

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Г. А. Калинин

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
вузов Республики Беларусь по образованию
в области экономики и организации производства
в качестве учебно-методического пособия
по специальности 1-27 01 01-11
«Экономика и организация производства»
(радиоэлектроника и информационные услуги)*

Минск БГУИР 2012

УДК 658.51(076)
ББК 65.290-80я73
К17

Р е ц е н з е н т ы :

кафедра «Экономика и управление научными исследованиями,
проектированием и производством» учреждения образования «Белорусский
национальный технический университет (протокол №3 от 3.11.11.);

профессор кафедры экономики и логистики Белорусского национального
технического университета, доктор экономических наук,
профессор Э. М. Гайнутдинов

Калинкин, Г. А.

К17 Организация производства : учеб.-метод. пособие / Г. А. Калинкин. –
Минск : БГУИР, 2012. – 78 с. : ил.
ISBN 978-985-488-857-6.

В учебно-методическом пособии рассмотрены основные теоретические и ме-
тодические положения, которые, по мнению автора, недостаточно освещены в учеб-
ных источниках и требуют развития или уточнения. Излагается методика проектиро-
вания одно- и многопредметных процессов поточного производства.

Может использоваться магистрантами, аспирантами и преподавателями эко-
номических специальностей высших учебных заведений, а также практическими ра-
ботниками.

**УДК 658.51(076)
ББК 65.290-80я73**

ISBN 978-985-488-857-6

© Калинкин Г. А., 2012
© УО «Белорусский государственный
университет информатики
и радиоэлектроники», 2012

Введение

Проектирование производственных процессов базируется на технологических процессах и имеет своей целью определение экономически обоснованных организационно-технических параметров производственных процессов, которые затем будут использованы в качестве основных исходных данных при проектировании поточных линий.

Современные крупные предприятия представляют собой систему со сложной производственной структурой, в которой первичным звеном является поточная линия. В этих условиях при проектировании отдельных поточных линий правомерно исходить из жестко заданной производственной программы, которая в соответствии с принципом пропорциональности определяется в зависимости от объема выпуска продукции предприятием. Курсовое проектирование на базе жестко заданных исходных данных имеет существенный недостаток. Так как исходные данные строго фиксированы, а методика расчетов содержит определенную последовательность действий, исключающих сопоставление альтернативных вариантов, то в процессе проектирования отсутствует творческое начало. По существу, работа студента-проектировщика заключается в вычислении показателей по заданным формулам и исходным данным. Процесс проектирования превращается в выполнение арифметических действий зачастую без осмысления полученных результатов. При этом сопоставительный анализ невозможен, потому что полученные в результате расчетов организационно-технические параметры и экономические показатели не с чем сравнивать, так как отсутствует альтернатива.

В условиях рыночных отношений, например при создании малых предприятий, когда поточная линия является автономным производственным подразделением, ставится задача получения желаемого экономического результата с учетом потребностей рынка и финансовых возможностей предпринимателя, а организационно-технические параметры производственных процессов являются производными от желаемого результата.

При такой постановке вопроса проектировщик должен рассмотреть альтернативные варианты организации производственного процесса на базе заданной технологии и выбрать из них оптимальный по принятому экономическому критерию.

В первом приближении в качестве критерия принимается показатель максимума загрузки оборудования в процессе. В качестве основного экономического критерия выбран минимум технологической себестоимости. По этому критерию представляется правомерным сопоставлять альтернативные варианты и производить расчеты сравнительной экономической эффективности выбранного варианта на стадии проектирования. Приводится методика поэлементного расчета технологической себестоимости механической обработки детали-операции.

Необходимость многократных расчетов технологической себестоимости по вариантам вызывает необходимость выполнения рутинных расчетов по заданному алгоритму. Поэтому эти расчеты рекомендуется производить на ПЭВМ с использованием соответствующей программы. Задачей проектировщика при этом является составление обоснованных исходных данных, а после выполнения расчетов – проведение сравнительного анализа.

Таким образом, в процессе выполнения проекта имеют место два аспекта: первый – выполнение рутинных расчетов, которые должны производиться по соответствующим программам на ПЭВМ; второй – эвристический аспект, требующий индивидуального творческого решения проектировщика.

В предлагаемом пособии приводятся основные теоретические и методические положения, которые могут оказаться полезными при подготовке студентов к выполнению соответствующих разделов курсовых проектов (работ). Уточняется методика расчета основных организационно-технических параметров производственных процессов при фиксированной производственной программе, а также предлагается методика формирования производственной структуры одно- и многопредметных линий по экономическому критерию и при ограниченных ресурсах. В соответствии с этим у руководителя проекта появляется возможность разнообразить темы проектов и индивидуализировать задания.

Примерное содержание типовых проектов приводится в приложениях. Наряду с этим руководитель проекта может сформулировать оригинальную тему, наполнив содержание проекта перечнем отдельных вопросов, рассмотренных в данном методическом пособии.

Курсовая работа оформляется в соответствии с требованиями нормативных документов [14, 15].

1. Основные теоретические и методические положения

1.1. Исходные условия рациональной организации производственных процессов

Технологические процессы являются основой организации производственных процессов. На стадии разработки технологических процессов учитывается масштаб производства, а также предполагаемые формы и методы организации производственных процессов. Поэтому разработку технологического и проектирование организации производственного процесса следует рассматривать как взаимосвязанные этапы единого процесса создания организационно-технической базы производства.

Потенциал эффективной организации производственного процесса закладывается на стадии проектирования, включая конструкторскую и технологическую подготовку производства. Поэтому и конструктор изделия, и технолог, и разработчик производственного процесса должен стремиться к выполнению определенных исходных условий, которые позволили бы затем организовать эффективный производственный процесс. Применительно к многооперационным производственным процессам, осуществляемым на поточных линиях, нами сформулированы следующие исходные условия рациональной организации производственных процессов: условие кратности норм штучного времени на операциях, условие синхронности выполнения операций и условие непрерывности процесса.

Кратность норм времени на операциях технологического процесса характеризуется равенством или кратностью норм штучного времени минимальной норме времени в процессе.

Условие кратности норм штучного времени может быть представлено следующим выражением:

$$\frac{t_1}{K_1} = \frac{t_2}{K_2} = \frac{t_m}{K_m} = t_{\min}, \quad (1.1)$$

где $t_1, t_2 \dots t_m$ – нормы штучного времени на операциях, мин;

$K_1, K_2 \dots K_m$ – коэффициенты кратности (целые числа).

Коэффициенты кратности определяются как отношение нормы штучного времени на соответствующей операции к минимальной норме штучного времени в процессе.

Если задана производственная программа и эффективный фонд времени работы поточной линии, то на стадии технологической подготовки производства определяют расчетный такт поточной линии по формуле (1.7). Расчетный такт используется как ограничение при разработке техпроцесса и расчете нормы времени на операцию. В этом случае условие (1.1) принимает следующее выражение:

$$\frac{t_1}{K_1} = \frac{t_2}{K_2} \dots = \frac{t_m}{K_m} = r, \quad (1.2)$$

где r – расчетный такт поточной линии, мин.

Полученные значения, как правило, оказываются нецелыми числами. Поэтому возникает необходимость корректировки норм штучного времени с целью достижения условия, при котором коэффициенты кратности будут выражены целыми числами. Корректировка норм времени на операциях осуществляется в соответствии с формулой

$$\Delta t_i = t_i - K_i \cdot t_{\min}, \quad (1.3)$$

где Δt_i – приращение нормы времени, т. е. величина, на которую необходимо увеличить или уменьшить норму времени для достижения кратности. Однако увеличение нормы времени, как правило, нецелесообразно и может быть применено, например, при значительной экономии капитальных вложений в оборудование, что должно быть экономически обосновано.

Примечание. Если предварительно определен расчетный такт, то в формуле (1.3) вместо t_{\min} принимается r .

Если на стадии разработки технологического процесса удалось максимально приблизиться к условию кратности норм времени, то это создает реальные предпосылки к организации производственного процесса с параллельным движением предметов производства или, как принято в современной теории, к «непрерывно-поточному производству». Однако в дискретном производстве непрерывного потока не бывает. А вот синхронно выполняемые процессы являются наиболее эффективными.

Условие синхронности выполнения операций производственного процесса может быть представлено выражением

$$\frac{t_1 + \Delta t_1}{C_1} = \frac{t_2 + \Delta t_2}{C_2} = \dots = \frac{t_i}{C_i} = \frac{t_m + \Delta t_m}{C_m}, \quad (1.4)$$

где t_1, t_2, \dots, t_m – нормы штучного времени на операциях, мин;

$\Delta t_1, \Delta t_2, \dots, \Delta t_m$ – время перерывов ожидания на соответствующих операциях, мин;

C_1, C_2, \dots, C_m – количество единиц оборудования (рабочих мест) на операциях.

Это условие принципиально отличается от широкого известного в теории условия синхронности операций:

$$\frac{t_1}{C_1} = \frac{t_2}{C_2} = \dots = \frac{t_m}{C_m} = r, \quad (1.5)$$

где r – такт потока, мин.

Условие синхронности операций чисто теоретическое, условие синхронности выполнения операций – реально воплощаемое в производстве.

Если на всех операциях отсутствуют перерывы ожидания (что возможно теоретически, а не на практике), то условие синхронности выполнения операций переходит в условие непрерывности производственного процесса

$$\frac{t_1}{C_1} = \frac{t_2}{C_2} = \dots = \frac{t_m}{C_m}. \quad (1.6)$$

В зависимости от степени отклонения от условия непрерывности процесса выбирают параллельный либо параллельно-последовательный вид движения предметов производства. Выбор зависит от величины суммарного времени перерывов на каждой операции в течение, например, рабочей смены. Если его достаточно, чтобы осуществить переналадку оборудования, изготовить внепоточную продукцию или поручить рабочему выполнение других работ, то применяется параллельно-последовательный вид движения и создается прямоточная линия. При незначительных перерывах ожидания применяется параллельный вид движения и поточные линии с синхронным выполнением операций.

1.2. Основные принципы рациональной организации производственных процессов

При проектировании производственных процессов необходимо руководствоваться следующими принципами:

Первый. Принцип соответствия организации производственного процесса требованиям сохранения здоровья участвующих в нем рабочих (принцип соответствия).

Этот принцип реализуется в различных аспектах: путем создания нормальных санитарно-гигиенических условий труда, применения рациональных режимов труда и отдыха, создания благоприятного психологического климата и т.д. Применительно к поточному производству одним из основных путей реализации этого принципа является установление нормальной напряженности труда рабочих-операторов. Необоснованное регламентирование напряженности труда без учета психофизиологических факторов приводит либо к недоиспользованию производственного потенциала поточной линии, либо к повышенной монотонности и тяжести труда, что вызывает преждевременную усталость рабочего и не позволяет затем восстановить его нормальную работоспособность. Как следствие, это приводит к профессиональным заболеваниям рабочих, а предприятие несет дополнительные убытки из-за допускаемого рабочими производственного брака по причине высокой напряженности труда.

Второй. Принцип альтернативности, который означает обязательность рассмотрения возможных (альтернативных) вариантов организации производственного процесса, создаваемых на базе одного или нескольких технологических процессов.

Принцип альтернативности является, как известно, одним из основных принципов системного подхода. Он предполагает обязательность проработки нескольких вариантов возможных решений для достижения цели, стоящей перед системой. Применительно к организации производственных процессов принцип альтернативности не сформулирован в теории организации производства, а на практике не всегда рассматривают возможные варианты. Между тем, на базе одного, а тем более нескольких приемлемых технологических процессов можно спроектировать ряд вариантов организации производственного процесса для изготовления определенного вида продукции. Эти процессы будут различаться как по организационно-техническим параметрам, так и по экономическим показателям.

Третий. Принцип оптимальности, который означает, что из всех альтернативных вариантов организации производственного процесса должен быть выбран лучший по заданному критерию с учетом ограничивающих условий.

Принцип оптимальности требует, во-первых, создания оптимальной организационно-технической базы производственного процесса и, во-вторых, обеспечения оптимального ее функционирования. Именно создание оптимальной организационно-технической базы, включающей комплекс необходимых средств и разработанный рациональный регламент их функционирования, создает необходимые потенциальные возможности для оптимального протекания процесса. Однако негативное воздействие различных производственных факторов может привести к отклонениям от заданного регламента работы. Это заставляет разграничить следующие понятия:

- оптимальная организационно-техническая база производственного процесса;
- оптимальное функционирование организационно-технической базы;
- оптимальный производственный процесс, в котором объединяются первых два понятия.

Принцип оптимальности является, по нашему мнению, универсальным, поскольку ему должна подчиняться организация производственных процессов как технологической, так и предметной специализации независимо от типа производства, отрасли, производственного передела и т. п. Однако критерии оптимальности могут быть различными в зависимости от поставленных целей в конкретной ситуации.

На стадии проектирования основной целью является создание оптимальной организационно-технической базы производственного процесса.

Четвертый. Производственный процесс должен рассматриваться как функция заданного (желаемого) экономического результата, а не как функция производственной программы.

В условиях рыночных отношений, когда потребности рынка меняются, а финансовые возможности предпринимателей ограничены, возникает необходимость создания таких производственных процессов, в которых учитывались бы, с одной стороны, финансовые возможности и экономические интересы предпринимателя, а с другой – потребности рынка. Таким образом, производст-

венный процесс является функцией заданного экономического результата.

Сформулированные принципы реализованы применительно к организации многооперационных производственных процессов, осуществляемых в поточном производстве. Ключевые положения, на которых основана методика построения рациональных однопредметных и многопредметных производственных процессов, приводятся ниже.

1.3. Основной норматив поточного производства

Применительно к поточному производству одним из важнейших механизмов реализации принципа соответствия является установление нормальной напряженности труда рабочих-операторов. Это достигается путем разработки и применения научно обоснованных норм труда.

Напряженность труда в поточном производстве регламентируется, как известно, тактом (ритмом) поточной линии. На стадии проектирования первоочередной задачей является определение такта как основного норматива поточного производства.

В теории организации производства принято рассматривать такт запуска и такт выпуска. Соответственно в определенных производственных условиях имеют место программа запуска и программа выпуска. С точки зрения организации производственных процессов целесообразно оперировать понятиями «такт запуска» и «программа выпуска».

Такт запуска – интервал времени, через который периодически осуществляется запуск изделий определенного наименования, типоразмера и исполнения.

Применительно к поточному производству представляется необходимым различать: расчетный такт, нормативный рабочий такт и принятый рабочий такт поточной линии.

Традиционно в качестве основного календарно-планового норматива поточного производства применяется расчетный такт.

Расчетный такт определяется как отношение эффективного фонда времени работы линии за определенный плановый период к производственной программе в натуральном выражении за тот же период.

В общем виде расчетный такт принято выражать формулой

$$r = \frac{F_{\text{эф}}}{N_{\text{зап}}}, \quad (1.7)$$

где r – расчетный такт поточной линии, мин;

$F_{\text{эф}}$ – эффективный фонд времени линии за определенный период, мин;

$N_{\text{зап}}$ – программа запуска за тот же период, шт.

Расчетный такт является функцией заданной программы запуска, и его правомерно применять на стадии разработки технологических процессов с целью обеспечения выполнения условия синхронности операций, сопоставляя его с нормами штучного времени. Если удалось обеспечить синхронность операций, то правомерно применять расчетный такт для регламентации работы непрерывно-поточной линии.

Применительно к прерывно-поточным линиям расчетный такт является величиной условной, т.к. он изначально не согласуется с нормами труда. Кроме того, определение организационно-технических параметров, а также экономических показателей по расчетному такту приводит к искажению потенциала поточной линии, что будет показано ниже на примере. Поэтому расчетный такт не может быть принят в качестве норматива, определяющего регламент работы ни на стадии проектирования, ни на стадии эксплуатации поточных линий.

Принципиальным является применение в качестве основного норматива не расчетного, а нормативного рабочего такта.

Нормативный рабочий такт определяется по максимальному отношению норм штучного времени к количеству единиц оборудования на операциях поточной линии.

Нормативный рабочий такт предлагается рассчитывать по формуле:

$$r_{\text{раб}} = \left(\frac{t_i}{C_{ni}} \right) \cdot \max, \quad (1.8)$$

где $r_{\text{раб}}$ – нормативный рабочий такт поточной линии, мин;

$\left(\frac{t_i}{C_{ni}} \right)_{\max} \cdot \max$ – максимальное отношение нормы штучного времени к

принятому числу единиц оборудования из всех операций поточной линии.

Нормативный рабочий такт определяет регламент функционирования поточной линии исходя из научно обоснованных норм времени и не зависит ни от производственной программы, ни от фонда времени работы, а только от соотношения норм штучного времени и количества единиц оборудования на операциях. Поэтому такт поточной линии следует определять после формирования ее производственной структуры. При сложившейся производственной структуре и научно обоснованных нормах труда такт поточной линии является величиной постоянной. Изменение производственной ситуации (колебание объема производства) не должно приводить к корректировке такта поточной линии. Однако, как показывает опыт, в реальном производстве такт поточной линии устанавливается исходя из сложившейся производственной ситуации. На конвейерных поточных линиях он регламентируется скоростью конвейера, которая при необходимости может быть изменена в определенном интервале. На прямоточных линиях такт определяется работой на самой непроизводительной операции и может быть изменен за счет интенсификации труда, что также име-

ет место в реальном производстве. Такая практика является неприемлемой, т.к. она приводит к нарушению научно обоснованных режимов труда и отдыха.

Таким образом, не такт определяется по соотношению эффективного фонда времени работы поточной линии и производственной программы, а наоборот, это соотношение определяется по такту. Если, например, установлен нормативный рабочий такт, а производственная программа или режим работы по каким-либо причинам меняется, то они могут быть рассчитаны по формулам:

– фонд времени работы, необходимый для выполнения, например, сменного задания:

$$F_{\text{н}} = N_{\text{см}} \cdot r_{\text{раб}}(\text{мин}); \quad (1.9)$$

– количество деталей, которое может быть выполнено за смену:

$$N_{\text{см}} = F_{\text{см}} / r_{\text{раб}}(\text{шт.}) . \quad (1.10)$$

Установление нормативного рабочего такта как константы для определенных организационно-технических условий имеет важное практическое значение. Если фонд времени, необходимый для выполнения заданной программы, превышает установленную продолжительность рабочей смены, то частично задание необходимо перенести в другую смену, а не менять установленный темп работы путем уменьшения такта. Если же наоборот, необходимый фонд времени меньше продолжительности рабочей смены, то работу необходимо закончить раньше, не дожидаясь звонка. Кроме того, продолжительность рабочей смены не обязательно должна быть равной восьми часам. Это зависит от производственной ситуации, о чем свидетельствует опыт отечественных и зарубежных предприятий.

Применение нормативного рабочего такта приводит к новому алгоритму расчета основных организационно-технических параметров поточных линий. Проиллюстрируем примером два алгоритма: общепринятый (определение параметров по расчетному такту) и альтернативный (определение параметров по нормативному рабочему такту).

Пример

Исходные данные: сменная программа запуска – 200 деталей, продолжительность рабочей смены – 8 ч. Нормы штучного времени на операциях соответственно: 3,0 мин; 3,2 мин; 2,8 мин; 1,8 мин.

Определение организационно-технических параметров поточной линии по расчетному такту:

1. Определение расчетного такта: $r = F_{\text{эф}} : N_{\text{зап}} = 480 : 200 = 2,4$ мин.

2. Определение расчетного числа единиц оборудования на операциях

$$C_{\text{pi}} = t_i : r;$$

соответственно: $C_{\text{p1}} = 3,0 : 2,4 = 1,25$;

$$C_{p2} = 3,2 : 2,4 = 1,33;$$

$$C_{p3} = 2,8 : 2,4 = 1,17;$$

$$C_{p4} = 1,8 : 2,4 = 0,75.$$

3. Определение принятого числа единиц оборудования:

$$C_{п1} = 2; C_{п2} = 2; C_{п3} = 2; C_{п4} = 1.$$

4. Определение коэффициентов загрузки оборудования на операциях:

$$K_{zi} = C_{pi} : C_{пи};$$

$$K_{z1} = 1,25 : 2 = 0,63;$$

$$K_{z2} = 1,33 : 2 = 0,67;$$

$$K_{z3} = 1,17 : 2 = 0,59;$$

$$K_{z4} = 0,75 : 1 = 0,75.$$

5. Средний коэффициент загрузки линии определяется как отношение суммы расчетных чисел к сумме принятых чисел единиц оборудования:

$$K_{з.ср} = (1,25 + 1,33 + 1,17 + 0,75) : (2 + 2 + 2 + 1) = 0,64.$$

Определение параметров поточной линии по нормативному рабочему такту:

1. Определение расчетного числа единиц оборудования на операциях по формуле

$$C_{pi} = \frac{N \cdot t_i}{60 F_{эф}}, \quad (1.11)$$

где N – производственная программа запуска, шт.;

t_i – норма времени на i -й операции, мин;

$F_{эф}$ – эффективный фонд времени работы, ч.

$$C_{p1} = 200 \cdot 3,0 : (60 \cdot 8) = 1,25;$$

$$C_{p2} = 200 \cdot 3,2 : (60 \cdot 8) = 1,33;$$

$$C_{p3} = 200 \cdot 2,8 : (60 \cdot 8) = 1,17;$$

$$C_{p4} = 200 \cdot 1,8 : (60 \cdot 8) = 0,75.$$

2. Определение принятого числа единиц оборудования:

$$C_{п1} = 2; C_{п2} = 2; C_{п3} = 2; C_{п4} = 1.$$

3. Расчет отношений норм штучного времени к числу единиц оборудования на соответствующих операциях:

$$\frac{t_1}{C_{n1}}; \frac{t_2}{C_{n2}}; \dots; \frac{t_i}{C_{ni}}; \dots; \frac{t_m}{C_{nm}}. \quad (1.12)$$

$$3 : 2 = 1,5; 3,2 : 2 = 1,6; 2,8 : 2 = 1,4; 1,8 : 1 = 1,8.$$

4. Определение нормативного рабочего такта по максимальному отношению из всех операций процесса. В нашем примере $r_{\text{раб}} = 1,8$ мин.

5. Определение коэффициентов загрузки оборудования на операциях:

$$K_{zi} = t_i : C_i \cdot r_{\text{раб}} \quad K_{z1} = 3,0 : (2 \cdot 1,8) = 0,83; \quad K_{z2} = 3,2 : (2 \cdot 1,8) = 0,90;$$

$$K_{z3} = 2,8 : (2 \cdot 1,8) = 0,78; \quad K_{z4} = 1,8 : (1 \cdot 1,8) = 1,00.$$

6. Определение среднего коэффициента загрузки линии:

$$K_{z,\text{ср}} = (3,0 + 3,2 + 2,8 + 1,8) : [1,8 \cdot (2 + 2 + 2 + 1)] = 0,86.$$

При определении параметров по расчетному такту средний коэффициент загрузки линии оказался равным 0,64, а по нормативному рабочему такту – 0,86. Такая разница объясняется тем, что при расчетном такте предполагается изготовление 200 деталей с использованием полной рабочей смены. При эффективном же использовании потенциала линии корректируется либо фонд времени работы, либо производственная программа:

– фонд времени работы, необходимый для выполнения сменного задания (изготовление 200 деталей)

$$F_{\text{н}} = N_{\text{см}} \cdot r_{\text{раб}} = 200 \cdot 1,8 = 360 \text{ мин};$$

– сменное задание, которое может быть выполнено за смену в 8 ч:

$$N_{\text{см}} = F_{\text{см}} / r_{\text{раб}} = 480 : 1,8 = 266 \text{ деталей}.$$

Пример убедительно показывает правомерность применения нормативного рабочего такта для расчета организационно-технических параметров и регламентации работы прямоточной линии.

Принятый рабочий такт – это такт, с которым фактически работает поточная линия в определенной производственной ситуации.

1.4. Альтернативные варианты организации производственных процессов

На базе одного и того же технологического процесса (или процессов) можно организовать (спроектировать) различные производственные процессы. Так, например, изменяя производственную программу и (или) фонд времени работы производственного подразделения, теоретически можно получить неограниченное число вариантов построения производственного процесса с различными организационно-техническими параметрами (число единиц оборудования, степень его загрузки и др.). Однако не все из возможных вариантов следует принимать к рассмотрению. Возникает задача нахождения альтернативных вариантов построения производственных процессов, которые затем подлежат анализу с целью выбора из них оптимального по принятому критерию с учетом ограничивающих условий [9].

Коэффициент загрузки технологического оборудования свидетельствует об эффективности его использования. Зависимость коэффициента загрузки в однооперационном процессе от производственной программы и количества единиц оборудования показана на рис. 1.1.

Лучами, исходящими из точки O , показаны границы применения числа единиц оборудования на операции. Количество единиц оборудования в диапазоне значений производственной программы обозначено соответствующими цифрами в кружках. На отрезках O_1M_1 ; O_2M_2 и т. д. лежат расчетные значения коэффициентов загрузки операций при соответствующих значениях производственной программы и фиксированном фонде времени работы. При граничных значениях программы $N_{гр1}$; $N_{гр2}$ и т. д. операция загружена на 100%, если установлено n единиц оборудования. Если же при этих значениях программы на операции установлено $n + 1$ единиц оборудования, то минимально допустимый коэффициент загрузки при этом определяется по формуле

$$K_{3 \min} = \frac{n}{n+1}. \quad (1.13)$$

При увеличении производственной программы коэффициент загрузки увеличивается и достигает максимального значения, равного единице. Таким образом, для любого числа единиц оборудования, установленных на операции, можно определить диапазон нормальных значений коэффициента загрузки (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Диапазон нормальных значений коэффициента загрузки операции

Количество единиц оборудования на операции	1	2	3	4	5	6
Коэффициент загрузки	$0 \leq 1$	$0,5 \leq 1$	$0,67 \leq 1$	$0,75 \leq 1$	$0,8 \leq 1$	$0,83 \leq 1$

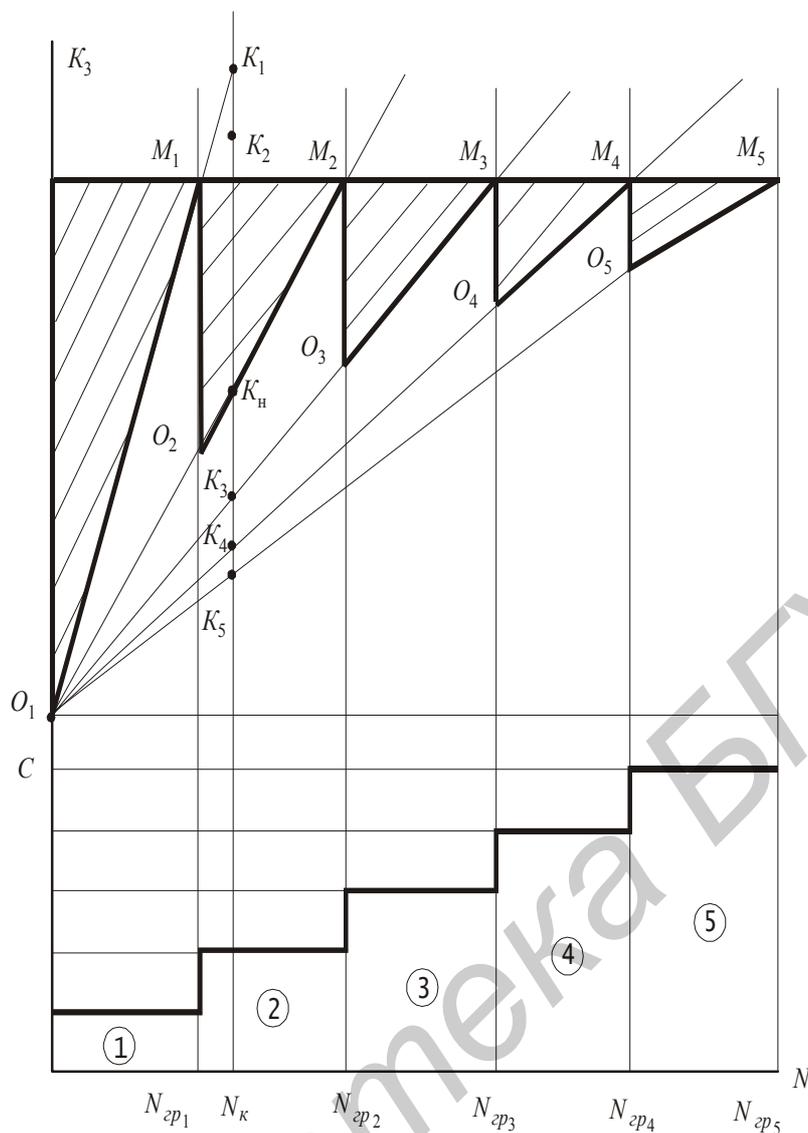


Рис 1.1. Зависимость коэффициента загрузки операции от производственной программы и количества оборудования

Если коэффициент загрузки находится в диапазоне нормальных значений, то это свидетельствует о том, что на операции установлено минимально необходимое количество единиц оборудования.

При любых значениях производственной программы, например N_K , нормальное значение коэффициента загрузки определяется в точке, находящейся на характерном отрезке. В нашем примере это точка K_H и соответствующий ей коэффициент загрузки.

Другие точки, соответствующие программе N_K , характеризуют следующее: K_1 и K_2 – определяют «узкие места» при применении как одной, так и двух единиц оборудования. Точкам K_3, K_4 и K_5 соответствуют коэффициенты ниже минимально допустимого предела, что говорит о наличии на операции излишнего оборудования.

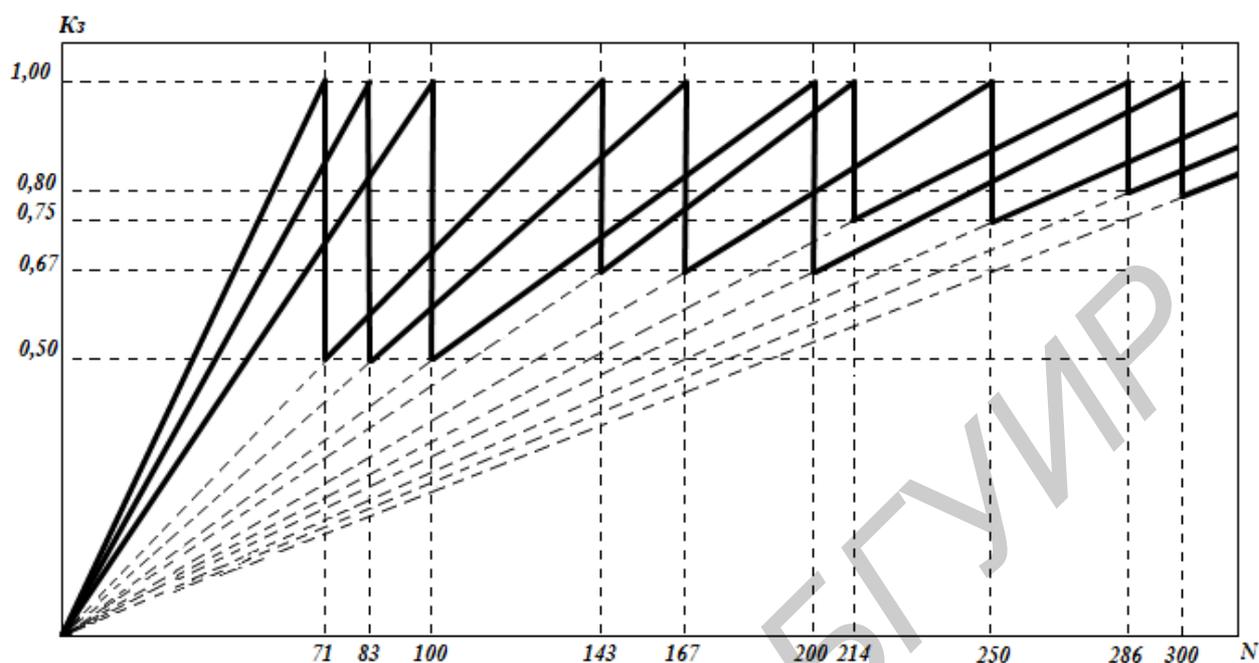


Рис.1.2. Зависимость коэффициентов загрузки операций от производственной программы в многооперационном процессе

В многооперационном процессе граничные значения программы имеются для каждой операции, и при этих значениях одна или, в частном случае, несколько операций загружены на 100%. На рис. 1.2 показан пример зависимости коэффициентов загрузки операций от производственной программы при определенных значениях норм времени на трех операциях и фиксированном времени работы поточной линии.

В многооперационном процессе при определенном значении производственной программы и фонде времени имеется вариант, в котором на всех операциях установлено число единиц оборудования, минимально необходимое и достаточное для выполнения заданной производственной программы. Такая структура производственного подразделения называется нормальной. Загрузка оборудования при этом находится в диапазоне нормальных значений коэффициента загрузки операций.

Альтернативным вариантом организации многооперационного производственного процесса называется вариант, в котором одна или несколько операций загружена на 100% при нормальной структуре производственного подразделения.

При проектировании производственных процессов предметной специализации первоочередной задачей является нахождение альтернативных вариантов состава технологического оборудования с целью последующего выбора из них наилучшего по заданному критерию с учетом ограничивающих условий.

1.5. Пошаговый метод поиска альтернативных вариантов

Удобным механизмом реализации принципа альтернативности в организации производственных процессов является разработанный автором пошаговый метод поиска альтернативных вариантов организации многооперационных процессов, осуществляемых в производственных подразделениях предметной специализации (одно- и многопредметных, непрерывно-поточных и проточных линиях, предметно-замкнутых участках) [9].

Алгоритм поиска альтернативных вариантов включает:

1. Определение первого (исходного) варианта. В исходном варианте на каждой операции принимается по одной единице оборудования. Рабочий такт равен максимальному значению нормы штучного времени из всех операций процесса.

2. Определение второго варианта. Во втором варианте количество оборудования увеличивается на единицу на той операции (или операциях), на которой норма штучного времени равна такту в первом варианте. Рабочий такт во втором варианте и во всех последующих определяется по максимальному отношению нормы штучного времени к количеству единиц оборудования на соответствующих операциях.

3. Третий вариант определяется аналогично на базе второго, а каждый последующий – на базе предыдущего.

Таким образом, «шагая» от предыдущего к последующему, можно определить ряд альтернативных вариантов. Количество шагов зависит от поставленной цели и ограничивающих условий.

Пошаговый метод проиллюстрирован на примере поиска альтернативных вариантов производственной структуры однопредметной проточной линии (табл.1.2).

Таблица 1.2

Альтернативные варианты производственной структуры поточной линии (пример)

№ варианта	№ операции	t_i , мин	C_{npi}	$\frac{t_i}{C_{npij}}$	$\tau_{раб_j}$, мин
1	2	3	4	5	6
1	1	4,0	1	4,0	7,2
	2	3,2	1	3,2	
	3	7,2	1	7,2	
	4	2,5	1	2,5	
2	1	4,0	1	4,0	4,0
	2	3,2	1	3,2	
	3	7,2	2	3,6	
	4	2,5	1	2,5	

1	2	3	4	5	6
3	1	4,0	2	2,0	3,6
	2	3,2	1	3,2	
	3	7,2	2	3,6	
	4	2,5	1	2,5	
4	1	4,0	2	2,0	3,2
	2	3,2	1	3,2	
	3	7,2	3	2,4	
	4	2,5	1	2,5	

Условные обозначения: t_i – норма штучного времени на i -й операции, мин; $C_{приj}$ – принятое число единиц оборудования на i -й операции в j -м варианте; $\tau_{рабj}$ – рабочий такт в j -м варианте.

В рассматриваемом примере мы ограничились четырьмя вариантами. В каждом варианте принято определенное количество единиц оборудования на операциях. Другого количества единиц оборудования не должно быть, как не должно быть и других значений рабочего такта. В противном случае в структуре поточной линии появятся либо перегруженные операции («узкие места»), либо излишнее оборудование.

1.6. Совмещение профессий

Сущность совмещения профессий состоит в том, что рабочий, постоянно выполняя в течение дня работы, предусмотренные тарифно-квалификационным справочником по основной профессии, дополнительно за счет более рационального использования времени выполняет работы, отнесенные к другой, смежной профессии [1].

Основными условиями, при которых возможно и экономически оправданно совмещение профессий, являются: наличие у рабочих неиспользованного рабочего времени, обусловленного технологией производства или применяемым оборудованием; общность содержания труда работников, которые должны совмещать профессии, их технологическая и функциональная взаимосвязь; одновременность выполнения совмещаемых функций; отсутствие отрицательного влияния совмещения работ на точность, качество и производительность труда; достаточный культурно-технический уровень рабочего.

В таблице приведены разновидности совмещения профессий в зависимости организационных факторов.

Разновидности совмещения профессий

Признаки совмещения профессий	Разновидности совмещения
Категории совмещаемых рабочих	Основные рабочие
	Вспомогательные рабочие
	Основные и вспомогательные рабочие
Состав совмещаемых профессий (специальностей)	Одна профессия (простое совмещение) Ряд профессий (комбинированное совмещение)
Степень совмещения	Полное (с выполнением всего объема работ) Частичное (с выполнением части функций)
Порядок совмещения	Параллельное Последовательное
Стабильность совмещения	Временное Постоянное
Сложность совмещаемых работ по сравнению с работами по основной профессии	Низшего разряда Аналогичного разряда Высшего разряда

Для определения возможности совмещения профессий данным рабочим часто пользуются коэффициентом, который рассчитывается по следующей формуле:

$$K_{\text{совм}} = \frac{T_{\text{св}}}{T_{\text{см}}}, \quad (1.14)$$

где $K_{\text{совм}}$ – коэффициент возможного совмещения;

$T_{\text{св}}$ – свободное от основной профессии время, мин;

$T_{\text{см}}$ – сменный фонд рабочего времени, мин.

Чем выше этот коэффициент, тем больше возможность возложения на работника дополнительных функций.

Эффективность совмещения профессий оценивается через показатели, характеризующие снижение трудоемкости затрат на выполнение работ, связанных с обслуживанием оборудования и ведением технологического процесса.

Экономическая эффективность обеспечивается за счет высвобождения численности рабочих.

1.7. Организация многостаночного обслуживания

Сущность многостаночного обслуживания заключается в том, что один рабочий (бригада) последовательно выполняет операции по обслуживанию нескольких единиц производственного оборудования, причем ручные операции на каждом станке выполняются во время автоматической работы других станков [1].

С технической стороны многостаночное обслуживание возможно при частичной или полной автоматизации управления работой станков.

Организация рабочих мест многостаночников может быть индивидуальной и бригадной. Если обслуживаемая группа станков входит в поточную линию, тогда их обслуживание должно быть увязано с тактом работы поточной линии.

По технологической однородности станков, объединенных для многостаночного обслуживания, различают: станки-дублиеры, т.е. однотипное оборудование, выполняющее одинаковые операции; однотипное оборудование, на котором выполняются различные операции; технологически разное оборудование.

По соотношению длительности операций, включаемых в многостаночное обслуживание, различают варианты: когда все операции обладают равной длительностью; когда длительность их неравная, но кратная; когда на разных станках операции не равны и не кратны.

С организационной стороны условием многостаночного обслуживания является следующее: машинно-автоматическое свободное время операции равно суммарному ручному времени операций на всех других станках.

Норма многостаночного обслуживания, т.е. количество станков, параллельно обслуживаемых одним рабочим, рассчитывается по формуле

$$n_{\text{м.о}} = \frac{t_{\text{м-а}} \cdot k_{\text{д}}}{t_{\text{р}}} + 1, \quad (1.15)$$

где $t_{\text{м-а}}$ – машинно-автоматическое свободное время, мин;

$t_{\text{р}}$ – суммарное (ручное) время занятости рабочего обслуживанием станка, мин;

$k_{\text{д}}$ – коэффициент, учитывающий колебания затрат времени при выполнении ручных приемов и микропаузы в работе (0,85-0,90).

При расчетах нормы многостаночного обслуживания, как правило, получаются нецелые числа. Округление нормы обслуживания обычно производится в меньшую сторону, что приводит к полной загрузке станков в цикле и просто-

ям рабочего. Округление в большую сторону приводят к простоям станков. Выбор варианта должен быть обоснован организационно либо экономически.

При проектировании производственных процессов, осуществляемых на поточных линиях, как правило, применяют многостаночное обслуживание станков-дублеров. При этом необходимо различать количество станков, принятых на операции в соответствии с ее трудоемкостью и нормой многостаночного обслуживания, т.е. количеством станков, которое может обслужить рабочий в цикле многостаночного обслуживания. При этом могут иметь место следующие варианты.

1. Норма многостаночного обслуживания равна количеству станков на операции. Идеальный вариант.

2. Норма многостаночного обслуживания превышает количество станков на операции. В этом случае необходимо определить время простоя рабочего в цикле и суммарное время простоя за смену, что позволит судить о степени напряженности труда.

3. Количество станков на операции превышает норму многостаночного обслуживания. В этом случае необходимо рассмотреть варианты закрепления станков за рабочими. Например, при норме многостаночного обслуживания 2 станка и при принятом количестве станков на операции 3 можно принять двух рабочих. Однако можно принять и одного рабочего, если коэффициент загрузки станков позволяет компенсировать суммарное время простоя станков из-за превышения нормы обслуживания. Это обстоятельство необходимо учитывать при разработке стандарт-плана прямоточной линии.

Для построения графика многостаночного обслуживания необходимо определить структуру оперативного времени по каждой операции, включающего машинно-автоматическое свободное время и время выполнения ручных операций.

Вначале строят сетку графика, для чего чертят число горизонтальных строчек, равное предполагаемому числу совмещаемого оборудования, оставляя промежутки между строчками, соответствующие ожиданию (подходу) рабочего или выполнению рабочим работы, не связанной с определенным станком. На сетку графика наносят продолжительность каждого элемента процесса труда в строгой последовательности их выполнения.

Определяют длительность цикла многостаночного обслуживания, под которым понимается время от начала обслуживания рабочим первого по маршруту обхода станка до момента возврата и начала нового обслуживания им этого станка.

Для оценки эффективности многостаночного обслуживания при работе на станках-дублерах рассчитывают коэффициенты занятости рабочего и загрузки оборудования.

Коэффициент занятости рабочего-многостаночника определяется как отношение суммарного ручного времени в цикле к длительности цикла.

Коэффициент загрузки оборудования определяется как отношение нормы штучного времени к длительности цикла.

В некоторых заданиях может быть предусмотрено построение графиков многостаночного обслуживания. Варианты графиков многостаночного обслуживания показаны на рис. 1.3 [1].

1.8. Методика расчета технологической себестоимости детали операции

Технологическая себестоимость – часть себестоимости изделия, определяемая суммой затрат на осуществление технологических процессов изготовления изделия.

Технологическая себестоимость используется для экономического обоснования выбора варианта технологического процесса, а также для экономического обоснования выбора варианта организации производственного процесса, спроектированного на базе технологического процесса.

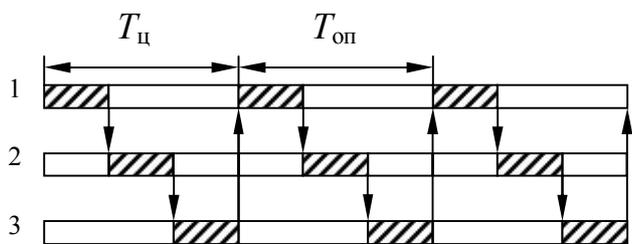
В основе расчета технологической себестоимости многооперационной детали лежит расчет технологической себестоимости детали операции.

При расчете технологической себестоимости детали операции может быть применен поэлементный либо нормативный метод.

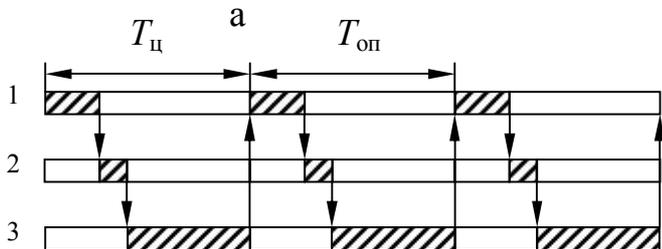
Здесь приводится методика расчета технологической себестоимости детали операции поэлементным методом применительно к металлорежущему оборудованию многопредметной поточной линии. Однако может возникнуть необходимость расчета технологической себестоимости применительно к производственным процессам, осуществляемым в других цехах: сборочном, литейном, кузнечном, деревообрабатывающем и т.д. В таком случае предложенная методика может быть использована с учетом специфики конкретного производства, при этом необходимо проанализировать каждую формулу для расчета затрат по элементам и внести соответствующие коррективы.

В общем виде технологическая себестоимость i -й операции при изготовлении деталей j -го наименования может быть выражена следующей формулой:

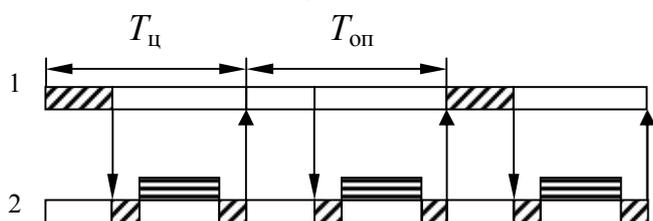
$$S_{m.oij} = Z_{oij} + Z_{вспij} + A_{oi.j} + A_{m.oij} + Z_{p.oij} + Z_{и.pij} + Z_{э.mij} + Z_{nij}. \quad (1.16)$$



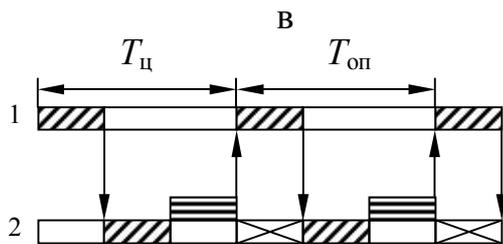
Номер станка	$T_{оп}$	$T_{м-а.с}$	$T_з$	$T_{ц}$
1	6	4	2	6
2	6	4	2	6
3	6	4	2	6



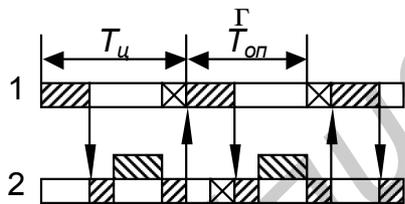
Номер станка	$T_{оп}$	$T_{м-а.с}$	$T_з$	$T_{ц}$
1	7	5	2	7
2	7	6	1	7
3	7	3	4	7



Номер станка	$T_{оп}$	$T_{м-а.с}$	$T_з$	$T_{ц}$	$T_{пр}$
1	6	4	2	6	—
2	3	2	1	6	2



Номер станка	$T_{оп}$	$T_{м-а.с}$	$T_з$	$T_{ц}$	$T_{пр}$	$T_{пр.с}$
1	8	6	2	8	—	—
2	6	3	3	8	3	2



Номер станка	$T_{оп}$	$T_{м-а.с}$	$T_з$	$T_{ц}$	$T_{пр.р}$	$T_{пр.с}$
1	7	4	3	9	—	2
2	4	2	2	9	2	1

Рис. 1.3. Варианты графиков многостаночного обслуживания:

$T_з$ – время занятости рабочего;

$T_{м-а.с}$ – время машинно-автоматической работы станка;

$T_{пр}$ – свободное время (простой) рабочего;

$T_{пр.с}$ – простой станка;

$T_{ц}$ – цикл многостаночного обслуживания;

$T_{оп}$ – оперативное время.

Заработная плата основных рабочих (с отчислениями) $Z_{oij}(p.)$

$$Z_{oij} = \frac{l_{ij} \cdot t_{ij}}{60} K_{пр} \cdot K_{доп} \cdot K_{с.с} \cdot \beta_i \quad (1.17)$$

где l_{ij} – часовая тарифная ставка основного рабочего, р.;

t_{ij} – норма штучного времени, мин;

$K_{пр}$ – коэффициент, учитывающий приработок основных рабочих;

$K_{доп}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату основных рабочих;

$K_{с.с}$ – коэффициент, учитывающий отчисления в фонд социального страхования;

β_i – коэффициент, учитывающий бригадную работу, либо норму много-станочного обслуживания.

Часовую тарифную ставку рабочего i -го разряда можно определить исходя из месячной тарифной ставки рабочего 1-го разряда, тарифного коэффициента j -го разряда и среднемесячного количества рабочих часов

$$I_j = \frac{I_{M1} \cdot K_{mj}}{F_{ср.мес}}, \quad (1.18)$$

где I_{M1} – месячная тарифная ставка рабочего 1-го разряда,

K_{mi} – тарифный коэффициент рабочего i -го разряда;

$F_{ср.мес}$ – среднемесячное количество рабочих часов при полной рабочей неделе.

Если операцию выполняют несколько рабочих, то следует рассчитать среднюю часовую заработную плату основных рабочих по тарифу l_{ic} :

$$l_{iccp} = \frac{\sum_{i=1}^K l_{ij} \cdot R_{ij}}{\sum_{j=1}^K R_{ij}}, \quad (1.19)$$

где l_{ij} – часовая тарифная ставка рабочих j -го разряда, занятых на выполнении i -й операции;

R_{ij} – число рабочих j -го разряда, занятых на i -й операции;

K – число разрядов рабочих на операции.

Примечание. Часовую тарифную ставку основных производственных рабочих следует принимать по действующей на предприятии тарифной ставке.

Коэффициент, учитывающий приработок рабочих ($K_{пр}$), введен в формулу (1.17) потому, что действительный часовой заработок основных рабочих выше часового заработка по тарифу на величину премий (в соответствии с применяемы-

ми системами оплаты труда), а также доплат за работу по технически обоснованным нормам, за обучение учеников, руководство бригадами, работу в ночные часы и других доплат к часовому фонду. Величина $K_{\text{пр}}$ принимается по данным предприятия.

Коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату ($K_{\text{доп}}$), учитывает выплаты, предусмотренные законодательством о труде или коллективными договорами за непроработанное время (оплата очередных и дополнительных отпусков, льготных часов подростков, перерывов в работе кормящих матерей). Величина этого коэффициента зависит от продолжительности отпуска и принимается по данным предприятия.

Коэффициент, учитывающий отчисления в фонд социального страхования ($K_{\text{с.с}}$), учитывает отчисления от суммы основной и дополнительной заработной платы. Его величина устанавливается как единый норматив в республике.

Коэффициент, учитывающий бригадную работу либо норму многостаночного обслуживания (β_i). При бригадном обслуживании он равен количеству рабочих в бригаде, а при обслуживании одним рабочим нескольких единиц оборудования – отношению времени занятости рабочего на оборудовании, при помощи которого выполняется данная операция, ко времени занятости его в течение полного цикла обслуживания группы оборудования. Например, если операция выполняется бригадой из 3-х человек, то $\beta_i = 3$, а если один рабочий выполняет операцию и при этом обслуживает 2 станка-дублера, то $\beta_i = 0,5$. При выполнении операции бригадой из 3-х человек, обслуживающих 2 станка-дублера, $\beta_i = 1,5$.

Заработная плата вспомогательных рабочих (с отчислениями) $Z_{\text{всп.ij}}$ (р.)

$$Z_{\text{всп.ij}} = \frac{Z'_{\text{ср.бр}} \cdot R_{\text{бр}} \cdot t_{ij} C_{\text{пр}}}{H'_o \sum_{j=1}^l N_{ij} \cdot t_{ij}} K_{\text{пр}} \cdot K_{\text{доп}} \cdot K_{\text{с.с}}, \quad (1.20)$$

где $Z'_{\text{ср.бр}}$ – среднегодовая тарифная ставка вспомогательного рабочего в бригаде, р.;

$R_{\text{бр}}$ – количество вспомогательных рабочих в бригаде;

$C_{\text{пр}i}$ – принятое число единиц оборудования на i -й операции;

H'_o – число единиц оборудования, закрепленных за бригадой вспомогательных рабочих;

N_{ij} – годовая производственная программа деталей j -го наименования на i -й операции;

l – число типоразмеров обрабатываемых деталей.

Амортизационные отчисления от стоимости оборудования A_{oij} (р.)

$$A_{oij} = \frac{\Pi_{обi} \cdot H_{ai} \cdot t_{ij} \cdot C_{при}}{100 \sum_{j=1}^l N_{ij} \cdot t_{ij}}, \quad (1.21)$$

где $\Pi_{обi}$ – балансовая стоимость единицы оборудования, р.;

H_{ai} – норма амортизационных отчислений от стоимости оборудования.

Амортизационные отчисления от стоимости технологического оснащения $A_{m.oij}$ (р.)

$$A_{m.oij} = \frac{\Pi_{m.oij} \cdot C_{при}}{T_{сл.m.oij} \cdot N_{ij}}, \quad (1.22)$$

где $\Pi_{m.oij}$ – стоимость технологического оснащения;

$T_{сл.m.oij}$ – срок службы технологической оснастки.

Затраты на ремонт оборудования $Z_{p.oij}$ (р.)

$$Z_{p.oij} = \frac{(H_{mi} \cdot R_{mi} + H_{эi} \cdot R_{эi}) \cdot t_{ij} \cdot C_{при} \cdot K_{ти}}{\sum_{j=1}^l N_{ij} \cdot t_{ij}}, \quad (1.23)$$

где H_{mi} – норматив годовых затрат на ремонт механической части оборудования, руб./ед.р.с.;

$H_{эi}$ – норматив годовых затрат на ремонт электрической части оборудования, руб./ед.р.с.;

R_{mi} – категория сложности ремонта механической части оборудования;

$R_{эi}$ – категория сложности ремонта электрической части оборудования;

$K_{ти}$ – коэффициент, зависящий от класса точности обслуживаемого оборудования.

Затраты по рабочим инструментам $Z_{и.pij}$ (р.)

$$Z_{и.pij} = \frac{K_{п} \cdot \Pi_{и.pij}}{T_{сл.и.pij}} t_{ij} \cdot \eta_{mij}, \quad (1.24)$$

где $K_{п}$ – коэффициент, учитывающий затраты на переточку инструмента;

$\Pi_{и.pij}$ – цена единицы режущего инструмента, р.;

$T_{\text{сл.и.rij}}$ – срок службы режущего инструмента до полного износа, мин;
 η_{mij} – коэффициент машинного времени.

Затраты на технологическую энергию $Z_{\text{э.mij}}$ (р.)

$$Z_{\text{эij}} = \frac{N_{\text{эi}} \cdot \text{Ц}_{\text{э}} \cdot C_{\text{при}}}{60} t_{\text{ij}} \cdot \eta_{\text{з.вi}} \cdot \eta_{\text{з.мi}}, \quad (1.25)$$

где $N_{\text{эi}}$ – установленная мощность электродвигателей, кВт;
 $\text{Ц}_{\text{э}}$ – цена 1 кВт.ч электроэнергии, р.;
 $\eta_{\text{з.вi}}$ – коэффициент загрузки станков во времени;
 $\eta_{\text{з.мi}}$ – коэффициент загрузки по мощности.

Затраты на содержание и амортизацию производственной площади $Z_{\text{п.nij}}$ (р.)

$$Z_{\text{п.nij}} = \frac{H_{\text{пi}} \cdot S_{\text{ci}} \cdot K_{\text{пл.di}} \cdot t_{\text{ij}} \cdot C_{\text{при}}}{\sum_{j=1}^l N_{\text{ij}} \cdot t_{\text{ij}}}, \quad (1.26)$$

где $H_{\text{пi}}$ – издержки, приходящиеся на 1 м² производственной площади в год, р.;
 S_{ci} – габаритная площадь станка, м²;
 $K_{\text{пл.di}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную площадь к габаритной площади станка.

Расчеты необходимо свести в специальную таблицу.

Таблица 1.4

Технологическая себестоимость детали операции

№ пп	Наименование статей затрат	Варианты	
		А	В
1	2	3	4
1	Заработная плата основных рабочих (с отчислениями), р.		
2	Заработная плата вспомогательных рабочих (с отчислениями), р.		
3	Амортизационные отчисления от стоимости оборудования, р.		
4	Амортизационные отчисления от стоимости технологического оснащения, р.		
5	Затраты на ремонт оборудования		

1	2	3	4
6	Затраты по рабочим инструментам, р.		
7	Затраты на технологическую энергию, р.		
8	Затраты на содержание и амортизацию производственной площади, р.		
9	Технологическая себестоимость детали операции		

Методика расчета технологической себестоимости детали операции может быть применена в ряде случаев:

- при экономическом обосновании выбора технологического оборудования на отдельной операции;
- при расчете технологической себестоимости детали;
- при сопоставлении альтернативных вариантов организации производственного процесса и экономическом обосновании выбранного варианта.

1.9. Сопоставительный экономический анализ альтернативных вариантов

Расчет технологической себестоимости детали позволяет принять окончательное решение о выборе варианта организации производственного процесса.

При сопоставительном анализе необходимо рассмотреть структуру себестоимости каждой детали операции в вариантах, определить, как и почему изменяются затраты по статьям калькуляции и составить итоговую таблицу технологической себестоимости детали по вариантам с указанием доли затрат по каждой статье затрат.

Таблицы технологической себестоимости детали-операций следует вынести в приложения, а сводную таблицу себестоимости детали в вариантах разместить по тексту, в котором проводится анализ.

1.10. Фонды времени работы оборудования

Фонды времени работы оборудования – потенциальная или фактическая продолжительность работы оборудования в плановом периоде.

Различают фонд времени работы оборудования календарный, режимный (номинальный), эффективный (нормативный, плановый), фактический [7].

Календарный фонд времени работы оборудования определяется астрономическим числом часов в рассматриваемом периоде. Режимный фонд времени работы оборудования определяется путем вычета из календарного фонда нерабочего времени с учетом сменности работы оборудования и установленных перерывов в работе в течение суток. Эффективный фонд времени работы оборудования рассчитывается на основе режимного за вычетом плановых простоев оборудования в ремонте, а также затрат времени на его наладку и переналадку.

Фактический фонд времени работы оборудования может быть меньше эффективного на величину сверхплановых простоев и больше его на величину сверхурочных часов.

Расчет фондов времени осуществляется в соответствии с нормами технологического проектирования.

Календарный годовой фонд времени (полное количество часов за год) составляет

$$24 \text{ ч} \cdot 365 = 8760 \text{ ч.}$$

Номинальный годовой фонд времени работы – это количество часов в году в соответствии с режимом работы. Для металлорежущих станков массой до 10 т при двухсменной работе номинальный годовой фонд времени работы составляет 4010 ч, а эффективный фонд времени составляет 3090 ч.

На предприятиях фонды времени регламентируются Производственным календарем (Приложение 5).

При проектировании непрерывно-поточных линий необходимо учитывать внутрисменные регламентированные перерывы [6]. При легком по тяжести и напряженности трудовом процессе для конвейерных поточных линий механической обработки эти перерывы составляют на отдых 1–2 перерыва по 5 – 10 мин. и на физкультпаузу 5 – 10 мин от 1 до 4 раз в смену.

При осуществлении расчетов необходимо приводить в сопоставимый вид эффективный фонд времени работы и производственную программу запуска. При расчете технологической себестоимости детали исходят из годового эффективного времени работы и годовой производственной программы. При составлении стандарт-плана прямоточной линии целесообразно исходить из продолжительности рабочей смены и сменной программы запуска. А для непрерывно-поточных линий необходимо учитывать внутрисменные регламентированные перерывы. Поэтому если задана годовая производственная программа, то при расчете сменной программы необходимо учесть количество рабочих дней в году и количество рабочих смен в сутки.

При 8-часовой рабочей смене эффективный фонд рабочего времени для прямоточной линии составит 8 часов, а для непрерывно-поточной – 8 ч за вычетом продолжительности регламентированных перерывов.

1.11. Формирование исходных данных для технического задания на проектирование поточной линии

На основании проекта организации производственного процесса осуществляется проектирование поточной линии. При составлении технического задания на проектирование поточной линии из проекта организации производственного процесса в качестве исходных используются следующие данные:

- нормативный рабочий такт поточной линии (используется при расчете шага и скорости конвейера);
- состав технологического оборудования на операциях производственно-

го процесса (эта информация используется при разработке технологической планировки линии и планировки рабочих мест);

– вид движения предметов труда по операциям производственного процесса (позволяет проектировщикам выбрать вид межоперационного транспорта);

– максимальные межоперационные заделы, если принят параллельно-последовательный вид движения. Позволяет определить емкость межоперационных средств передачи и накопления деталей (скатов, склизов, рольгангов и др.).

2. Методика выполнения разделов курсового проекта

2.1. Введение

Во введении необходимо обосновать актуальность темы проекта, сформулировать цель исследования и обозначить задачи, решаемые в проекте для достижения поставленной цели.

Актуальность темы определяется эффективностью применения поточного метода производства на отечественных предприятиях и в мировой практике.

Цель исследования вытекает из темы проекта, а задачи обозначены в задании. В процессе работы над проектом эти задачи конкретизируются и углубляются, что и должно быть освещено во введении.

Необходимо также охарактеризовать методы решения поставленных задач и дать краткую характеристику полученных результатов.

Во введении не должно быть общеизвестных теоретических положений, отдельных фраз, не несущих информацию по существу выполненного проекта.

2.2. Формирование исходных данных

Формирование исходных данных является ответственным и трудоемким этапом разработки проекта, т.к. необоснованные исходные данные приводят к искаженным результатам.

Здесь приводятся таблицы основных исходных данных, заполнение которых необходимо при выполнении любой темы проекта. Кроме этих в каждом разделе приводятся дополнительные исходные данные с учетом особенностей задания. Некоторые исходные данные приводятся руководителем в задании, другие составляются студентами на основании справочной литературы и данных базы практики. Форму таблиц можно принять любую, обеспечив при этом полноту информации.

Технологический процесс является основой для проектирования производственного процесса. Исходные данные по усмотрению руководителя могут быть приложены к заданию либо получены студентом из источника, указанного руководителем [2,4].

Пример оформления исходных данных по однопредметному процессу показан в табл. 2.1 и 2.2.

Таблица 2.1

Технологический процесс изготовления детали (пример)

Наименование операции	Разряд работ	Наименование оборудования и инструмента
1. Фрезерная	3	Универсальный фрезерный станок 6Р82Ш (2470×1250); фреза 0,50; штангенциркуль ШЦ-1-0-125 ГОСТ 168-63
2. Шлифовальная	4	Плоскошлифовальный станок 3Б71м1 (2600×1550); круг шлифовальный ГОСТ 2424-67; микрометр МКО-25 ГОСТ 6507-60
3. Слесарная	3	Верстак; напильник № 3
4. Токарная	4	Токарно-винторезный станок 1А616П (2135×1225); резец 2103-0017; сверло 2300-0219-р18
5. Фрезерная	4	Универсально-фрезерный станок 6Р82Ш (2470×1950); фреза 0,5; штангенциркуль
6. Слесарная	3	Верстак; напильник №3
7. Сверлильная	3	Настольно-сверлильный станок НС12А (710×360); сверло 2300-0219-р18
8. Токарная	4	Токарно-винторезный станок 1А616П (2135×1225); развёртка 2663-0060А-р18; зенковка 2352-0011

Таблица 2.2

Нормы времени на технологический процесс изготовления детали

№ операции	1	2	3	4	5	6	7	8
Норм. врем.	6,4	8,2	9,2	4,0	7,6	5,0	6,8	7,0

Пример оформления исходных данных для многопредметных производственных процессов приводится в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Технологические процессы изготовления деталей

Наименование операции	Разряд работы	Модель оборудования	Норма времени ($t_{шт}$), мин			Норма времени на переналадку (t_n), мин
			Номенклатура деталей			
			Н111-380	О111-381	П111-382	
Токарная 1-я	4	1А616П	4,30	4,25	6,90	20
Токарная 2-я	4	16К20	3,00	3,15	5,20	20
Фрезерная	4	6306	3,25	4,00	5,85	20
Сверлильная	4	2А125	2,30	2,00	4,00	20
Шлифовальная	4	3М151Е	3,50	3,70	5,90	20
Годовая производственная программа, шт.	–	–	20000	20000	20000	–

Исходные данные для расчета технологической себестоимости детали-операции приводятся в табл. 2.4 и 2.5.

Таблица 2.4

Исходные данные по техпроцессу

№ п/п	Наименование	Усл. обозн.	Варианты		Источники информации
			А	В	
1	2	3	4	5	6
1	Годовая производственная программа деталей j -го наименования на i -й операции, шт.	N_{ij}			Уточняется в процессе выполнения проекта
2	Норма штучного времени на выполнение i -ой операции при изготовлении детали j -го наименования, мин	t_{ij}			Техпроцесс
3	Часовая тарифная ставка основного рабочего, р.	l_{ij}			Техпроцесс, тарифные ставки
4	Коэффициент, учитывающий бригадную работу либо норму многостаночного обслуживания	β_i			Заводские данные, справочники

Окончание табл. 2.4

1	2	3	4	5	6
5	Среднегодовая тарифная ставка вспомогательного рабочего в бригаде	$Z'_{\text{ср.бр}}$			Техпроцесс, тарифные ставки
6	Количество вспомогательных рабочих в бригаде	$R'_{\text{бр}}$			По заводским данным, по расчету
7	Балансовая стоимость оборудования, р.	$\Pi_{\text{оби}}$			Данные завода, прейскурант цен
8	Стоимость технологического оснащения	$\Pi_{\text{моij}}$			Заводские данные, справочники
9	Срок службы режущего инструмента до полного износа, мин	$T_{\text{сл.иij}}$			Техпроцесс, по расчету
10	Установленная мощность электродвигателей, кВт	$N_{\text{эi}}$			Паспорт станка, справочники
11	Принятое число единиц оборудования	$C_{\text{при}}$			По расчету

Таблица 2.5

Нормативные данные и коэффициенты

№ п/п	Наименование	Условн. обозн.	Варианты		Источники информации
			А	В	
1	2	3	4	5	6
1	Коэффициент, учитывающий приработок основных рабочих	$K_{\text{пр}}$			Заводские данные
2	Коэффициент, учитывающий дополн. заработную плату основных рабочих	$K_{\text{доп}}$			Заводские данные
3	Коэффициент, учитывающий отчисления в фонд социального страхования	$K_{\text{с.с}}$			По действующим нормам
4	Коэффициент, учитывающий приработок вспомогательных рабочих	$K_{\text{п р}}^1$			Заводские данные
5	Коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату вспомогательных рабочих	$K_{\text{до п}}^1$			Заводские данные

1	2	3	4	5	6
6	Число единиц оборудования, закрепленных за бригадой вспомогательных рабочих	N_{oi}^l			Заводские данные
7	Норма амортизационных отчислений	N_{ai}			Справочник
8	Срок службы технологической оснастки, год	$T_{сл.м.оij}$			Заводские данные
9	Норматив годовых затрат на ремонт механической части оборудования, р./ед.р.с	N_{Mi}			Заводские данные, справочники
10	Норматив годовых затрат на ремонт электрической части оборудования, р./ед.р.с	$N_{эi}$			Заводские данные, справочники
11	Категория сложности ремонта механической части оборудования	R_{Mi}			Заводские данные, справочники
12	Категория сложности ремонта электрической части оборудования	$R_{эi}$			Заводские данные, справочники
13	Коэффициент, зависящий от класса точности обслуживания оборудования	K_{mi}			Справочник
14	Коэффициент, учитывающий затраты на переточку инструмента (около 1,4)	K_n			Заводские данные
15	Цена единицы режущего инструмента, р.	$Ц_{и.pij}$			Заводские данные
16	Коэффициент машинного времени	η_{mij}			Техпроцесс
17	Цена 1 кВт.ч электроэнергии, р.	$Ц_э$			Заводские данные
18	Коэффициент загрузки станков во времени	$\eta_{з.вi}$			Заводские данные, справочники
19	Коэффициент загрузки станков по мощности	$\eta_{з.мi}$			Заводские данные, справочники

1	2	3	4	5	6
20	Издержки, приходящиеся на 1 м ² производственной площади в год, р.	H_{ni}			Заводские данные, справочники
21	Габаритная площадь станка, 1м ²	S_{ci}			Паспорт оборудования
22	Коэффициент, учитывающий дополнительную площадь к габаритной площади станка	$K_{пл.di}$			Справочники
23	Стоимость 1м ² производственной площади, р.	$Ц_{пл}$			Заводские данные
24	Нормативный коэффициент экономической эффективности дополнительных капитальных вложений	E_n			Справочники

2.3. Проектирование однопредметных производственных процессов

2.3.1. Проектирование однопредметного производственного процесса при фиксированной производственной программе

Приводимая методика применима при организации поточных линий для осуществления частичных производственных процессов на крупных предприятиях, например, поточная линия механической обработки в структуре цеха. В этом случае в соответствии с принципом пропорциональности устанавливается фиксированная производственная программа запуска, а фонд времени работы принимается в соответствии с производственным календарем предприятия.

2.3.1.1. Формирование исходных данных

Перечень и таблицы для заполнения основных исходных данных при проектировании однопредметного производственного процесса приведены в подразд. 1.2.

Дополнительные исходные данные:

- производственная программа;
- фонд времени работы;
- совмещаемые профессии;
- нормы многостаночного обслуживания на отдельных операциях. По усмотрению руководителя проекта могут быть заданы нормы свободного машинно-автоматического и ручного времени, если поставлена задача построения графиков многостаночного обслуживания.

Прежде чем приступить к расчетам, необходимо уточнить исходные дан-

ные. Уточнение исходных данных осуществляется с целью обеспечения их сопоставимости. Если, например, задана месячная производственная программа и суточный фонд времени, то эти величины необходимо выразить применительно к одному периоду. Если задана программа выпуска, то необходимо рассчитать программу запуска, если в задании оговорены неизбежные технологические потери и др.

В нашем примере приняты следующие исходные данные, необходимые для расчета основных организационно-технических параметров процесса:

- производственная программа запуска за смену – 220 деталей;
- продолжительность рабочей смены – 8 ч;
- полное совмещение профессий;
- на четвертой операции норма многостаночного обслуживания станков-дублеров равна 3;
- количество рабочих дней в году – 250, режим работы односменный.

Таблица 2.6

Нормы штучного времени на операциях

№ операции	1	2	3	4
Нормы штучного времени, мин	2,6	1,4	1,4	4,0

2.3.1.2. Расчет основных организационно-технических параметров

Последовательность действий:

1. Определение расчетного числа единиц оборудования на операциях по формуле

$$C_{pi} = \frac{N \cdot t_i}{60F_{эф}}, \quad (2.1)$$

где N – производственная программа запуска, шт.;

t_i – норма времени на i -й операции, мин;

$F_{эф}$ – эффективный фонд времени работы, ч.

В нашем примере:

$$C_{p1} = 220 \cdot 2,6 : 480 = 1,19;$$

$$C_{p2} = 220 \cdot 1,4 : 480 = 0,64;$$

$$C_{p3} = 220 \cdot 1,4 : 480 = 0,64;$$

$$C_{p4} = 220 \cdot 4,0 : 480 = 1,83.$$

2. Определение принятого числа единиц оборудования путем округления расчетного до целого в сторону увеличения ($C_{пi}$).

В нашем примере $C_{п1} = 2$; $C_{п2} = 1$; $C_{п3} = 1$; $C_{п4} = 2$.

Примечание. Округление может быть в сторону уменьшения, если средний коэффициент загрузки станков на операции не превышает 1,1, т.е. соблюдается условие $K_{zi} \leq 1,1$.

Например, норма штучного времени – 5,2 мин. Сменная программа запуска 200 деталей. Продолжительность рабочей смены – 8 ч. Расчетное число станков на операции $C_p = 200 \cdot 5,2 : 480 = 2,167$.

Если принятое число $C_{п} = 2$, то средний коэффициент загрузки станков на данной операции $K_z = 2,167 : 2 = 1,08$, что соответствует условию $K_{zi} \leq 1,1$.

Если округление расчетного числа проведено в сторону уменьшения, то норму времени на данной операции необходимо скорректировать по формуле $t_{ски} = t_i : K_{zi}$. В нашем примере $t_{ск} = 5,2 : 1,08 = 4,8$ мин.

Для выполнения дальнейших действий принимаются скорректированные нормы времени на тех операциях, на которых производилась корректировка.

3. Расчет отношений норм штучного времени к числу единиц оборудования на соответствующих операциях:

$$\frac{t_1}{C_{n1}} ; \frac{t_2}{C_{n2}} ; \dots ; \frac{t_i}{C_{ni}} ; \dots ; \frac{t_m}{C_{nm}} . \quad (2.2)$$

В нашем примере:

– на 1-й операции $2,6 : 2 = 1,3$;

– на 2-й операции $1,4 : 1 = 1,4$;

– на 3-й операции $1,4 : 1 = 1,4$;

– на 4-й операции $4,0 : 2 = 2,0$.

4. Определение нормативного рабочего такта по максимальному отношению из всех операций процесса

$$r_{раб} = \left(\frac{t_i}{C_{ni}} \right)_{\max} . \quad (2.3)$$

В нашем примере максимальное отношение равно двум, следовательно, нормативный рабочий такт $r_{раб} = 2$ мин.

5. Проверка соблюдения условия синхронности операций:

$$\frac{t_1}{C_{n1}} = \frac{t_2}{C_{n2}} = \dots = \frac{t_i}{C_{ni}} = \frac{t_m}{C_{nm}} = r_{раб} . \quad (2.4)$$

Если условие (2.4) соблюдается, то приступают к проектированию производственного процесса с параллельным движением предметов производства (непрерывно-поточная линия). При несоблюдении условия принимают параллельно-последовательное движение и проектируют производственный процесс, осуществляемый на прерывно-поточной (прямоточной) линии.

В нашем примере условие (2.4) не соблюдается. Следовательно, дальнейшие действия направлены на расчет организационно-технических параметров и экономических показателей однопредметной прерывно-поточной линии массового производства.

Если условие синхронности выполнения операций соблюдается, то проектирование производственного процесса осуществляется применительно к непрерывно-поточной линии.

6. Расчет средних коэффициентов загрузки оборудования на операциях при работе поточной линии с нормативным рабочим тактом, равным 2 мин.

$$K_{3i} = \frac{t_i}{r_{\text{раб}} \cdot C_{ni}}. \quad (2.5)$$

В нашем примере:

$$K_{31} = 2,6 : 2 : 2 = 0,65;$$

$$K_{32} = 1,4 : 2 : 1 = 0,70;$$

$$K_{33} = 1,4 : 2 : 1 = 0,70;$$

$$K_{34} = 4 : 2 : 2 = 1.$$

7. Определение среднего коэффициента загрузки линии

$$K_3 = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{r \cdot \sum_{i=1}^m C_{ni}}. \quad (2.6)$$

В нашем примере $K_3 = (2,6 + 1,4 + 1,4 + 4,0) : 2 : (2 + 1 + 1 + 2) = 0,78$.

8. Корректировка производственной программы.

Если задан сменный фонд времени работы ($T_{\text{см}}$), то максимальная программа, которая может быть выполнена с его использованием, определяется по формуле

$$N_{\text{max}} = \frac{T_{\text{см}}}{r_{\text{раб}}}. \quad (2.7)$$

В нашем примере нормативный рабочий такт поточной линии – 2мин, фонд времени – 480 мин. Следовательно, максимальная программа, которая может быть выполнена при данной структуре поточной линии, $N_{\text{max}} = 480 : 2 = 240$ шт.

9. Корректировка фонда времени работы.

Если задана производственная программа (N), то эффективный фонд времени, необходимый для ее выполнения ($F_{\text{н}}$) определяется по формуле

$$F_{\text{н}} = r_{\text{раб}} \cdot N. \quad (2.8)$$

В нашем примере фонд времени, необходимый для выполнения программы 220 деталей, $F_{\text{н}} = 2 \cdot 220 = 440$ мин.

10. Можно получить вариант путем корректировки как производственной программы, так и фонда времени.

Если, например, производственную программу удалось увеличить до 230 деталей, то скорректированный фонд времени, необходимый для ее выполнения, составит $F_n = 2 \cdot 230 = 460$ мин.

Примечание. При сложившейся нормальной структуре поточной линии можно варьировать значения производственной программы и эффективного фонда времени в разумных пределах как угодно, оставляя при этом неизменной величину нормативного рабочего такта. Это означает, что **не такт поточной линии определяется по соотношению эффективного фонда времени и программы, а это соотношение определяется по такту, который является функцией нормы труда.**

На практике это положение означает, что при изменении производственной программы в какой-то период времени (смену, сутки, неделю) соответственно корректируется режим работы, а не такт поточной линии.

11. Составление графика загрузки операций на поточной линии

Таблица 2.7

График загрузки операций поточной линии

	t_b мин	$C_{пр}$ шт.	$C_{пр}_b$ шт.	№ станка	% загрузки	График загрузки операций
1	2,6	1,3	2	1	65	<u>0,65</u>
				2	65	<u>0,65</u>
2	1,4	0,7	1	1	70	<u>0,70</u>
3	1,4	0,7	1	1	70	<u>0,70</u>
4	4,0	2,0	2	1	100	<u>1,0</u>
				2	100	<u>1,0</u>

2.3.1.3. Построение стандарт-плана прямоточной линии

Стандарт-план прямоточной линии строится на основании графика загрузки операций.

Правила построения стандарт-плана прямоточной линии:

– укрупненный ритм (период оборота) выбирается равным или кратным продолжительности полусмены;

– загрузку станков на операции между станками-дублерами можно распределять как угодно, соблюдая при этом неизменной среднюю загрузку и суммарное время работы;

– начало и окончание работы станков можно сдвигать в пределах укрупненного ритма как угодно;

– необходимо стремиться к максимальной загрузке рабочих с учетом совмещения профессий и функций и многостаночного обслуживания;

– необходимо использовать возможность дозагрузки станков на отдельных операциях внепоточной продукцией.

Таблица 2.8

Стандарт-план прямоточной линии

№ операции	t_i , мин	C_{pi} , шт.	$C_{пр_i}$, шт.	№ станка	% загрузки	Рабочие на линии	График работы станков $R_y = 240$ мин
1	2,6	1,3	2	1	100	<i>A</i>	1,0 _____
				2	30	<i>B</i>	0,3 _____
2	1,4	0,7	1	1	70	<i>B</i>	0,7 _____
3	1,4	0,7	1	1	70	<i>B</i>	0,7 _____
4	4,0	2,0	2	1	100	<i>Г</i>	1,0 _____
				2	100	<i>Г</i>	1,0 _____

Руководствуясь правилами построения графиков работы прямоточных линий, принято:

– на первой операции первый станок загружать на 100 %, а второй – на 30 %, что позволяет дозагрузить рабочего *B* работой на 3-й операции, учитывая его способность совмещать профессии на этих операциях (например то-

карь-фрезеровщик). Однако второй станок на первой операции простаивает, т. к. не представляется возможным загрузить его другими работами;

– на второй операции станок и рабочий В загружать на 100 %, причем 70 % времени тратится на изготовление поточной продукции и 30 % – на изготовление внепоточной продукции;

– на третьей операции работа начнется со сдвигом во времени, что не противоречит правилам построения графиков;

– на четвертой операции применять многостаночное обслуживание, т. е. рабочий Г обслуживает два станка-дублера (в исходных данных норма многостаночного обслуживания на четвертой операции равна 3).

Примечание. При построении стандарт-плана необходимо стремиться к одинаковой загрузке рабочих на операции. Например, расчетное число станков на операции – 1,3, принятое – 2. При распределении загрузки рабочих могут иметь место варианты, перечисленные ниже:

1. Не представляется возможным догрузить оборудование внепоточной продукцией или применить совмещение профессий и функций. В этом случае каждый рабочий на операции загружен на 65 %.

2. Оборудование на операции может быть полностью догружено внепоточной продукцией. В этом случае один станок загружается на 100 % поточной продукцией, а второй – на 30 % поточной и на 70 % внепоточной продукцией.

3. Оборудование на операции может быть догружено внепоточной продукцией частично, например на 50 %. В этом случае один станок загружается на 90 % поточной продукцией, а второй – на 40 % поточной и 50 % внепоточной продукцией.

4. Представляется возможным совмещение профессий или функций и догрузка одного рабочего работой на другой операции на 40 %. В этом случае один рабочий загружается на данной операции на 85 %, а второй – на 45 % по основной и 40 % по совмещаемой профессии (функции).

При организации многостаночного обслуживания станков-дублеров может возникнуть необходимость обоснования возможных вариантов. Например, такт поточной линии – 2 мин, норма штучного времени на операцию – 4,8 мин, машинно-автоматическое свободное время – 2,9 мин, ручное время – 1,9 мин. Укрупненный ритм – 240 мин.

Количество деталей, обрабатываемых в течение укрупненного ритма, – $240 : 2 = 120$.

Расчетное число станков на операции – $4,8 : 2 = 2,4$, а принятое – 3.

Норма многостаночного обслуживания по расчету $2,9 \cdot 0,85 : 1,9 + 1 = 2,30$.

Принятая норма многостаночного обслуживания при округлении расчетного числа в сторону уменьшения – 2. В этом случае необходимо для обслуживания трех станков назначить двух рабочих. При этом все три станка будут загружены в течение укрупненного ритма на 80 % ($K_3 = 2,4 : 3 = 0,8$), а в цикле – на 100 %. Один рабочий обслуживает два станка и простаивает в цик-

ле $4,8 - 1,9 \cdot 2 = 1$ мин, а второй обслуживает один станок и простаивает $4,8 - 1,9 = 2,7$ мин.

Принятая норма многостаночного обслуживания при округлении расчетного числа в сторону увеличения – 3. В этом случае три станка обслуживает один рабочий, но при этом каждый станок простаивает в цикле, что приводит к увеличению времени работы всех станков в течение укрупненного ритма. Необходимо определить, вписывается ли время работы станков в длительность укрупненного ритма. Для этого необходимо определить длительность цикла многостаночного обслуживания: $1,9 \cdot 3 = 5,7$ мин. Время работы каждого станка в течение укрупненного ритма $5,7 \cdot 120 : 3 = 228$ мин, а укрупненный ритм равен 240 мин. Следовательно, в данной ситуации целесообразно поручить одному рабочему обслуживанию трех станков.

2.3.1.4. Расчет и построение графиков движения оборотных межоперационных заделов

В течение укрупненного ритма (R_y) на всех операциях обрабатывается одинаковое количество деталей, что регламентируется принятым графиком работы. Однако различная производительность, сдвиг во времени работы и изменение количества работающих станков в течение укрупненного ритма приводят к неравномерному потреблению деталей в одни отрезки времени и расходованию – в другие.

Детали, прошедшие обработку на предыдущей операции и не обработанные на последующей по причине различной их производительности или сдвига во времени работы, составляют **оборотный межоперационный задел**.

Расчет и построение графиков движения оборотных межоперационных заделов осуществляется на основании графика работы прямой линии (стандарт-плана).

Следует различать понятия: *оборотный задел в какой-то момент времени* и *изменение оборотного задела за определенный отрезок времени*.

Изменение оборотного задела за определенный отрезок времени представляет собой разность количества деталей, обработанных за этот отрезок времени на предыдущей и последующей операциях.

В структуру укрупненного ритма входит определенное количество отрезков времени, характеризующихся неизменными условиями работы, следовательно, и неизменной производительностью смежных операций. Эти отрезки времени называются рабочими фазами, а граничной точкой фаз – момент времени, начиная с которого на смежных операциях меняются организационные условия выполнения операций и работа начинается в новой фазе. Например, на рис. 2.1 в сочетании первой и второй операций выделено три фазы. Первая фаза характеризуется тем, что на первой операции работают два станка, на второй – один.

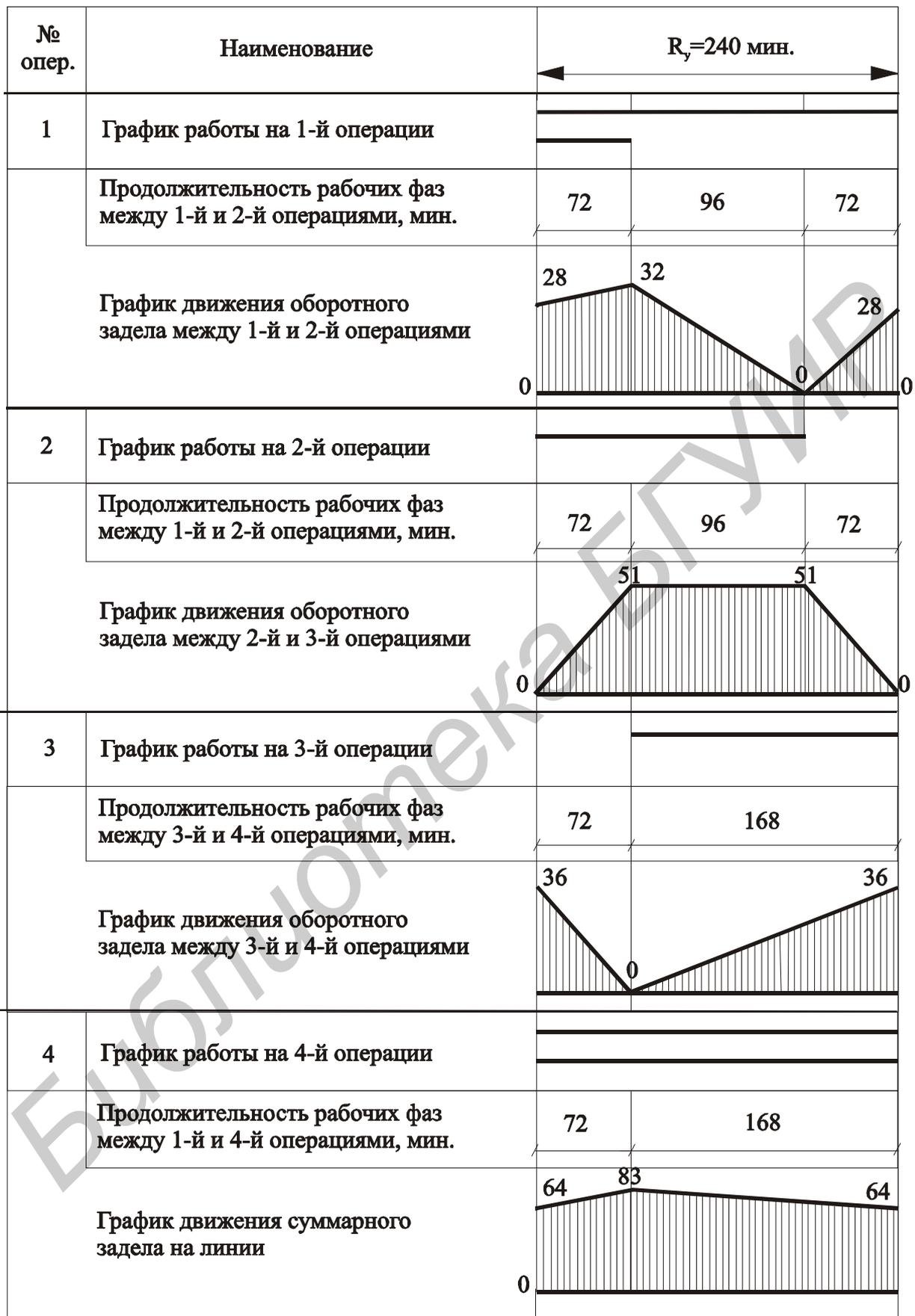


Рис. 2.1. Графики движения оборотных межоперационных заделов

Во второй фазе на первой операции работает один станок и на второй один. А в третьей фазе на первой операции работает один станок, а на второй станок не работает по изготовлению поточной продукции. Для других сочетаний смежных операций выделены другие фазы.

В пределах рабочей фазы величина оборотного задела изменяется с одинаковой закономерностью, причем зависимость между величиной изменения задела и временем работы в этой фазе прямолинейная. Очевидно, что максимального изменения в каждой фазе задел достигает к моменту окончания этой фазы. Это изменение равно разности количества деталей, обработанных на смежных операциях в течение фазы.

Формула для определения максимального изменения задела в фазе может быть представлена в следующем виде:

$$\Delta Z_{\max}^{\Phi_j}_{(i,i+1)} = \frac{\Phi_j \cdot c_{i,j}}{t_i} - \frac{\Phi_j \cdot c_{(i+1),j}}{t_{i+1}}, \quad (2.9)$$

где $\Delta Z_{\max}^{\Phi_j}_{(i,i+1)}$ – максимальное изменение задела в j -й фазе между i -й и $(i+1)$ -й операциями, шт.;

Φ_j – продолжительность j -й фазы, мин;

$t_i, t_{(i+1)}$ – штучное время соответственно на i -й и $i+1$ -й операциях, мин;

$c_{i,j}, c_{(i+1),j}$ – количество единиц оборудования или рабочих мест, функционирующих в соответствии с графиком на i -й и $(i+1)$ -й операциях в j -й фазе.

Уменьшаемое число в формуле представляет собой количество деталей, обработанных на предыдущей операции за отрезок времени Φ_j , а вычитаемое – количество деталей, обработанных на последующей операции за этот же отрезок времени.

Изменение оборотного задела в фазе может быть выражено:

- числом положительным, когда в сочетании смежных операций предыдущая имеет большую производительность, и задел увеличивается;
- числом, равным нулю, когда смежные фазы имеют одинаковую производительность и задел не изменяется;
- числом отрицательным, когда последующая операция имеет большую производительность и задел уменьшается.

Оборотный же межоперационный задел не может быть выражен числом отрицательным.

Последовательность действий при расчете и построении графиков движения оборотных межоперационных заделов следующая.

1. По графику работы прямоточной линии определяются рабочие фазы в сочетании смежных операций и рассчитывается их продолжительность. Если, например, укрупненный ритм выбран равным продолжительности полусмены, т. е. $4 \text{ ч} = 240 \text{ мин}$, то продолжительность фаз в сочетании первой и второй опе-

раций будет: $\Phi_1 = 240 \cdot 0,3 = 72$ мин; $\Phi_3 = 240 \cdot 0,3 = 72$ мин. Полученные результаты расчета вносятся в специальную таблицу (табл. 2.9.)

Таблица 2.9

Расчетная таблица для определения оборотного задела между I и II операциями (пример)

№ п/п	Наименование	Значения расчетных величин						
		K_n	Φ_1	K_{1-2}	Φ_2	K_{2-3}	Φ_3	K_k
1	Фазы и граничные точки фаз							
2	Продолжительность рабочих фаз, мин		72		96		72	
3	Максимальное изменение задела в фазе, шт.		+4		-32		+2	
4	Алгебраическая сумма изменений задела, шт.		0	4		-28		0
5	Задел в граничных точках фаз, шт.	28		32		0		28

2. Рассчитывается изменение задела в фазах

$$\Delta Z_{\max 1,2}^{\Phi_1} = \frac{72 \cdot 2}{2,6} - \frac{72 \cdot 1}{1,4} \approx +4;$$

$$\Delta Z_{\max 1,2}^{\Phi_2} = \frac{96 \cdot 1}{2,6} - \frac{96 \cdot 1}{1,4} \approx -32;$$

$$\Delta Z_{\max 1,2}^{\Phi_3} = \frac{72 \cdot 2}{2,6} - \frac{72 \cdot 0}{1,4} \approx +28.$$

Примечание. Расчет максимальных изменений задела в фазах рекомендуется представить в виде сводной таблицы, включающей все операции.

Значения изменений задела в фазах вносятся в табл. (см. табл. 2.9).

3. Дальнейшие расчеты производятся по таблице.

Так как в течение укрупненного ритма на смежных операциях обрабатывается одинаковое количество деталей, то в начале и в конце укрупненного ритма задел одинаковый, хотя в этом промежутке он изменяется.

Принятый регламент работы смежных операций обуславливает циклическое колебание оборотного задела, в процессе которого в определенный момент он достигает максимального значения, а в какой-то другой – обязательно равен нулю.

Так как в начале и в конце укрупненного ритма оборотный задел одинаковый, то алгебраическая сумма изменений задела во всех рабочих фазах укрупненного ритма в сочетании каждой пары смежных операций равна нулю. Если же взять алгебраическую сумму максимальных изменений задела с нарастающим итогом от первой до последней фазы, то в какой-то граничной точке сумма окажется минимальной.

В граничной точке фаз, в которой алгебраическая сумма изменений задела является минимальной, оборотный задел равен нулю. Такая граничная точка называется **точкой нулевого задела**, или нулевой точкой.

Оборотный задел в начале (точка K_n) и в конце (точка K_k) укрупненного ритма равен абсолютному значению алгебраической суммы изменений задела в нулевой точке.

Исходя из этих положений по таблице производятся следующие действия.

4. Определяется алгебраическая сумма изменений задела нарастающим итогом к концу каждой фазы и включается в таблицу в каждой граничной точке фаз. В начальной и конечной точках это нуль (во всех случаях).

Далее рассчитывается алгебраическая сумма в каждой граничной точке в последовательности, указанной в таблице короткими стрелками.

5. Определяется точка нулевого задела по минимальному значению алгебраической суммы. В нашем примере это граничная точка между второй и третьей фазами, в которой алгебраическая сумма равна -28 . Следовательно, в этой точке в таблице в строке «Задел в граничных точках фаз» проставляется нуль.

6. По абсолютному значению алгебраической суммы оборотного задела в нулевой точке определяется оборотный задел в начальной и конечной точках фаз и вносится в таблицу. В нашем примере это 28 шт.

7. Определяется задел в других граничных точках фаз путем последовательного прибавления к заделу в начальной точке изменений задела в соответствующих фазах. Последовательность действий показана в таблице длинными стрелками. В нашем примере:

- задел в начальной точке фаз (K_k): $+28$ шт.;
- задел в граничной точке между первой и второй фазами (K_{1-2}): $28 + 4 = 32$ шт.;
- задел в граничной точке между второй и третьей фазами (K_{2-3}): $32 - 32 = 0$ (был определен ранее);
- задел в конечной точке фаз (K_n): $0 + 28 = 28$ шт. (был определен ранее).

Аналогично производятся расчеты по определению оборотных заделов между другими смежными операциями.

Динамику оборотных заделов можно показать на графике движения оборотных межоперационных заделов (см. рис. 2.1).

Суммарный оборотный заделов определяется следующим образом.

А. Устанавливаются граничные точки и продолжительность рабочих фаз в сочетании первой и последней операций.

Б. По формуле (2.9) производится расчет максимального изменения суммарного оборотного задела в каждой фазе в сочетании первой и последней операций. Результат вносится в специальную таблицу (табл. 2.10).

В. Определяется суммарный задел в начальной точке фаз путем суммирования заделов в начальной точке между всеми парами смежных операций. В нашем примере он равен сумме $28 + 0 + 36 = 64$ шт.

Г. Определяется задел в остальных граничных точках путем последовательного прибавления к значению суммарного задела в начальной точке фаз алгебраической суммы изменения задела от начальной точки до окончания соответствующей фазы. Последовательность расчета показана стрелками в таблице.

Таблица 2.10

Расчетная таблица для определения суммарного оборотного задела на линии (пример)

№ операции	Наименование	Значения расчетных величин				
		K_n	Φ_1	K_{1-2}	Φ_2	K_k
1	Фазы и граничные точки фаз в сочетании 1-й и 4-й операций					
2	Продолжительность рабочих фаз, мин		72		168	
3	Максимальное изменение задела в фазе, шт.		+19		-19	
4	Задел в граничных точках фаз, шт.	64		83		64

Примечания:

1. Расчетные таблицы для определения межоперационных заделов рекомендуется представить в виде сводной таблицы.

2. По усмотрению руководителя проекта стандарт-план прямооточной линии (см. табл. 2.8) может быть дополнен графиками движения оборотных меж-

операционных заделов (см. рис. 2.1). В развернутом стандарт-плане должна содержаться минимально необходимая и полная информация по организации производственного процесса. Форма и содержание стандарт-плана определяются студентом.

2.3.1.5. Расчет технологической себестоимости детали

Методика расчета технологической себестоимости детали приводится в подразд.1.8.

2.3.1.6. Синхронизация производственного процесса

Организация современного производства базируется на идее бережливого производства (lean production), которая обосновывается на неуклонном уменьшении длительности производственного цикла путем ликвидации потерь [12]. Эта идея воплощается в жизнь от этапа разработки продукта, производства и до взаимодействия с поставщиками и клиентами.

Применительно к поточной линии эта идея реализуется в реальном производстве прежде всего достижением синхронности выполнения операций (см. формулы (1.4) и (1.5)). В синхронизированном производственном процессе отсутствуют перерывы ожидания, что позволяет максимально сократить длительность производственного цикла.

Процесс согласования длительности технологических операций с тактом поточной линии называется **синхронизацией**. Он проводится в 2 этапа.

Предварительная синхронизация. Выполняется на этапе технологической подготовки производства и состоит в проектировании новых технологических процессов по длительности равных или кратных такту. На этом этапе выполняется работа по уменьшению трудоемкости операций, что достигается уменьшением основного и вспомогательного времени.

Возможность сокращения слагаемых основного времени операции связана с совершенствованием конструкций режущих инструментов, качеством инструментальных материалов, правильным подбором смазочно-охлаждающей жидкости, хорошей обрабатываемостью материала детали, уменьшением припусков на обработку, уменьшением числа рабочих ходов и др.

Слагаемые вспомогательного времени уменьшаются с помощью приспособлений с быстродействующими зажимами, повышения скоростей перемещения суппортов, головок столов станков, уменьшения числа рабочих и вспомогательных ходов и др.

Окончательная синхронизация. Снимается перегрузка рабочих мест, допущенная на первом этапе. Производится дополнительная механизация, улучшение организации и обслуживания рабочих мест, индивидуальный подбор рабочих для выполнения перегруженных операций.

При анализе условия синхронности выполнения операций допускается

отклонение от идеальной синхронности в пределах 10 %. При этом процесс условно можно относить к синхронному.

Анализ выполнения условия синхронности операций позволяет определить величину отклонений от условия синхронности по каждой операции, что, в свою очередь, позволяет разработчикам технологического процесса целенаправленно изыскивать возможности ликвидации этих отклонений.

Для иллюстрации примем исходные данные из п. 2.3.1.

Производственная программа запуска за смену – 220 деталей; продолжительность рабочей смены – 8 ч.

Таблица 2.11

Нормы штучного времени на операциях

№ операции	1	2	3	4
Нормы штучного времени, мин	2,6	1,4	1,4	4,0

Последовательность действий:

1. Определение расчетного числа единиц оборудования на операциях по формуле (1.1).

В нашем примере:

$$C_{p1} = 220 \cdot 2,6 : 480 = 1,19;$$

$$C_{p2} = 220 \cdot 1,4 : 480 = 0,64;$$

$$C_{p3} = 220 \cdot 1,4 : 480 = 0,64;$$

$$C_{p4} = 220 \cdot 4,0 : 480 = 1,83.$$

2. Определение принятого числа единиц оборудования путем округления расчетного до целого в сторону **уменьшения** (C_{pi}).

В нашем примере $C_{п1}=1$; $C_{п2}=1$; $C_{п3}=1$; $C_{п4}=1$.

3. Расчет отношений норм штучного времени к числу единиц оборудования на соответствующих операциях.

В нашем примере:

$$- \text{ на 1-й операции } 2,6 : 1 = 2,6;$$

$$- \text{ на 2-й операции } 1,4 : 1 = 1,4;$$

$$- \text{ на 3-й операции } 1,4 : 1 = 1,4;$$

$$- \text{ на 4-й операции } 4,0 : 1 = 4,0.$$

4. Определение нормативного рабочего такта по **минимальному** отношению из всех операций процесса:

$$r = \left(\frac{t_i}{C_i} \right) \min . \quad (2.10)$$

Минимальное отношение равно 1,4, следовательно, нормативный рабочий такт $r_{раб} = 1,4$ мин.

5. Определение расчетного числа единиц оборудования на операциях по нормативному рабочему такту:

$$C_{p1}=2,6:1,4=1,86; C_{p2}=1,4:1,4=1; C_{p3}=1,4:1,4=1; C_{p4}=4,0:1,4=2,85.$$

6. Определение принятого числа единиц оборудования путем округления расчетного в сторону **уменьшения**:

$$C_{п1}=1; C_{п2}=1; C_{п3}=1; C_{п4}=2.$$

7. Определение скорректированных норм времени для синхронизированного процесса:

$$t_1=1,4 \cdot 1=1,4; t_2=1,4 \cdot 1=1,4; t_3=1,4 \cdot 1=1,4; t_4=1,4 \cdot 2=2,8.$$

8. Проверка соблюдения условия синхронности операций:

$$1,4:1=1,4:1=1,4:1=2,8:2=1,4.$$

9. Расчет уменьшения нормы штучного времени:

на 1-й операции: $2,6-1,4=1,2$; на 2-й операции $1,4-1,4=0$; на 3-й операции $1,4-1,4=0$; на 4-й операции $4,0-2,8=1,2$.

Примечание. В нашем примере условно принято, что корректировка норм времени осуществлялась на стадии предварительной синхронизации путем разработки организационно-технических мероприятий, реализация которых, как правило, требует дополнительных единовременных затрат. Поэтому на тех операциях, на которых нормы времени скорректированы в сторону уменьшения, при необходимости корректируются капитальные вложения в оборудование и дорогостоящую оснастку. При выполнении курсового проекта можно **условно** принять увеличение единовременных затрат обратно пропорционально снижению нормы штучного времени.

Соблюдение условия синхронности операций позволяет спроектировать производственный процесс с параллельным движением предметов производства, т.е. создать непрерывно-поточную линию. Поэтому при дальнейших расчетах необходимо учитывать внутрисменные регламентированные перерывы. Например, для конвейерных поточных линий механической обработки эти перерывы составляют: на отдых 1–2 перерыва по 5–10 мин на физкультпаузу 5–10 мин от 1 до 4 раз в смену. Можно принять среднее суммарное время перерывов равное 30 мин.

Продолжим выполнение действий по исходному примеру.

10. Определение эффективного фонда времени работы за смену. В нашем примере: $480-30=450$ (мин).

11. Определение сменной производственной программы запуска. В нашем примере: $450:1,4=321$ (шт.).

12. Расчет годовой производственной программы запуска. В нашем примере: $321 \cdot 250 = 80250$ (шт.).

13. Расчет технологической себестоимости детали при организации синхронизированного процесса. (см. подразд. 1.8).

2.3.1.7. Сопоставительный экономический анализ альтернативных вариантов

Сопоставительный анализ вариантов организации несинхронизированного и синхронизированного производственных процессов осуществляется в соответствии с подразд. 1.9.

2.3.2. Экономическое обоснование выбора варианта и расчет организационно-технических параметров однопредметного производственного процесса

Целью выполнения данного раздела является поиск альтернативных вариантов производственного процесса, осуществляемого на однопредметной поточной линии, определение оптимального и подоптимального вариантов по критерию максимума загрузки оборудования и выбор из них оптимального по экономическому критерию.

Таким образом, в качестве критериев при выборе оптимального варианта производственной структуры поточной линии на первом этапе принимается максимум загрузки оборудования, а окончательно – минимум технологической себестоимости механической обработки детали.

2.3.2.1. Формирование исходных данных

Дополнительно к основным исходным данным (подразд. 2.2) принимаются:

- ограничение по количеству станков на операции (в нашем примере – 4);
- годовой эффективный фонд времени работы оборудования – 3900 ч;
- годовая производственная программа запуска – 40000 деталей.

Таблица 2.12

Нормы штучного времени на операциях процесса

№ операции	1	2	3	4
Норма штучного времени, мин	4,2	3,2	7,2	2,5

2.3.2.2. Выбор оптимального и подоптимального вариантов производственного процесса по критерию максимума загрузки оборудования

Последовательность действий описана ниже.

1. Поиск альтернативных вариантов производственной структуры поточной линии пошаговым методом (подразд. 1.5).

Альтернативные варианты
производственной структуры однопредметной поточной линии

№ варианта	Такт, мин	Ср. коэф. загрузки	Показатели	№ операции			
				1	2	3	4
			t_i	4,2	3,2	7,2	2,5
1	7,2	0,59	C_p	0,58	0,44	1,00	0,35
			C_{np}	1	1	1	1
			K_3	0,58	0,44	1,00	0,35
2	4,20	0,64	C_p	1,00	0,77	1,72	0,60
			C_{np}	1	1	2	1
			K_3	1,00	0,77	1,72	0,60
3	3,60	0,79	C_p	1,17	0,89	2,00	0,70
			C_{np}	2	1	2	1
			K_3	0,59	0,89	1,00	0,70
4	3,20	0,77	C_p	1,33	1,00	2,28	0,80
			C_{np}	2	1	3	1
			K_3	0,67	1,00	0,76	0,80
5	2,50	0,85	C_p	1,66	1,26	2,85	1,00
			C_{np}	2	2	3	1
			K_3	0,83	0,63	0,95	1,00
6	2,40	0,81	C_p	1,94	1,33	3,00	1,04
			C_{np}	2	2	3	2
			K_3	0,97	0,67	1,00	0,52
7	2,10	0,81	C_p	2,00	1,52	3,43	1,19
			C_{np}	2	2	4	2
			K_3	1,00	0,76	0,86	0,60
8	1,80	0,86	C_p	2,33	1,78	4,00	1,39
			C_{np}	3	2	4	2
			K_3	0,78	0,89	1,00	0,70

Примечание. Расчетное число единиц оборудования на операциях определяется как отношение нормы штучного времени к такту, а коэффициент загрузки – как отношение расчетного числа единиц оборудования к принятому.

2. Выбор оптимального и подоптимального вариантов по критерию максимума загрузки оборудования. В нашем примере это пятый и шестой варианты с коэффициентами загрузки соответственно 0,85 и 0,81. Варианты 7 и 8 неприемлемы из-за ограничения по количеству единиц оборудования на третьей операции.

2.3.2.3. Анализ альтернативных вариантов при фиксированном эффективном фонде времени работы

При фиксированном эффективном фонде времени работы производственная программа в вариантах определяется по формуле

$$N_{\text{год}} = F_{\text{эф.год}} : r_{\text{к}}, \quad (2.11)$$

где: $N_{\text{год}}$ – годовая производственная программа запуска, шт.;

$F_{\text{эф.год}}$ – годовой эффективный фонд времени работы, ч;

$r_{\text{к}}$ – такт потока в к-м варианте, мин;

Результаты расчетов сводятся в табл. (табл. 2.14).

Таблица 2.14

Альтернативные варианты организации производственного процесса при фиксированном фонде времени

№ вар	Произв-ная программа шт.	Фонд времени, ч	Такт мин	Ср. коэф. загрузки	Показатели	№ операции			
						1	2	3	4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	32500	3900	7,2	0,59	Ср	0,58	0,44	1,00	0,35
					Спр	1	1	1	1
					Кз	0,58	0,44	1,00	0,35
2	55714	3900	4,20	0,64	Ср	1,00	0,77	1,72	0,60
					Спр	1	1	2	1
					Кз	1,00	0,77	1,72	0,60
3	65000	3900	3,60	0,79	Ср	1,17	0,89	2,00	0,70
					Спр	2	1	2	1
					Кз	0,59	0,89	1,00	0,70
4	73125	3900	3,20	0,77	Ср	1,33	1,00	2,28	0,80
					Спр	2	1	3	1
					Кз	0,67	1,00	0,76	0,80
5	93600	3900	2,50	0,85	Ср	1,66	1,26	2,85	1,00
					Спр	2	2	3	1
					Кз	0,83	0,63	0,95	1,00

Окончание табл. 2.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	97500	3900	2,40	0,81	C_p	1,94	1,33	3,00	1,04
					$C_{пр}$	2	2	3	2
					K_3	0,97	0,67	1,00	0,52
7	111428	3900	2,10	0,81	C_p	2,00	1,52	3,43	1,19
					$C_{пр}$	2	2	4	2
					K_3	1,00	0,76	0,86	0,60
8	130000	3900	1,80	0,86	C_p	2,39	1,78	4,00	1,39
					$C_{пр}$	3	2	4	2
					K_3	0,78	0,89	1,00	0,70

Сравнительный анализ 5-го и 6-го вариантов показывает, что добавление одного станка на четвертой операции привело к уменьшению такта на 0,1 мин, что повлекло за собой увеличение коэффициентов загрузки станков на первых трех операциях и увеличение производственной программы. Однако на четвертой операции коэффициент загрузки резко снизился, что привело к снижению среднего коэффициента загрузки линии. Поэтому возникает необходимость сопоставления вариантов по технологической себестоимости, т. к. себестоимость детали-операций не одинакова и при различных сочетаниях может возникнуть ситуация, когда в одном из сравниваемых вариантов средний коэффициент загрузки окажется ниже, а технологическая себестоимость детали меньше. В этом случае вариант выбирается по критерию минимума технологической себестоимости.

Методика расчета технологической себестоимости детали-операции приводится в подразд. 1.8. Рекомендации по проведению анализа приводятся в подразд. 1.9.

2.3.2.4. Анализ альтернативных вариантов при фиксированной производственной программе

При фиксированной производственной программе эффективный годовой фонд времени, необходимый для ее выполнения, определяется по формуле

$$F_{\text{эф.год}} = N_{\text{год}} \cdot r_k \quad (2.12)$$

Результаты расчетов представляются в виде табл. (табл. 2.15).

Таблица 2.15

Альтернативные варианты организации производственного процесса
при фиксированной производственной программе

№ вар	Произв. прог., шт.	Фонд времени, ч	Такт, мин	Средн. коэф. загрузки	Показатели	№ операции			
						1	2	3	4
1	40000	4800	7,2	0,59	C_p	0,58	0,44	1,00	0,35
					C_{np}	1	1	1	1
					K_3	0,58	0,44	1,00	0,35
2	40000	2800	4,20	0,64	C_p	1,00	0,77	1,72	0,60
					C_{np}	1	1	2	1
					K_3	1,00	0,77	1,72	0,60
3	40000	2400	3,60	0,79	C_p	1,17	0,89	2,00	0,70
					C_{np}	2	1	2	1
					K_3	0,59	0,89	1,00	0,70
4	40000	2133	3,20	0,77	C_p	1,33	1,00	2,28	0,80
					C_{np}	2	1	3	1
					K_3	0,67	1,00	0,76	0,80
5	40000	1667	2,50	0,85	C_p	1,66	1,26	2,85	1,00
					C_{np}	2	2	3	1
					K_3	0,83	0,63	0,95	1,00
6	40000	1600	2,40	0,81	C_p	1,94	1,33	3,00	1,04
					C_{np}	2	2	3	2
					K_3	0,97	0,67	1,00	0,52
7	40000	1400	2,10	0,81	C_p	2,00	1,52	3,43	1,19
					C_{np}	2	2	4	2
					K_3	1,00	0,76	0,86	0,60
8	40000	1200	1,80	0,86	C_p	2,33	1,78	4,00	1,39
					C_{np}	3	2	4	2
					K_3	0,78	0,89	1,00	0,70

Одна и та же производственная программа, как известно, может быть выполнена при различных режимах работы, с использованием различного числа оборудования, с различной степенью его загрузки и, как следствие, с различными удельными затратами на осуществление производственного процесса.

В связи с этим ставится задача найти оптимальный вариант построения производственного процесса по критерию максимума загрузки оборудования при фиксированной производственной программе и изменяющемся фонде времени работы оборудования, т. е. найти оптимальный режим работы производственного подразделения.

Сопоставляя возможные режимы работы, необходимо исходить из того, что наиболее экономичным (и при этом приемлемым с точки зрения сохранения здоровья человека) является двухсменный режим при полной рабочей неделе и нормальной загрузке оборудования. Использование оборудования с низким коэффициентом загрузки в течение рабочей смены приводит к увеличению удельных условно-постоянных расходов и, как следствие, к повышению себестоимости продукции. Неполная загрузка приводит не только к отрицательным экономическим результатам, но и к потере в той или иной мере, профессиональных навыков, в том числе и в технике безопасности на рабочем месте, несоблюдению распорядка дня на производстве, падению трудовой дисциплины. Кроме того, низкий коэффициент загрузки сотрудников является косвенным показателем скрытой безработицы.

Поиск оптимального режима целесообразно осуществлять, исходя из эффективного суточного фонда времени и суточной производственной программы запуска. При определении эффективного фонда времени должны быть исключены все регламентированные внутрисменные потери. Эффективный фонд должен быть сопоставимым с нормированным временем на выполнение определенной производственной программы. При полном использовании эффективного фонда времени имеет место равенство

$$F_{\text{эф.с}} = N_c \cdot r, \quad (2.13)$$

где N_c – суточная производственная программа, шт.;

r – такт поточной линии, мин;

$F_{\text{эф.с}}$ – суточный эффективный фонд времени, мин.

При проведении расчетов, направленных на определение производственной структуры поточной линии, оперируют эффективным фондом времени. Однако при определении режима работы рассматривают номинальный фонд времени, т. е. продолжительность рабочей смены с учетом регламентированных перерывов. Регламентированные внутрисменные потери рабочего времени устанавливаются для непрерывно-поточных линий. Коэффициент, включающий регламентированные внутрисменные потери времени, применяется для определения продолжительности рабочей смены.

Например, в варианте 1 (см. табл. 2.13) рабочий такт равен 7,2 мин. Если, например, принять суточную производственную программу равной 100 деталям, то эффективный фонд времени составит 720 мин ($7,2 \times 100$). Фонд рабочего времени при его потерях по организационно-техническим причинам, равным 20 %, составляет 15 ч ($720:60:0,8$).

Зная эффективный фонд рабочего времени, необходимого в течение суток для выполнения производственной программы, можно приступить к определению режима работы. В первом варианте напрашивается двухсменный график. При продолжительности рабочей смены 8 ч коэффициент использования номинального фонда времени равен

$$K_{\text{и.н}} \frac{15}{16} = 0,94.$$

С точки зрения рациональной организации производства не обязательно принимать стандартный режим работы. Если в рассматриваемом варианте принять продолжительность рабочей смены 7 ч 30 мин, то номинальный фонд времени составит 15 часов и будет использоваться полно, а линия будет функционировать в течение смены в соответствии с принятым режимом с учетом регламентированных потерь рабочего времени, т. е. имеет место максимальное использование рабочего времени рабочих.

2.3.3. Организация однопредметных производственных процессов при ограниченных ресурсах

Этот вариант характерен при создании поточных линий на малых и средних предприятиях для осуществления полных, как правило, простых производственных процессов при ограниченных производственных ресурсах.

2.3.3.1. Формирование исходных данных

Дополнительно к основным исходным данным (см. подразд. 2.2) принимаются следующие ограничения:

- максимально допустимое число станков на операции (в нашем примере – 3);
- ограничение по капитальным вложениям в оборудование (в нашем примере – 220 млн р.);
- ограничение по производственным площадям (в нашем примере – 85 м²);
- ограничение по производственной программе с учетом потребностей рынка (в нашем примере 350 деталей в сутки).

В рассматриваемом примере принят двухсменный режим работы поточной линии, продолжительность рабочей смены 8 ч.

Таблица 2.16

Нормы штучного времени на операциях процесса

№ операции	1	2	3	4
Нормы штучного времени, мин	4,2	3,2	7,2	2,5

Таблица 2.17

Исходные данные для расчета капитальных вложений
и производственных площадей (пример)

Наименование	№ операции			
	1	2	3	4
Капитальные вложения в единицу оборудования, млн р.	30,0	28,5	20,0	36,0
Производственная площадь под единицу оборудования, м ²	12,2	10,5	10,0	15,6

2.3.3.2. Поиск альтернативных вариантов производственной структуры поточной линии

Поиск альтернативных вариантов производственной структуры поточной линии пошаговым методом (см. п.1.5).

Результаты поиска в приводимом примере показаны в табл. 2.18

Таблица 2.18

Альтернативные варианты производственной структуры
однопредметной поточной линии

№ варианта	Такт, мин	Ср. коэф. загрузки	Показатели	№ операции			
				1	2	3	4
1	2	3	4	5	6	7	8
1	7,2	0,59	C_{np}	1	1	1	1
			t_i / C_{np}	4,2	3,2	7,2	2,5
			K_3	0,58	0,44	1,00	0,35
2	4,20	0,64	C_{np}	1	1	2	1
			t_i / C_{np}	4,2	3,2	3,6	2,5
			K_3	1,00	0,77	0,86	0,60
3	3,60	0,79	C_{np}	2	1	2	1
			t_i / C_{np}	2,1	3,2	3,6	2,5
			K_3	0,58	0,89	1,00	0,69
4	3,20	0,77	C_{np}	2	1	3	1
			t_i / C_{np}	2,1	3,2	2,4	2,5
			K_3	0,66	1,00	0,75	0,78

Окончание табл. 2.18

1	2	3	4	5	6	7	8
5	2,50	0,85	$C_{пр}$	2	2	3	1
			$t_i / C_{пр}$	2,1	1,6	2,4	2,5
			K_3	0,84	0,64	0,96	1,00
6	2,40	0,81	$C_{пр}$	2	2	3	2
			$t_i / C_{пр}$	2,1	1,6	2,4	1,25
			K_3	0,88	0,67	1,00	0,52
7	2,10	0,81	$C_{пр}$	2	2	4	2
			$t_i / C_{пр}$	2,1	1,6	1,8	1,25
			K_3	1,00	0,76	0,86	0,60
8	1,80	0,86	$C_{пр}$	3	2	4	2
			$t_i / C_{пр}$	1,4	1,6	1,8	1,25
			K_3	0,78	0,89	1,00	0,69

Число альтернативных вариантов ограничивается максимально допустимым числом станков на операции. В нашем примере следует остановиться на варианте 7, т.к. на 3-й операции число станков достигло четырех.

2.3.3.3. Выбор оптимального варианта

Оптимальный вариант выбирается по заданному критерию с учетом ограничивающих условий.

Для выполнения дальнейших действий на основании табл. 2.13 составляется упрощенная табл. 2.19.

Таблица 2.19

Варианты рациональной структуры поточной линии (пример)

Варианты	Такт, мин	Количество единиц оборудования на операциях				Общее к-во единиц оборудования
		1	2	3	4	
1	7,2	1	1	1	1	4
2	4,2	1	2	1	1	5
3	3,6	2	1	2	1	6
4	3,2	2	1	3	1	7
5	2,5	2	2	3	1	8
6	2,4	2	2	3	2	9
7	2,1	2	2	4	2	10
8	1,8	3	2	4	2	11

Расчет капитальных вложений и производственных площадей по вариантам. Результаты расчетов сводятся в табл. 2.20.

Таблица 2.20

Организационно-технические параметры поточной линии
в альтернативных вариантах (пример)

№ вар.	Такт, мин	К-во обо- руд.	№ операции				Ср. коэф. загрузки	Капит. вложения, млн р.	Произв. площадь, м ²
			1	2	3	4			
1	7,2	4	1	1	1	1	0,59	114,5	48,3
2	4,2	5	1	1	2	1	0,64	134,5	58,3
3	3,6	6	2	1	2	1	0,79	164,5	70,5
4	3,2	7	2	1	3	1	0,77	184,5	80,5
5	2,5	8	2	2	3	1	0,85	213,0	91,0
6	2,4	9	2	2	3	2	0,81	249,0	106,6
7	2,1	10	2	2	4	2	0,81	269,0	116,6
8	1,8	11	3	2	4	2	0,86	299,0	128,8

Поиск оптимального варианта осуществляется путем последовательного анализа альтернативных вариантов по ограничениям.

В нашем примере:

– по максимально допустимому числу станков на операции приемлемыми являются первых шесть вариантов. Седьмой вариант отпадает, так как на третьей операции имеется четыре станка;

– по капитальным вложениям приемлемы первых пять вариантов, так как в граничном пятом варианте капитальные вложения составляют 213,0 млн р., а ограничение – 220 млн р.:

– по производственной площади граничным является четвертый вариант (производственная площадь 80,5 м², а ограничение – 85 м²).

Четвертый вариант также является приемлемым по производственной программе ($N_c = T_c : r_{\text{раб}} = 8 \cdot 60 \cdot 2 : 3,2 = 300$).

Приемлемым является также и вариант 3, который следовало бы выбрать по критерию максимума загрузки линии ($K_z = 0,79$). Однако в этом варианте объем производства значительно меньше ($N_c = 8 \cdot 60 \cdot 2 : 3,6 = 266$).

Таким образом, определилось два приемлемых варианта: 3 и 4. В таком случае целесообразно сопоставить варианты по технологической себестоимости. Методика расчета технологической себестоимости изложена в подразд.1.8, а методика сопоставительного экономического анализа вариантов – в подразд.1.9.

По результатам анализа необходимо выбрать оптимальный вариант и произвести по нему соответствующие расчеты по организации производственного процесса.

2.4. Проектирование многопредметных производственных процессов

2.4.1. Формирование исходных данных

Перечень и таблицы для заполнения основных исходных данных при проектировании многопредметного производственного процесса приведены в подразд. 1.2.

Дополнительные исходные данные:

– годовой эффективный фонд времени работы оборудования (в нашем примере – 3900 ч);

– производственная программа и нормы штучного времени (в нашем примере – табл. 2.21).

Таблица 2.21

Производственная программа и нормы штучного времени
(пример)

№ детали	Произв-ная программа, шт.	Нормы штучного времени на операциях, мин			
		1	2	3	4
1	16000	4,5	3,8	5,6	6,7
2	14000	5,0	7,3	3,6	5,7
3	13000	7,2	5,6	6,4	3,9
4	10000	4,2	5,4	5,2	6,4

2.4.2. Расчет основных организационно-технических параметров

Методика определения основных организационно-технических параметров многопредметной поточной линии при фиксированной производственной программе включает следующие действия.

1. Определение расчетного числа единиц оборудования на операциях поточной линии по формуле

$$C_{pi} = \frac{\sum_{j=1}^n N_j t_{ij}}{60 F_{эф}}, \quad (2.14)$$

где C_{pi} – расчетное число единиц оборудования на i -й операции;

N_j – годовая производственная программа по деталям j -го наименования;

t_{ij} – норма штучного времени на i -й операции детали j -го наименования, мин.;

$F_{эф}$ – годовой эффективный фонд времени работы, ч;

n – количество наименований деталей, закрепленных за многопредметной линией.

В нашем примере:

$$C_{p1} = (1600 \cdot 4,5 + 1400 \cdot 5,0 + 1300 \cdot 7,2 + 10000 \cdot 4,2) / 60 \cdot 3900 = 1,19.$$

На других операциях $C_{p2}=1,24$; $C_{p3}=1,18$; $C_{p4}=1,29$.

2. Определение принятого числа единиц оборудования на операциях поточной линии (C_{pi}) путем округления расчетного числа до целого в сторону увеличения.

В нашем примере: $C_{п1}=2$; $C_{п2}=2$; $C_{п3}=2$; $C_{п4}=2$.

3. Расчет отношений норм штучного времени по всем операциям и всем деталям к принятому числу единиц оборудования на соответствующих операциях: $t_{ij} : c_i$.

В нашем примере:

– по детали №1: $4,5:2=2,25$; $3,8:2=1,9$; $5,6:2=2,8$; $6,7:2=3,35$;

– по детали №2: $5,0:2=2,5$; $7,3:2=3,65$; $3,6:2=1,8$; $5,7:2=2,85$;

– по детали №3: $7,2:2=3,6$; $5,6:2=2,8$; $6,4:2=3,2$; $3,9:2=1,95$;

– по детали №4: $4,2:2=2,1$; $5,4:2=2,7$; $5,2:2=2,6$; $6,4:2=3,2$.

4. Определение частных рабочих тактов поточной линии для деталей каждого наименования по максимальному отношению норм штучного времени к количеству единиц оборудования по формуле

$$r_{рабj} = \left(\frac{t_{ij}}{C_i} \right) \max. \quad (2.15)$$

В нашем примере $r_1=3,35$; $r_2=3,65$; $r_3=3,60$; $r_4=3,2$.

5. Определение фонда времени работы линии необходимого для изготовления деталей j -го наименования (F_{Hj}) по формуле

$$F_{Hj} = N_j \cdot r_{рабj} \quad (2.16)$$

В нашем примере:

$$F_{H1} = 16000 \cdot 3,35 = 53600(\text{мин.}) = 893 \text{ ч.}$$

$$F_{H2} = 14000 \cdot 3,65 = 51000(\text{мин.}) = 850 \text{ ч.}$$

$$F_{H3} = 13000 \cdot 3,60 = 46800(\text{мин.}) = 780 \text{ ч.}$$

$$F_{H4} = 10000 \cdot 3,20 = 32000(\text{мин.}) = 533 \text{ ч.}$$

6. Проверка соблюдения условия:

$$F_{эф} \geq \sum_{j=1}^n F_{Hj}. \quad (2.17)$$

В нашем примере:

- годовой эффективный фонд времени 3900 ч,
- суммарный эффективный фонд времени, необходимый для выполнения производственной программы: $893+850+780+533=3056(\text{ч})$.

В нашем примере условие (2.17) соблюдается. Если это условие не соблюдается, то необходимо проверить правильность расчетов.

Примечание. Если расчеты выполнены верно, а условие (2.17) не соблюдается, то необходимо определить деталь с максимальной суммарной трудоемкостью операций и по ней увеличить число единиц оборудования на той операции, по которой определялся частный такт. Затем произвести соответствующие расчеты и проверить соблюдение условия (2.17).

7. Определение свободного эффективного фонда времени ($F_{\text{св}}$).

В нашем примере $F_{\text{св}} = 3900 - 3056 = 844(\text{ч})$.

8. Расчет коэффициента использования годового эффективного фонда времени ($K_{\text{и.эф}}$).

В нашем примере $K_{\text{и.эф}} = 3056 : 3900 = 0,78$.

9. Расчет коэффициента загрузки i -й операции при обработке деталей j -го наименования по формуле

$$K_{zij} = \frac{t_{ij}}{r_{\text{раб}} \cdot C_{\text{пр}i}} \quad (2.18)$$

В нашем примере коэффициент загрузки первой операции при обработке деталей №1 $K_{3,1,1} = 4,5 : (3,35 \cdot 2) = 0,67$.

Результаты расчетов по другим операциям показаны в табл. 2.22.

Таблица 2.22

Коэффициенты загрузки операций
при изготовлении деталей одного наименования

№ дет.	Такт, мин	№ операции / коэффициенты загрузки			
		1	2	3	4
1	3,65	0,67	0,57	0,84	0,66
2	3,65	0,68	1,00	0,49	0,78
3	3,6	1,00	0,78	0,89	0,54
4	3,20	0,66	0,84	0,81	1,00

10. Расчет среднего коэффициента загрузки i -й операции при изготовлении всех закрепленных за линией деталей

$$\bar{K}_{zij} = \frac{\sum_{j=1}^n t_{ij}}{C_{ni} \sum_{j=1}^n r_{\text{раб}j}} \quad (2.19)$$

В нашем примере коэффициент загрузки первой операции при выполнении всей производственной программы

$$K_{z1j} = (4,5+5,0+7,2+4,2) : [2 (3,35+3,65+3,60+3,20)] = 0,76.$$

Результаты расчетов приведены в табл. 2.23.

Таблица 2.23

Расчетная таблица для определения коэффициентов загрузки операций при изготовлении всех деталей, закрепленных за линией

№ детали	Такт, мин	Показатели	№ операции			
			1	2	3	4
		К-во станков	2	2	2	2
1	3,35	Норма времени, мин	4,5	3,8	5,6	6,7
2	3,65	Норма времени, мин	5,0	7,3	3,6	5,7
3	3,60	Норма времени, мин	7,2	5,6	6,4	3,9
4	3,20	Норма времени, мин	4,2	5,4	5,2	6,4
Сумма	13,80	-	20,9	22,1	20,8	22,7
Коэффициент загрузки			0,76	0,80	0,75	0,82

11. Расчет коэффициента загрузки линии при обработке деталей j -го наименования по формуле

$$K_{zj} = \frac{\sum_{i=1}^m t_{ij}}{r_{\text{раб}j} \sum_{i=1}^m C_{\Pi i}} \quad (2.20)$$

В нашем примере при обработке деталей №1 коэффициент загрузки линии определяется следующим выражением:

$$K_{z1} = (4,5+3,8+5,6+6,7) : [3,35 (2+2+2+2)] = 0,79.$$

Соответствующие расчеты проводятся по остальным деталям.

$$K_{z2} = 0,74; K_{z3} = 0,74; K_{z4} = 0,83.$$

12. Расчет среднего коэффициента загрузки поточной линии производится по формуле

$$\bar{K}_z = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m t_{ij}}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m r_{\text{раб}j} C_{\Pi i}} \quad (2.21)$$

Примечание. При расчетах следует воспользоваться данными табл. 3.3.

В нашем примере средний коэффициент загрузки линии определяется выражением

$$K_3 = [(4,5+5,0+7,2+4,2)+22,1+20,8+22,7] : [3,35 (2+2+2+2) + 3,65 \cdot 8+3,6 \cdot 8+3,2 \cdot 8] = 0,78.$$

2.4.3. Анализ организационно-технических параметров

Целью анализа является выявление «узких мест» в организации производственного процесса и выработка рекомендаций по их ликвидации.

Прежде всего необходимо проанализировать годовой эффективный фонд времени и при наличии свободного фонда предложить конкретные обоснованные мероприятия по его использованию.

Возможные варианты использования свободного фонда времени:

– оставить свободный фонд времени как резерв для догрузки поточной линии деталями других наименований в перспективе. Если при этом известны состав операций, нормы штучного времени, а также производственная программа по предполагаемой к догрузке детали, то необходимо определить частный рабочий такт и необходимый фонд времени при обработке догружаемой детали (см. 3.1.2). Сопоставление свободного фонда времени с необходимым для догружаемой детали позволяет судить о возможности полном или частичном выполнении программы по догружаемой детали. Если после догрузки линии частично остается свободный фонд времени, то необходимо решать задачу о его использовании;

– полностью или частично оставить свободный фонд времени как резервный при обработке закрепленных за линией деталей. Такое решение может быть аргументировано нестабильностью производственного процесса (внутри-сменные и целодневные нерегламентированные (случайные) потери рабочего времени по различным причинам) при большой трудоемкости переналадок и др. В этом случае необходимо рассчитать количество резервных часов на основе учета времени перебоев в работе за прошедший период с учетом уменьшения потерь времени в планируемом периоде за счет внедрения организационно-технических мероприятий;

– при наличии большого резерва свободного времени и при отсутствии возможности догрузки линии необходимо рассмотреть вариант односменной работы, что повлечет за собой уменьшение годового эффективного фонда времени работы и, как следствие, изменение производственной структуры поточной линии. В этом случае необходимо рассчитать основные организационно-технические параметры производственного процесса при односменном режиме работы;

– могут быть приняты другие решения по использованию свободного фонда времени.

Любое решение по использованию свободного фонда времени приведет к изменению экономических показателей по сравнению с исходным вариантом.

Поэтому необходимо произвести расчеты технологической себестоимости деталей по вариантам и по этому показателю сделать соответствующие выводы.

Анализ загрузки операций при изготовлении деталей одного наименования должен показать, что при обработке деталей каждого наименования одна или несколько операций загружены на 100 %, что свидетельствует о том, что частные такты определены верно. Низкие коэффициенты загрузки оборудования на отдельных операциях свидетельствуют о возможности его догрузки внепоточной продукцией.

Анализу подвергается также загрузка линии при обработке деталей каждого наименования и средняя загрузка линии.

Необходимо также проверить степень отклонения производственного процесса от условия синхронности выполнения операций (см. выражение (1.3)). Если на отдельных операциях отклонение не превышает 10 %, то можно принять параллельный вид движения.

2.4.4. Разработка стандарт-планов и построение графиков движения оборотных межоперационных заделов

Если принят параллельно-последовательный вид движения предметов труда, то для многопредметных прямопоточных линий разрабатываются стандарт-планы и графики движения оборотных межоперационных заделов для каждой закрепленной за линией детали. Когда линия налажена для производства определенного наименования или типоразмера детали, она работает как однопредметная прерывно-поточная линия. Поэтому построение стандарт-планов и графиков движения оборотных межоперационных заделов по каждой детали осуществляется по методике, изложенной в пп. 2.3.2 и 2.3.3. Количество стандарт-планов и графиков соответствует количеству наименований закрепленных за поточной линией деталей.

Примечание. Учитывая большой объем рутинной работы при расчетах технологической себестоимости по всем деталям, закрепленным за многопредметной поточной линией, по усмотрению руководителя проекта можно ограничиться расчетами по одной детали.

Литература

1. Пашуто, В. П. Организация, нормирование и оплата труда на предприятии : учеб.-метод. пособие / В. П. Пашуто. – М. : КНОРУС, 2005. – 320 с.
2. Сачко, Н. С. Планирование и организация машиностроительного производства. Курсовое проектирование : учеб. пособие / Н. С. Сачко, И. М. Бабук. – Минск : Новое знание, 2009. – 240 с.
3. Бухалков, М. И. Организация производства на предприятиях машиностроения : учебник. – М. : ИНФРА-М, 2010. – 511 с.
4. Технологические процессы и исходные данные для выполнения курсовой работы : прил. к метод. пособию «Организация производства и управление предприятием». Ч.2 /Н. И. Новицкий [и др.]; под ред. Н. И. Новицкого. – БГУИР, 2004. – 132 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 /под ред. А. М. Дальского, А. Г. Сулова, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – 5-е изд. перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2003. – 944 с.
6. Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации промышленного транспорта. ПОТ Р М-029-2003. – М. : Изд-во НЦ, 2003. – 88 с.
7. Нормы технологического проектирования предприятий машиностроения, приборостроения и металлообработки. ОНТП 14-93, АО «Гипростанок» [электронный ресурс] режим доступа : [www libgost.ru](http://www.libgost.ru).
8. Сачко, Н. С. Организация и оперативное управление машиностроительным производством : учебник / Н. С. Сачко. – Минск : ИВЦ Минфина, 2005. – 636 с.
9. Калинин, Г. А. Организация производственных процессов предметной специализации : Монография / Г. А. Калинин. – Минск : Институт управления и предпринимательства, 2001. – 159 с.
10. Калинин, Г. А. Организация производства : учеб.-метод. пособие по курсовому и дипломному проектированию / Г. А. Калинин. – Минск : БГПА, 1993. – 131с.
11. Калинин, Г. А. Обратные межоперационные заделы: теоретические положения и методы расчета / Г. А. Калинин // Экономика и управление. – 2006. – №2. – С. 31–39.
12. Слак, Н. Организация, планирование и проектирование производства. Операционный менеджмент / Н. Слак, С. Чеймберс, Р. Джонстон; пер. с англ. – М. : ИНФРА-М, 2009. – 790 с.
13. Рязанова, В. А. Организация и планирование производства : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В. А. Рязанова, Э. Ю. Люшина; под ред. М. Ф. Балакина. – М. : Издательский центр «Академия», 2010. – 272 с.
14. СТП П-01 2008 (Дипломные проекты (работы): общие требования. – Введ. 2009-02-01. – Утв. с изм. 24.12.2009. – Минск : БГУИР, 2010. – 176 с.).
15. Экономика и организация производства : руководство по преддипломной практике и дипломному проектированию / Э. А. Афитов [и др.]; под ред. В. П. Пашуто. – Минск: БГУИР, 2007. – 47 с.
16. Положение об организации и проведении курсового проектирования в БГУИР.

Содержание курсового проекта на типовую тему
«Организация однопредметного производственного процесса
механической обработки детали (наименование)»

Исходные данные:

- 1) технологический процесс;
- 2) производственная программа;
- 3) количество рабочих смен в сутки;
- 4) данные по совмещению профессий;
- 5) данные по многостаночному обслуживанию.

Содержание расчётно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

Введение.

1 Формирование исходных данных.

2. Расчет основных организационно-технических параметров производственного процесса при фиксированной производственной программе.

3. Построение стандарт-плана поточной линии.

4. Расчет и построение графиков движения оборотных межоперационных заделов.

5. Расчет технологической себестоимости детали.

6. Синхронизация производственного процесса.

7. Расчет технологической себестоимости детали в синхронизированном процессе.

8. Сопоставительный анализ себестоимости детали.

9. Формирование исходных данных для технического задания на проектирование поточной линии.

Заключение.

Список использованных источников.

Приложения.

Перечень графического материала:

- стандарт-план поточной линии;
- график движения оборотных межоперационных заделов;
- график многостаночного обслуживания;
- таблица сравнительного анализа технологической себестоимости детали.

Содержание курсового проекта на типовую тему
«Экономическое обоснование выбора варианта и расчет организационно-технических параметров однопредметного производственного процесса механической обработки детали (наименование)»

Исходные данные:

- 1) технологический процесс;
- 2) ограничение по количеству станков на операции;
- 3) количество рабочих смен в сутки;
- 4) производственная программа;

Содержание расчётно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

Введение.

1. Формирование исходных данных.
2. Выбор оптимального и подоптимального вариантов производственного процесса по критерию максимума загрузки оборудования.
3. Анализ альтернативных вариантов организации производственного процесса при фиксированном эффективном фонде времени работы.
4. Расчет технологической себестоимости детали в вариантах.
5. Сопоставительный анализ технологической себестоимости и выбор оптимального варианта.
6. Построение стандарт-плана поточной линии.
7. Расчет и построение графиков движения оборотных межоперационных заделов.
8. Анализ альтернативных вариантов организации производственного процесса при фиксированной производственной программе.
9. Формирование исходных данных для технического задания на проектирование поточной линии.

Заключение.

Список использованных источников.

Приложения.

Перечень графического материала:

- стандарт-план поточной линии;
- график движения оборотных межоперационных заделов;
- альтернативные варианты производственной структуры однопредметной поточной линии (таблица);
- таблица сравнительного анализа технологической себестоимости детали.

Содержание курсового проекта на типовую тему
«Организация однопредметного производственного процесса
механической обработки детали (наименование) при ограниченных
ресурсах»

Исходные данные:

- 1) технологический процесс;
- 2) ограничение по количеству станков на операции;
- 3) количество рабочих смен в сутки;
- 4) ограничение по капитальным вложениям в оборудование;
- 5) Ограничение по производственным площадям.

Содержание расчётно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

Введение.

1. Формирование исходных данных.
2. Поиск альтернативных вариантов производственной структуры поточной линии.
3. Выбор приемлемых вариантов по ограничениям.
4. Расчет технологической себестоимости по вариантам.
5. Сопоставительный экономический анализ вариантов.
6. Выбор оптимального варианта.
7. Построение стандарт-плана поточной линии.
8. Расчет и построение графиков движения оборотных межоперационных заделов.
9. Формирование исходных данных для технического задания на проектирование поточной линии.

Заключение.

Список использованных источников.

Приложения.

Перечень графического материала:

- стандарт-план поточной линии;
- график движения оборотных межоперационных заделов;
- организационно-технические параметры поточной линии в альтернативных вариантах (таблица);
- таблица сравнительного анализа технологической себестоимости детали.

Содержание курсового проекта на типовую тему
«Организация многопредметного производственного процесса
механической обработки группы деталей»

Исходные данные:

- 1) технологический процесс;
- 2) производственная программа;
- 3) количество рабочих смен в сутки.

Содержание расчётно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

Введение.

1. Формирование исходных данных.
2. Расчет основных организационно-технических параметров.
3. Анализ организационно-технических параметров.
4. Построение стандарт-плана поточной линии.
5. Расчет и построение графиков движения оборотных межоперационных заделов.
6. Расчет технологической себестоимости детали-представителя.
7. Анализ себестоимости детали-операций по детали-представителю.
8. Формирование исходных данных для технического задания на проектирование поточной линии.

Заключение.

Список использованных источников.

Приложения.

Перечень графического материала:

- стандарт-план поточной линии;
- график движения оборотных межоперационных заделов;
- таблица технологической себестоимости детали.

Пример оформления титульного листа курсового проекта

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования «Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Факультет инженерно-экономический

Кафедра менеджмента

Дисциплина: Организация производства

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к курсовому проекту
на тему

ОРГАНИЗАЦИЯ ОДНОПРЕДМЕТНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО
ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «ШЕСТЕРНЯ»
БГУИР КП 1-53 01 07 197*ПЗ

Студент: гр. 771502 Герасимович И. И.

Руководитель: кандидат экономических наук,
доцент Калинин Г. А.

Минск 2012

Факультет ИЭФ
«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой _____
(подпись)

«___» _____ 20 г.

ЗАДАНИЕ

по курсовому проектированию

Гр.771502 Студенту Герасимович Ирине Иосифовне

1. Тема проекта Организация однопредметного производственного процесса механической обработки детали «кронштейн».

2. Срок сдачи студентом законченного проекта 18.12.2011 г.

3. Исходные данные к проекту Исходные данные по техпроцессу: Источник [4]; Приложение 2, Таблицы 2.1; 2.2; 2.3. Кронштейн, дет. 2.1, вариант 7.

Сменная программа запуска 150 деталей. Режим работы односменный. Продолжительность рабочей смены 8ч. На линии полное совмещение профессий и функций.

4. Содержание расчётно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов) _____

Введение

1. Формирование исходных данных.

2. Расчет основных организационно-технических параметров производственного процесса при фиксированной производственной программе.

3. Построение стандарт-плана поточной линии.

4. Расчет и построение графиков движения оборотных межоперационных заделов.

5. Расчет технологической себестоимости детали.

- 6. Синхронизация производственного процесса.
- 7. Расчет технологической себестоимости детали в синхронизированном процессе.
- 8. Сопоставительный анализ себестоимости детали.
- 9. Формирование исходных данных для технического задания на проектирование поточной линии.
- Заключение.
- Список использованных источников.
- Приложения.

- 5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей и графиков)
Стандарт-план поточной линии.
График движения оборотных межоперационных заделов.
Таблица сравнительного анализа технологической себестоимости детали.

- 6. Консультанты по проекту (с указанием разделов проекта)

7. Дата выдачи задания 03.09.2011г

- 8. Календарный график работы над проектом на весь период проектирования (с указанием сроков выполнения и трудоёмкости отдельных этапов)

Раздел 1 к 20.09 – 15%;

Разделы 2,3 к 15.10 – 25%;

Раздел 4 к 10.11 – 20%;

Разделы 5,6,7 к 01.12;

Разделы 8,9 к 18.12.

Руководитель _____
(подпись)

Задание принял к исполнению _____
(дата и подпись студента)

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Основные теоретические и методические положения	5
1.1. Исходные условия рациональной организации производственных процессов	5
2.1. Основные принципы рациональной организации производственных процессов	7
1.3. Основной норматив поточного производства	9
1.4. Альтернативные варианты организации производственных процессов	13
1.5. Пошаговый метод поиска альтернативных вариантов	17
1.6. Совмещение профессий и функций	18
1.7. Организация многостаночного обслуживания	20
1.8. Методика расчета технологической себестоимости детали операции	22
1.9. Сопоставительный экономический анализ альтернативных вариантов	28
1.10. Фонды времени работы оборудования	28
1.11. Формирование исходных данных для технического задания на проектирование поточной линии	29
2. Методика выполнения разделов курсового проекта	30
2.1. Введение	30
2.2. Формирование исходных данных	30
2.3. Проектирование однопредметных производственных процессов	35
2.3.1. Проектирование однопредметных производственных процессов при фиксированной производственной программе	35
2.3.1.1. Формирование исходных данных при фиксированной производственной программе	35
2.3.1.2. Расчет основных организационно-технических параметров	36
2.3.1.3. Построение стандарт-плана прямоточной линии	39
2.3.1.4. Расчет и построение графиков движения оборотных межоперационных заделов	42
2.3.1.5. Расчет технологической себестоимости детали	48
2.3.1.6. Синхронизация производственного процесса	48
2.3.1.7. Сопоставительный анализ альтернативных вариантов	50
2.3.2. Экономическое обоснование выбора варианта и расчет организационно-технических параметров однопредметного производственного процесса	51
2.3.2.1. Формирование исходных данных	51
2.3.2.2. Выбор оптимального и подоптимального вариантов производственного процесса по критерию максимума загрузки оборудования	51

2.3.2.3. Анализ альтернативных вариантов при фиксированном фонде времени работы	53
2.3.2.4. Анализ альтернативных вариантов при фиксированной производственной программе	54
2.3.3. Проектирование однопредметных производственных процессов при ограниченных ресурсах	57
2.3.3.1. Формирование исходных данных	57
2.3.3.2. Поиск альтернативных вариантов производственной структуры поточной линии	58
2.3.3.3. Выбор оптимального варианта	59
2.4. Проектирование многопредметных производственных процессов	61
2.4.1. Формирование исходных данных	61
2.4.2. Расчет основных организационно-технических параметров	61
2.4.3. Анализ организационно-технических параметров	65
2.4.4. Разработка стандарт-планов и построение графиков движения оборотных межоперационных заделов	66
Литература	67
Приложения	68

Библиотека БГУИР

Учебное издание

Калинкин Геннадий Александрович

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Редактор *И. П. Острикова*
Корректор *Е. Н. Батурчик*
Компьютерная верстка *А. В. Бас*

Подписано в печать 22.10.2012. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 4,77. Уч.-изд. л. 4,5. Тираж 100 экз. Заказ 772.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
ЛИ № 02330/0494371 от 16.03.2009. ЛП № 02330/0494175 от 03.04.2009.
220013, Минск, П. Бровки, 6