32 - 49,68 = 20,64 \text{ мин};$$

$$T_{3.3} = 49,68 + 144,72 - 70,32 = 124,08 \text{ мин.}$$

$$T_{3.4} = 240 - 49,68 - 144,72 = 45,6 \text{ мин.}$$

Задел на промежутке $T_{3.1}$:

$$Z_{3.1} = T_{3.1} \cdot \left(\frac{c_{3.1}}{t_3} - \frac{c_{4.1}}{t_4} \right) = 49,68 \cdot \left(\frac{0}{0,35} - \frac{2}{0,75} \right) \approx -133 \text{ шт.};$$

Задел на промежутке $T_{3.2}$:

$$Z_{3.2} = T_{3.2} \cdot \left(\frac{c_{3.2}}{t_3} - \frac{c_{4.2}}{t_4} \right) = 20,64 \cdot \left(\frac{1}{0,35} - \frac{2}{0,75} \right) \approx +4 \text{ шт.};$$

Задел на промежутке $T_{3.3}$:

$$Z_{3.3} = T_{3.3} \cdot \left(\frac{c_{3.3}}{t_3} - \frac{c_{4.3}}{t_4} \right) = 124,08 \cdot \left(\frac{1}{0,35} - \frac{0}{0,75} \right) \approx +189 \text{ шт.}$$

Задел на промежутке $T_{3.4}$:

$$Z_{3.4} = T_{3.4} \cdot \left(\frac{c_{3.4}}{t_3} - \frac{c_{4.4}}{t_4} \right) = 45,6 \cdot \left(\frac{0}{0,35} - \frac{1}{0,75} \right) \approx -60 \text{ шт.}$$

Расчёт межоперационных заделов между операциями 4 и 5.

В периоде работы линии здесь выделяем три отрезка:

$$T_{4.1} = 70,32 \text{ мин}; T_{4.2} = 90,96 \text{ мин};$$

$$T_{4.3} = 240 - 70,32 - 90,96 = 78,72 \text{ мин.}$$

Задел на промежутке $T_{4.1}$:

$$Z_{4.1} = T_{4.1} \cdot \left(\frac{c_{4.1}}{t_4} - \frac{c_{5.1}}{t_5} \right) = 70,32 \cdot \left(\frac{2}{0,75} - \frac{1}{0,8} \right) \approx 100 \text{ шт.},$$

Задел на промежутке $T_{4.2}$:

$$Z_{4.2} = T_{4.2} \cdot \left(\frac{c_{4.2}}{t_4} - \frac{c_{5.2}}{t_5} \right) = 90,96 \cdot \left(\frac{1}{0,75} - \frac{2}{0,8} \right) \approx -106 \text{ шт.},$$

Задел на промежутке $T_{4.3}$:

$$Z_{4.3} = T_{4.3} \cdot \left(\frac{c_{4.3}}{t_4} - \frac{c_{5.3}}{t_5} \right) = 78,72 \cdot \left(\frac{1}{0,75} - \frac{1}{0,8} \right) \approx 6 \text{ шт.}$$

Расчёт межоперационных заделов между операциями 5 и 6.

В периоде работы линии здесь выделяем четыре отрезка:

$$T_{5.1} = 70,32 \text{ мин}; T_{5.2} = 124,08 - 70,32 = 53,76 \text{ мин};$$

$$T_{5.3} = 70,32 + 90,96 - 124,08 = 37,2 \text{ мин.}$$

$$T_{5.3} = 240 - 70,32 - 90,96 = 78,72 \text{ мин.}$$

Задел на промежутке $T_{5.1}$:

$$Z_{5.1} = T_{5.1} \cdot \left(\frac{c_{5.1}}{t_5} - \frac{c_{6.1}}{t_6} \right) = 70,32 \cdot \left(\frac{1}{0,8} - \frac{1}{0,3} \right) \approx -146 \text{ шт.},$$

Задел на промежутке $T_{5.2}$:

$$Z_{5.2} = T_{5.2} \cdot \left(\frac{c_{5.2}}{t_5} - \frac{c_{6.2}}{t_6} \right) = 53,76 \cdot \left(\frac{2}{0,8} - \frac{1}{0,3} \right) \approx -45 \text{ шт.},$$

Задел на промежутке $T_{5.3}$:

$$Z_{5.3} = T_{5.3} \cdot \left(\frac{c_{5.3}}{t_5} - \frac{c_{6.3}}{t_6} \right) = 37,2 \cdot \left(\frac{2}{0,8} - \frac{0}{0,3} \right) \approx +93 \text{ шт.},$$

Задел на промежутке $T_{5.4}$:

$$Z_{5.4} = T_{5.4} \cdot \left(\frac{c_{5.4}}{t_5} - \frac{c_{6.4}}{t_6} \right) = 78,72 \cdot \left(\frac{1}{0,8} - \frac{0}{0,3} \right) \approx +98 \text{ шт.}$$

Расчёт межоперационных заделов между операциями 6 и 7.

В периоде работы линии здесь выделяем три отрезка:

$$T_{6.1} = 124,08 \text{ мин}; T_{6.2} = 165,6 - 124,08 = 41,52 \text{ мин};$$

$$T_{6.3} = 240 - 165,6 = 74,4 \text{ мин.}$$

Задел на промежутке $T_{6.1}$:

$$Z_{6.1} = T_{6.1} \cdot \left(\frac{c_{6.1}}{t_6} - \frac{c_{7.1}}{t_7} \right) = 124,08 \cdot \left(\frac{1}{0,3} - \frac{1}{0,4} \right) \approx +103 \text{ шт.},$$

Задел на промежутке $T_{6.2}$:

$$Z_{6.2} = T_{6.2} \cdot \left(\frac{c_{6.2}}{t_6} - \frac{c_{7.2}}{t_7} \right) = 41,52 \cdot \left(\frac{0}{0,3} - \frac{1}{0,4} \right) \approx -103 \text{ шт.},$$

Задел на промежутке $T_{6.3}$:

$$Z_{6.3} = T_{6.3} \cdot \left(\frac{c_{6.3}}{t_6} - \frac{c_{7.3}}{t_7} \right) = 74,4 \cdot \left(\frac{0}{0,3} - \frac{0}{0,4} \right) \approx 0 \text{ шт.}$$

Расчёт межоперационных заделов между операциями 7 и 8.

В периоде работы линии здесь выделяем три отрезка:

$$T_{7.1} = 124,08 \text{ мин;}$$

$$T_{7.2} = 165,6 - 124,08 = 41,52 \text{ мин;}$$

$$T_{7.3} = 240 - 165,6 = 74,4 \text{ мин.}$$

Задел на промежутке $T_{7.1}$:

$$Z_{7.1} = T_{7.1} \cdot \left(\frac{c_{7.1}}{t_7} - \frac{c_{7.1}}{t_8} \right) = 124,08 \cdot \left(\frac{1}{0,4} - \frac{1}{0,3} \right) \approx -103 \text{ шт,}$$

Задел на промежутке $T_{7.2}$:

$$Z_{7.2} = T_{7.2} \cdot \left(\frac{c_{7.2}}{t_7} - \frac{c_{7.2}}{t_8} \right) = 41,52 \cdot \left(\frac{1}{0,4} - \frac{0}{0,3} \right) \approx +103 \text{ шт,}$$

Задел на промежутке $T_{7.3}$:

$$Z_{7.3} = T_{7.3} \cdot \left(\frac{c_{7.3}}{t_7} - \frac{c_{7.3}}{t_8} \right) = 74,4 \cdot \left(\frac{0}{0,4} - \frac{0}{0,3} \right) \approx 0 \text{ шт.}$$

Расчёт межоперационных заделов между операциями 8 и 9.

В периоде работы линии здесь выделяем три отрезка:

$$T_{8.1} = 124,08 \text{ мин;}$$

$$T_{8.2} = 206,88 - 124,08 = 82,8 \text{ мин;}$$

$$T_{8.3} = 240 - 206,88 = 33,12 \text{ мин.}$$

Задел на промежутке $T_{8.1}$:

$$Z_{8.1} = T_{8.1} \cdot \left(\frac{c_{8.1}}{t_8} - \frac{c_{9.1}}{t_9} \right) = 124,08 \cdot \left(\frac{1}{0,3} - \frac{1}{0,5} \right) \approx +165 \text{ шт,}$$

Задел на промежутке $T_{8.2}$:

$$Z_{8.2} = T_{8.2} \cdot \left(\frac{c_{8.2}}{t_8} - \frac{c_{9.2}}{t_9} \right) = 82,8 \cdot \left(\frac{0}{0,3} - \frac{1}{0,5} \right) \approx -165 \text{ шт,}$$

Задел на промежутке $T_{8.3}$:

$$Z_{8.3} = T_{8.3} \cdot \left(\frac{c_{8.3}}{t_8} - \frac{c_{9.3}}{t_9} \right) = 33,12 \cdot \left(\frac{0}{0,3} - \frac{0}{0,5} \right) \approx 0 \text{ шт.}$$

Заделы между операциями 9 и 10 не образуются. т.к. время их выполнения одинаково.

между
операциями:

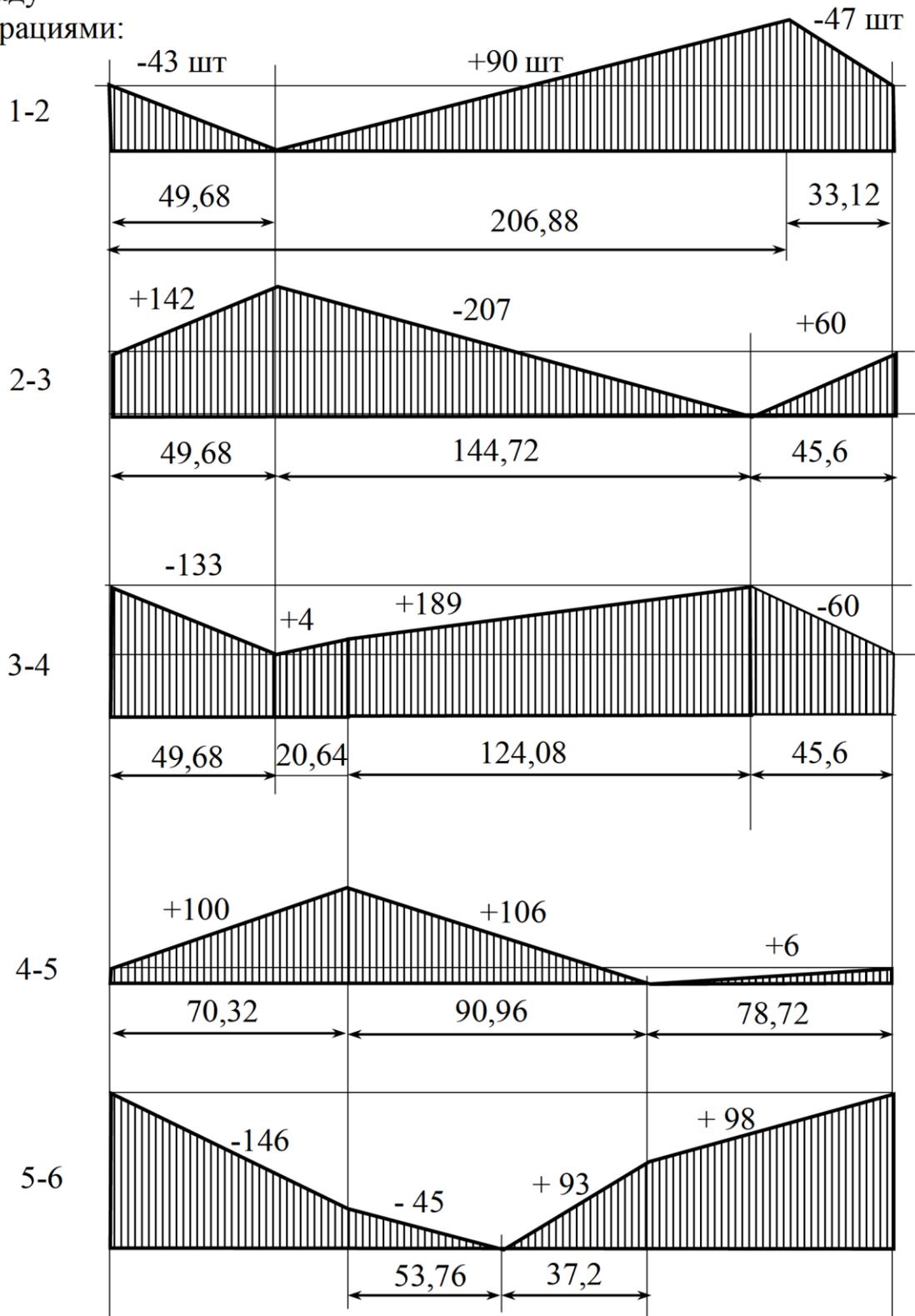


Рисунок 2.5 – График динамики оборотных заделов по первым шести операциям

3. Индивидуальные задания и вопросы для защиты

Задание №1. Расчет однопредметной прямоточной линии

На прямоточной линии, работающей в 2 смены, обрабатывается деталь. Определить такт линии, рассчитать число рабочих мест и число рабочих на линии. Составить график-регламент работы линии. Рассчитать межоперационные заделы и построить графики их движения.

На протяжении смены предусматриваются 2 периода комплектования задела по 240 минут. Суточная программа выпуска деталей N и нормы штучного времени по операциям t_i приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – исходные данные

Номер варианта	Суточная программа выпуска N , шт	Операции					
		1	2	3	4	5	6
		Нормы штучного времени по операциям t_i , мин					
1	800	0,9	1,2	6,0	1,5	1,0	2,4
2		1,6	4,6	2,0	3,4	0,9	2,6
3		5,4	3,0	2,7	0,4	1,3	2,9
4		2,7	1,4	0,4	3,2	2,9	1,6
5		3,0	0,4	2,8	1,6	1,3	1,7
6	640	0,7	1,0	5,8	1,3	0,8	2,0
7		1,8	4,8	2,4	3,6	0,9	3,0
8		2,5	1,2	0,5	3,0	3,3	1,5
9		4,5	2,0	1,7	0,4	0,3	0,1
10		2,6	0,4	2,4	1,2	2,1	0,3
11	480	8,6	4,2	6,4	3,5	2,0	0,5
12		4,8	2,8	0,4	2,0	3,6	0,4
13		10,5	2,5	1,0	1,2	0,5	0,3
14		0,5	1,5	2,5	3,5	5,5	0,5
15		2,3	2,3	3,4	3,0	0,7	0,3
16	600	1,6	2,0	1,2	0,5	1,8	0,9
17		3,2	1,0	2,4	1,0	0,6	0,8
18		4,8	0,8	1,6	0,4	2,0	1,6
19		0,8	2,4	1,2	1,0	0,6	3,6
20		7,2	1,2	0,8	3,6	1,0	0,6

Задание №2. Расчет многопредметной переменнo-поточной линии

В механическом цехе на многопредметной переменнo-поточной линии обрабатывается три наименования деталей. Месячная программа выпуска по

каждой детали, технологический процесс и нормы времени приведены в таблице 3.2. Режим работы линии – двухсменный. Продолжительность рабочей смены – 8 ч. Число рабочих дней в месяце – 20. Потери времени на плановые ремонты – 9 % от номинального фонда времени, на переналадку единицы оборудования – 20 мин. Рассчитать календарно-плановые нормативы и построить стандарт-план работы МППЛ.

Таблица 3.2 – Исходные данные для задания №2

Наименование операции	Номенклатура деталей по вариантам								
	1			2			3		
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И
1. Разметочная	3,1	3,2	6,25	2,5	2,3	2,00	2,0	0,45	1,34
2. Токарная	3,0	3,1	5,70	3,3	3,1	2,35	2,4	0,24	0,76
3. Фрезерная	3,2	3,1	4,75	2,1	2,2	2,00	2,2	0,50	1,24
4. Сверлильная	3,0	2,9	6,15	2,4	3,2	2,20	2,2	0,40	1,20
5. Шлифовальная	-	-	3,50	3,2	2,7	2,70	3,1	0,30	0,40
Программа выпуска шт. в месяц	1800	2400	3600	2000	2500	5500	2000	4000	2400

Продолжение таблицы 3.2

Наименование операции	Номенклатура деталей по вариантам								
	4			5			6		
	К	Л	М	Н	О	П	Р	С	Т
1. Разметочная	3,20	2,7	6,9	4,30	4,25	6,90	3,86	2,05	1,32
2. Токарная	5,17	3,0	6,7	3,00	3,15	5,20	4,75	3,10	3,11
3. Фрезерная	2,90	3,0	3,4	3,25	4,00	5,85	3,65	3,33	2,00
4. Сверлильная	3,10	2,5	3,4	2,30	2,00	4,00	5,00	3,25	2,13
5. Шлифовальная	3,00	2,7	3,3	3,50	3,70	5,90	5,00	4,75	2,94
Программа выпуска шт. в месяц	1000	2000	2400	2000	2000	2000	1800	2400	3600

Продолжение таблицы 3.2

Наименование операции	Номенклатура деталей по вариантам								
	7			8			9		
	У	Ф	Х	Ц	Ч	Ш	А	В	С
1. Разметочная	2,5	2,2	2,10	5,00	1,24	3,18	1,59	1,24	2,71
2. Токарная	2,7	2,3	2,50	5,26	1,40	2,82	2,90	2,31	2,82
3. Фрезерная	2,2	2,9	2,15	2,54	1,48	2,63	1,11	3,78	3,67
4. Сверлильная	2,3	2,4	2,10	4,50	1,30	1,00	1,29	2,75	4,14
5. Шлифовальная	2,3	4,2	6,13	1,72	0,52	0,66	2,11	2,72	1,66

Программа выпуска шт. в месяц	1000	2000	4000	2000	4000	2400	4000	1800	4800
-------------------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Продолжение таблицы 3.2

Наименование операции	Номенклатура деталей по вариантам								
	10			11			12		
	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1. Разметочная	1,87	2,71	2,34	1,57	3,71	1,85	3,48	3,71	1,95
2. Токарная	0,13	1,80	2,82	2,24	3,95	0,82	3,14	1,73	1,68
3. Фрезерная	0,72	1,68	1,92	0,25	2,68	1,01	2,21	1,48	1,11
4. Сверлильная	0,73	1,13	1,32	1,92	2,93	0,32	2,74	1,93	1,15
5. Шлифовальная	1,73	1,67	1,97	1,81	4,61	1,45	3,53	1,72	1,65
Программа выпуска шт. в месяц	2500	1500	2000	2800	2000	4000	1600	2400	8000

Вопросы для защиты заданий

1. Поясните, что представляет собой производственный процесс?
2. Что понимают под организацией производственного процесса во времени?
3. Поясните сущность производственного цикла изготовления продукции.
4. Поясните структуру производственного цикла.
5. Поясните понятие “длительность производственного цикла”.
6. Сущность и основные признаки организации поточного производства.
7. Выбор и обоснование поточной линии.
8. Понятие о синхронизации производственного процесса.
9. Поясните необходимость создания многопредметных поточных линий.
10. Поясните особенности организации многопредметной переменнo-поточной линии.
11. Поясните, какие календарно-плановые нормативы рассчитывают для поточных линий.
12. Поясните, как строится стандарт-план многопредметной переменнo-поточной линии.
13. Какова цель построения стандарт-плана многопредметной переменнo-поточной линии?

Список литературы

1. Новицкий, Н.И. Организация, планирование и управление производством: [текст]: Учеб. метод. пособие/ Н.И. Новицкий. - М.: Финансы и статистика, 2008. - 576 с.
2. Организация и планирование производства: [текст]: Лабораторный практикум/ Н.И. Новицкий. - Минск: Новое знание, 2008. - 230 с.
3. Практикум по организации и планированию машиностроительного производства. Производственный менеджмент: [текст]/ Ред. Скворцов Ю.В. - М.: Высш. шк., 2008. - 431 с.
4. Туровец, О. Г. Организация производства и управление предприятием: учебник / О. Г. Туровец, М. И. Бухалков, В. Б. Родионов [и др.] ; под ред. О. Г. Туровца. - 3-е изд. - Москва: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 506 с.

Хахина Ольга Васильевна

ОРГАНИЗАЦИЯ ПОТОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Учебно-методическое пособие для студентов, обучающихся по направлению «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Подписано в печать 20.12.20. Формат 84x108/16.

Усл. печ. л. 2,4. Тираж 40 экз. Заказ 201736. Рег. №17.

Отпечатано в ИТО Рубцовского индустриального института 658207, Рубцовск, ул. Тракторная, 2/6.