

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

КУЙБЫШЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени академика С. П. КОРОЛЕВА

И. А. Иващенко, В. А. Мартынов, И. Н. Косенко

ОПТИМИЗАЦИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
ДЕТАЛЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

*Утверждено редакционно-издательским советом института
в качестве учебного пособия по курсовому и дипломному проектированию*

Ивашенко А. И., Мартынов В. А., Косенко И. Н.
*Оптимизация технологических процессов механической обработки
деталей двигателей летательных аппаратов: Учебное пособие.* —
Куйбышев: КуАИ, 1985. — 87 с.

В учебном пособии изложена методика оптимизации технологических операций механической обработки по критериям минимальной трудоемкости, минимальной технологической себестоимости и минимума приведенных затрат. Приведены расчетные уравнения для определения штучного и калькуляционного времени, основных элементов (затрат) технологической себестоимости операций механической обработки. Содержание и последовательность расчетов изложены в алгоритмической форме, удобной как для традиционного (ручного) расчета, так и для расчетов с использованием ЭВМ. Возможности машинного анализа обеспечиваются имеющимися в пособии алгоритмами общего процесса оптимизации, картой исходной информации и программой расчета на ЭВМ.

В приложении приведена нормативно-справочная информация, позволяющая выполнить оптимизацию для всех основных методов механической обработки, включая и обработку деталей на станках с ЧПУ.

Учебное пособие предназначено для студентов специальности 0537 «Авиационные двигатели», обучающихся по учебному плану целевой интенсивной подготовки специалистов (ЦИПС), а также для студентов технологической и конструкторской специализации при выполнении ими курсовых и дипломных проектов по технологической тематике. Пособие может быть также использовано слушателями факультета повышения квалификации руководящих работников и специалистов промышленности.

Ил. 9; табл. 24, библиогр. — 18 назв.

Рецензенты: д-р техн. наук проф. Б. А. Кравченко,
канд. техн. наук Г. В. Иванов

ВВЕДЕНИЕ

Одним из главных направлений экономической политики КПСС на современном этапе является дальнейшее неуклонное повышение эффективности общественного производства, достижение высокого качества изделий при сокращении сроков их освоения и снижении стоимости.

Повышение эффективности производства двигателей летательных аппаратов на стадии технологической подготовки производства может быть достигнуто путем оптимизации технологических процессов или отдельных операций механической обработки деталей и сборки двигателей летательных аппаратов (ЛА).

Современное машиностроение располагает большим арсеналом методов и средств обработки заготовок. Это обуславливает возможность при разработке технологического процесса получать заданные по чертежу параметры детали или изделия не одним каким-либо, а различными методами с использованием оборудования и оснащения различной степени совершенства и производительности.

В связи с этим, технолог, проектируя технологический процесс, обязан включать в первоначальный его проект несколько наиболее целесообразных и технически возможных вариантов отдельных операций и всего процесса. Техническими ограничениями вариантов будет являться необходимость обеспечения заданного качества деталей. Для каждого варианта должны быть определены характеристики экономической эффективности (трудоемкость, себестоимость и т. п.). Сравнивая значения характеристик, можно отобрать оптимальный вариант каждой операции и всего процесса по одному или группе экономических критериев.

Метод принятия решений на основе оптимизации является крупным шагом на пути совершенствования методологии технологического проектирования, он позволяет отказаться от широко используемого в настоящее время принятия технологических


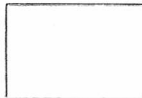
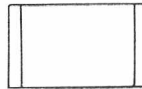
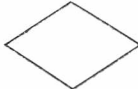
решений по аналогии, по опыту технолога или сложившейся практики, по интуиции.

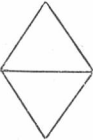
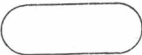

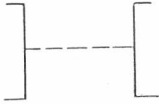
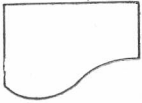

Задача оптимизации технологических процессов и отдельных операций давно уже является актуальной. Однако ранее она не находила должного решения из-за трудности вручную выполнить большой объем расчетов при определении трудоемкости, себестоимости и других экономических показателей. В настоящее время появились реальные возможности не только механизировать, но и автоматизировать технико-экономические расчеты путем использования ЭВМ. Передача на ЭВМ нетворческой, но большой по объему счетной работы дает возможность технологу без увеличения затрат времени и сроков проектирования находить оптимальные решения.

Предлагаемое учебное пособие поможет студентам овладеть методами и приемами оптимизации технологических операций при курсовом и дипломном проектировании, т. е. элементами современной методологии технологического проектирования. Предполагается, что в ходе курсового и дипломного проектирования каждый студент выполнит расчет технико-экономических показателей вариантов технологических операций как вручную, так и с использованием ЭВМ. Последнее, кроме того, будет способствовать овладению студентами современными методами инженерного труда, основанными на математическом моделировании и применении ЭВМ.

*УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ НА БЛОК-СХЕМАХ
АЛГОРИТМОВ*

Опыт ряда вузов показывает, что алгоритмическая форма представления методики является удобной не только при автоматизированном (машинном) методе расчета (проектирования), но и при традиционном — ручном. В связи с этим, в учебном пособии наряду с текстовой дается также алгоритмическая форма методики расчета показателей (критериев) оптимизации. На блок-схемах в соответствии с требованиями ГОСТ 19.003-80 приняты следующие условные обозначения.

Обозначение блока	Наименование блока	Комментарий
	Ручной ввод	Ввод исходных данных вручную при помощи неавтоматизированных устройств
	Процесс	Выполнение операции или группы операций, в результате которых изменяется значение, форма представления или расположения данных
	Предопределенный процесс	Использование ранее созданных и отдельно описанных алгоритмов или программ
	Анализ и выбор пути решения	Выбор направления выполнения алгоритма или программы в зависимости от некоторых переменных условий

Обозначение блока	Наименование блока	Комментарий
	Сортировка	Упорядочение множества по заданным признакам (в порядке возрастания или убывания величины и т. д.)
	Начало, прерывание, останов	Начало, конец, прерывание процесса обработки данных или выполнение программы
	Метка перехода, соединитель	Указание связи между прерванными линиями потока
	Комментарии	Связь между элементами схемы и пояснением
	Документ	Ввод-вывод данных, носителями которых служит бумага. При ручном расчете результаты предшествующего этапа должны быть сведены в таблицу
	Соединитель	Указание связи между разъемными частями схем, алгоритмов и программ, расположенных на разных листах

1. ЦЕЛИ, КРИТЕРИИ И МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Важной характеристикой всякого метода проектирования является возможность получения оптимальных для заданных условий технологических процессов (ТП). Поэтому современные методы и системы разработки технологических процессов (ручные и автоматизированные) должны содержать этап оптимизации.

Математические методы оптимизации связаны с необходимостью разработки и применения математических моделей. Модель представляет собой отображение определенной системы, с помощью которой воспроизводятся наиболее существенные признаки реального технологического процесса или его элементов (операций, переходов и т. д.). Она может быть представлена в виде графиков, формул, макетов и т. п. При построении математической модели, в зависимости от характера операций технологического процесса, может быть использован математический аппарат различной сложности. В простейших случаях модель описывается простым алгебраическим уравнением. В более сложных, когда требуется рассмотреть процесс в динамике, применяется аппарат дифференциальных уравнений, обыкновенных и с частными производными.

Отметим также, что модели могут быть детерминированными и вероятностными. В детерминированных моделях параметры имеют вполне строгое, определенное значение, все зависимости здесь жестко зафиксированы, круг факторов весьма ограничен и абстрагирован от действия других неучтенных факторов.

В зависимости от структуры и содержания технологического процесса для математического описания его используются различные виды функций, например, $y = b_0 + bx$, $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2$, $y = b_0 + b_1x + b_2x^2$ и др. В общем виде математическую модель технологического процесса обработки деталей на металлорежущих станках можно представить совокупностью многофакторных линейных и степенных функций вида

$$y = \sum_{i=1}^n a_i x_i + \sum_{i=1}^n b_i x_i^{p_i}, \quad (1)$$

где y — обобщенный критерий точности, качества и экономичности (целевая функция);

x_i — технологические параметры (режимы обработки, свойства обрабатываемого материала, геометрические параметры режущего инструмента, жесткость системы СПИД и др.);

a_i, b_i — коэффициенты, характеризующие зависимость точности, качества, экономичности от данного технологического фактора.

При построении математической модели важное значение имеет правильный выбор входных параметров (X), условия их ограничения (R) и целевой функции (E).

Основными параметрами технологического процесса при обработке деталей на металлорежущих станках являются режимы резания (v, t, S), жесткость системы СПИД, геометрические параметры и стойкость инструмента и др. Задачей моделирования является нахождение таких режимов и условий обработки, которые обеспечивали бы заданное качество обрабатываемых деталей (выполнение ограничений) и приводили бы целевую функцию к экстремальному значению. Главными ограничениями являются допустимые погрешности размеров, формы и взаимного расположения поверхностей, а также определенные требования к качеству поверхностного слоя (шероховатость, износ, остаточные напряжения).

Целевая функция является основным критерием выбора наиболее выгодного (оптимального) варианта обработки из множества описываемых моделью и должна отражать количественное и качественное влияние каждого из параметров на критерий оптимальности. В качестве целевой функции при построении оптимальной операции и выборе оптимальных режимов обработки могут быть приняты наименьшая технологическая себестоимость, максимальная производительность (минимальная трудоемкость) и обобщенный показатель наименьших приведенных затрат. В последнем случае целевая функция для операции имеет вид

$$C_{\text{пр оп } i} = C_{\text{оп } i} + E_n K_{\text{уд } i} \rightarrow \min, \quad (2)$$

где $C_{\text{пр оп } i}$ — приведенные затраты на i -ю операцию;

$C_{\text{оп } i}$ — технологическая себестоимость i -й операции;

$K_{\text{уд } i}$ — капитальные вложения по оборудованию и оснастке, отнесенные к одной детали;

E_n — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

В некоторых случаях в качестве целевой функции бывает необходимо принимать и такие показатели, как например, максимально достижимую точность обработки, получение максимальной усталостной прочности обрабатываемой детали и др.

Решение задачи оптимизации многопараметрической модели технологического процесса состоит в определении экстремального значения целевой функции с учетом совокупности различных ограничений параметров. Для отыскания экстремума функции применяются аналитические и алгоритмические методы. Для аналитических методов характерно явное выражение целевой функции, что в практике моделирования ТП не всегда возможно. Поэтому для отыскания экстремума функций в условиях ограничений применяют численные или алгоритмические методы.

В зависимости от того, каким путем достигается экстремальное значение целевой функции, различают структурную, параметрическую и комплексную оптимизацию.

Применительно к технологическим операциям механической обработки, при структурной оптимизации экстремальное значение критерия достигается за счет варьирования методов обработки, оборудования, технологического оснащения, содержания операций. Примером структурной оптимизации, например, для обработки отверстия по 2-му классу точности (~ 7 -му качеству), будет сравнение выполнения операции обработки отверстия путем развертывания и шлифования по критериям минимальной трудоемкости, минимальной технологической себестоимости или минимума приведенных затрат.

При параметрической оптимизации наимыгоднейший вариант достигается за счет изменения параметров процесса механической обработки, т. е. путем варьирования значений режимов резания (t , S , V), геометрии и стойкости инструмента. При обработке деталей на станках с адаптивным управлением оптимальные режимы обработки обеспечиваются встроенной системой автоматического управления за счет изменения подачи или жесткости системы СПИД [2].

Наилучшие результаты дает комплексная оптимизация, при которой оптимальный вариант процесса или операции получают за счет варьирования методов обработки, оборудования, оснащения, так и за счет изменения параметров процесса.

В предлагаемом учебном пособии излагается, в основном, методика структурной оптимизации операций при использовании общепринятых критериев максимальной производительности, (минимальной трудоемкости), минимальной технологической себестоимости и минимума приведенных затрат.

Следует различать оптимизацию технологического процесса и оптимизацию отдельных технологических операций. В подавляющем большинстве случаев экономическому анализу подвергаются варианты отдельных операций, а не процесса в целом. Это связано с трудностями проведения такого анализа для большого числа вариантов технологического процесса.

Пусть, например, необходимо установить оптимальный вариант обработки литой бронзовой втулки больших размеров. Наружную поверхность можно обработать тремя способами: на токарном, револьверном и многолезвцовом станке; внутреннюю поверхность — пятью способами: расточкой на токарном или револьверном станке, зенкерованием или растачиванием на сверлильном станке или протягиванием. Нарезку резьбы можно осуществить тремя способами: на токарном, револьверном или резьбофрезерном станке [12]. Для упрощения полагаем, что каждая поверхность обрабатывается за одну операцию. Но и при этом технологический процесс будет иметь $3 \times 5 \times 3 = 45$ вариантов. Очевидно, что сравнение нескольких вариантов операции (по производительности или технологической себестоимости) нетрудно выполнить и при ручном анализе, в то время как экономический анализ 45 вариантов технологического процесса требует больших затрат времени и средств. В связи с этим, в настоящем пособии излагается методика оптимизации отдельных технологических операций. При необходимости выполнить экономический анализ процесса или группы операций, следует использовать уравнение для определения себестоимости ТП в целом.

2. ОПТИМИЗАЦИЯ ПО КРИТЕРИЮ МИНИМАЛЬНОЙ ТРУДОЕМКОСТИ

В ряде случаев (в опытном, ремонтном производстве и т. п.) на первый план при организации производства выдвигается требование сокращения времени на выполнение операций — требование минимальной трудоемкости.

В качестве критерия трудоемкости используется норма штучно-калькуляционного времени или, для краткости, калькуляционное время

$$t_{\text{кальк}} = t_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{N_{\text{п}}}, \quad (3)$$

где $t_{\text{шт}}$ — норма штучного времени, мин;

$T_{\text{пз}}$ — подготовительно-заключительное время, мин;

$N_{\text{п}}$ — количество заготовок в партии, шт.

Состав нормы штучного времени:

$$t_{\text{шт}} = t_0 + t_{\text{в}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{пер}}, \quad (4)$$

где t_0 — основное (при обработке на металлорежущих станках — машинное или машинно-ручное) время, затрачиваемое на непосредственное резание.

При обработке деталей на станках-автоматах, агрегатных станках и на станках с ЧПУ в состав t_0 включается время на поворот и перемещение револьверной головки, шпинделей, суппортов, стола, на смену инструмента и другие элементы, входящие в автоматический цикл. Машинное время определяется расчетом. Для многопереходных операций при ручном управлении станком основное время операции

$$t_0 = \sum_{i=1}^m t_{0i}, \quad (5)$$

где t_{0i} — основное время отдельных переходов;

m — число переходов (проходов).

Вспомогательное время, затрачиваемое на действия рабочего, сопровождающие и обеспечивающие основную работу,

$$t_{\text{в}} = t_{\text{в уст}} + \sum_{i=1}^m (t_{\text{в пер}} + t_{\text{в изм}}), \quad (6)$$

где $t_{\text{в уст}}$ — время на установку, закрепление, раскрепление и снятие заготовки, величина его определяется по нормативам /15/;

$t_{\text{в пер}}$ — вспомогательное время, связанное с переходом (изменение подачи, числа оборотов, поворот револьверной головки или позиционного приспособления, перемещения суппорта с инструментом и др.); определяется по нормативам /16/;

$t_{\text{в изм}}$ — вспомогательное время на измерение, определяется также по нормативам /16/;

m — число переходов (проходов) в операции.

Время на техническое и организационное обслуживание рабочего места (смену инструмента вследствие притупления, подналадку станка, чистку и смазку станка, прием и сдачу смены)

$t_{\text{обс}}$ определяется по уравнению

$$t_{\text{обс}} = \alpha / 100 \cdot t_{\text{оп}}, \quad (7)$$

где $t_{\text{оп}} = t_0 + t_{\text{в}}$ — оперативное время;

α — нормативный коэффициент на обслуживание рабочего места, определяется по нормативам /16/;

$t_{\text{пер}}$ — время перерывов на отдых и естественные надобности, определяется по уравнению

$$t_{\text{пер}} = \beta / 100 \cdot t_{\text{оп}}, \quad (8)$$

β — коэффициент, определяемый по нормативам /16/.

Подготовительно-заключительное время $T_{\text{пз}}$ — время, затрачиваемое рабочим на ознакомление с предстоящей работой, подготовку и наладку станка, приспособлений и инструментов, а также на снятие инструментов и приспособлений по окончании обработки партии деталей, определяется также по нормативам /16/.

Размер партии $N_{\text{п}}$ определяется в зависимости от типа производства, габарита, веса и степени сложности деталей, а также сложности используемого оборудования и оснастки. По одному из упрощенных методов размер партии определяется по соотношению /6, 17/

$$N_{\text{п}} = N_{\text{г}} / n_{\text{п}}, \quad (9)$$

где $N_{\text{г}}$ — годовая программа, шт;

$n_{\text{п}}$ — число партий (запусков) в год, значения $n_{\text{п}}$ приведены в табл. П1.

Блок-схема алгоритма определения $t_{\text{шт}}$ и $t_{\text{кальк}}$ приведена на рис. 1.

При оптимизации по критерию минимальной трудоемкости варьируемыми (изменяемыми) компонентами технологического процесса (аргументами целевой функции) могут быть: вид и способ получения заготовки, тип или типоразмер (модель) оборудования, тип и конструкция приспособлений, тип, конструкция, материал и геометрия режущих инструментов, параметры режимов резания, размер партии.

В зависимости от поставленной задачи оптимизация технологических операций может выполняться по следующим схемам.

1-я схема. На рис. 2 показана зависимость трудоемкости от количества обрабатываемых заготовок N для трех вариантов выполнения технологической операции:

$$T_{1 \text{ кальк}}^N = T_{1 \text{ пз}} + t_{1 \text{ шт}} N \text{ (кривая 1),}$$

$$T_{2 \text{ кальк}}^N = T_{2 \text{ пз}} + t_{2 \text{ шт}} N \text{ (кривая 2),}$$

$$T_{3 \text{ кальк}}^N = T_{3 \text{ пз}} + t_{3 \text{ шт}} N \text{ (кривая 3).}$$

В точках A_1 и A_2 кривые пересекаются. Критические значения $N_{\text{кр}}$, которым соответствуют узлы пересечения, можно определить из следующих соображений: в точке A_1 при значении $N = N_{1 \text{ кр}}$ имеет место равенство значений штучно-калькуляционного времени на партию для 1-го и 2-го вариантов операций:

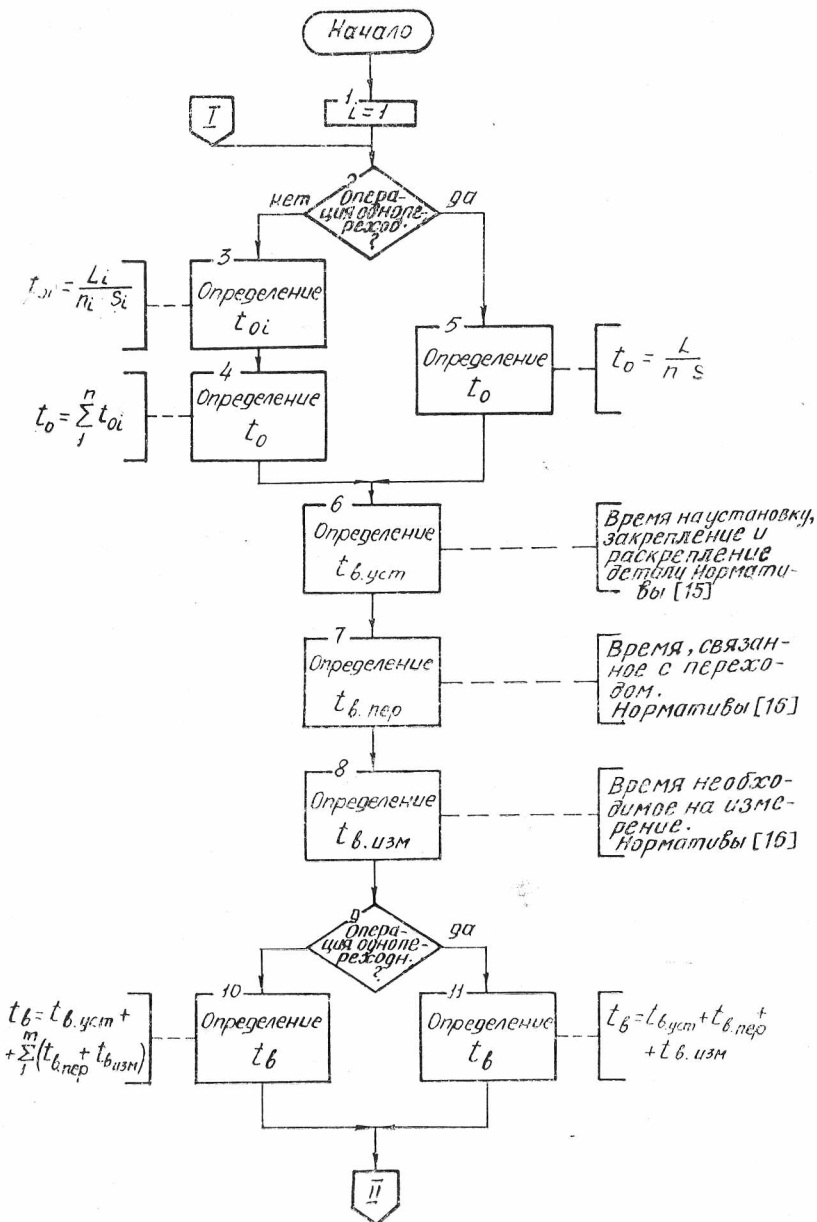
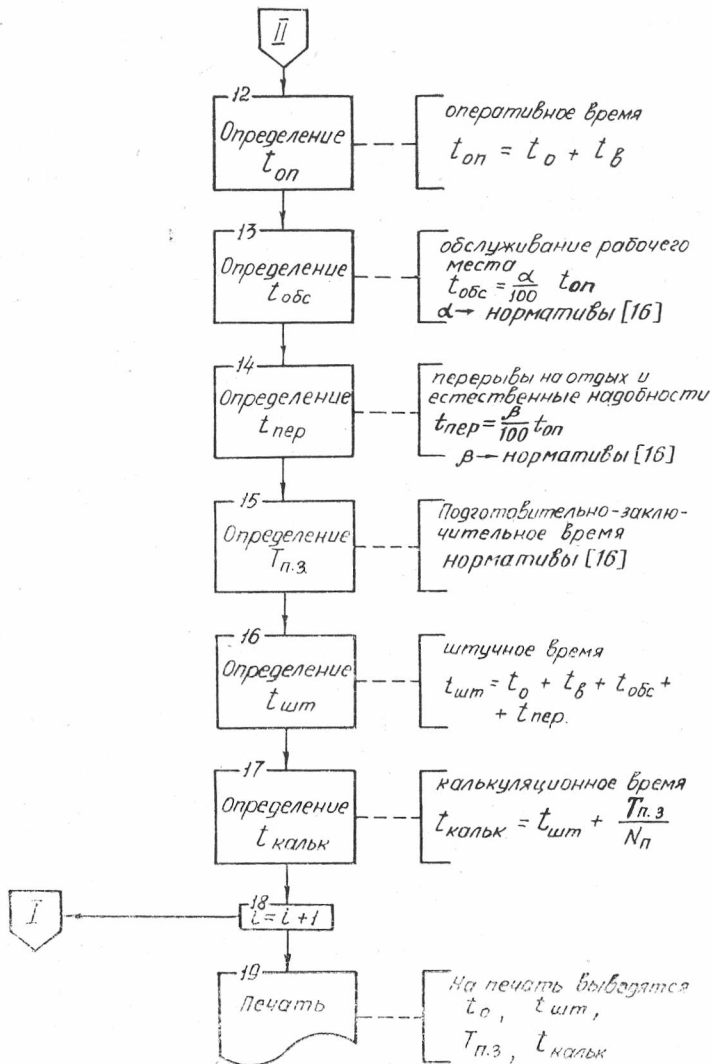


Рис. 1. Блок-схема алгоритма определения штучного и штучно-калькуляционного времени обработки детали



Р и с. 1. Окончание

$T_{1 \text{ кальк}}^N = T_{2 \text{ кальк}}^N$. Подставляя вместо $T_{1 \text{ кальк}}^N$ и $T_{2 \text{ кальк}}^N$ их значения, приведенные выше, получаем: $T_{1 \text{ пз}} + t_{1 \text{ шт}} N_{1 \text{ кр}} = T_{2 \text{ пз}} + t_{2 \text{ шт}} N_{1 \text{ кр}}$, откуда

$$N_{1 \text{ кр}} = \frac{T_{2 \text{ пз}} - T_{1 \text{ пз}}}{t_{1 \text{ шт}} - t_{2 \text{ шт}}}. \quad (10)$$

Аналогично для точки A_2 пересечения кривых для 2-го и 3-го вариантов выполнения технологической операции

$$N_{2 \text{ кр}} = \frac{T_{3 \text{ пз}} - T_{2 \text{ пз}}}{t_{2 \text{ шт}} - t_{3 \text{ шт}}}.$$

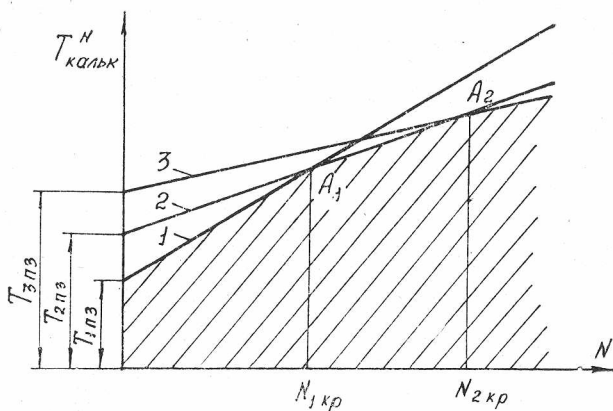


Рис. 2. Зависимость калькуляционного времени от программы выпуска для трех вариантов операции

Построив график, можно сделать вывод о том, что при размере партии $N_{\text{п}} < N_{1 \text{ кр}}$ оптимальным по критерию минимальной трудоемкости будет 1-й вариант технологической операции; при $N_{1 \text{ кр}} < N_{\text{п}} < N_{2 \text{ кр}}$ оптимальным будет 2-й вариант, а при $N_{\text{п}} > N_{2 \text{ кр}}$ — третий вариант.

Содержание и последовательность работы по оптимизации по критерию $T_{\text{кальк}}^N \min$ приведены на рис. 3. 1-я схема оптимизации выполняется по алгоритму, указанному на рис. 3,а.

2-я схема. Для сравниваемых вариантов технологической операции значения штучно-калькуляционного времени на годовую программу $N_{\text{г}}$ определяют по уравнению

$$T_{\text{кальк } i}^N = T_{i \text{ пз}} n_{\text{п}} + t_{i \text{ шт}} N_{\text{г}}; \quad (12)$$

здесь i — номер варианта операции;

$n_{\text{п}}$ — количество партий, запускаемых в производство в течение года.

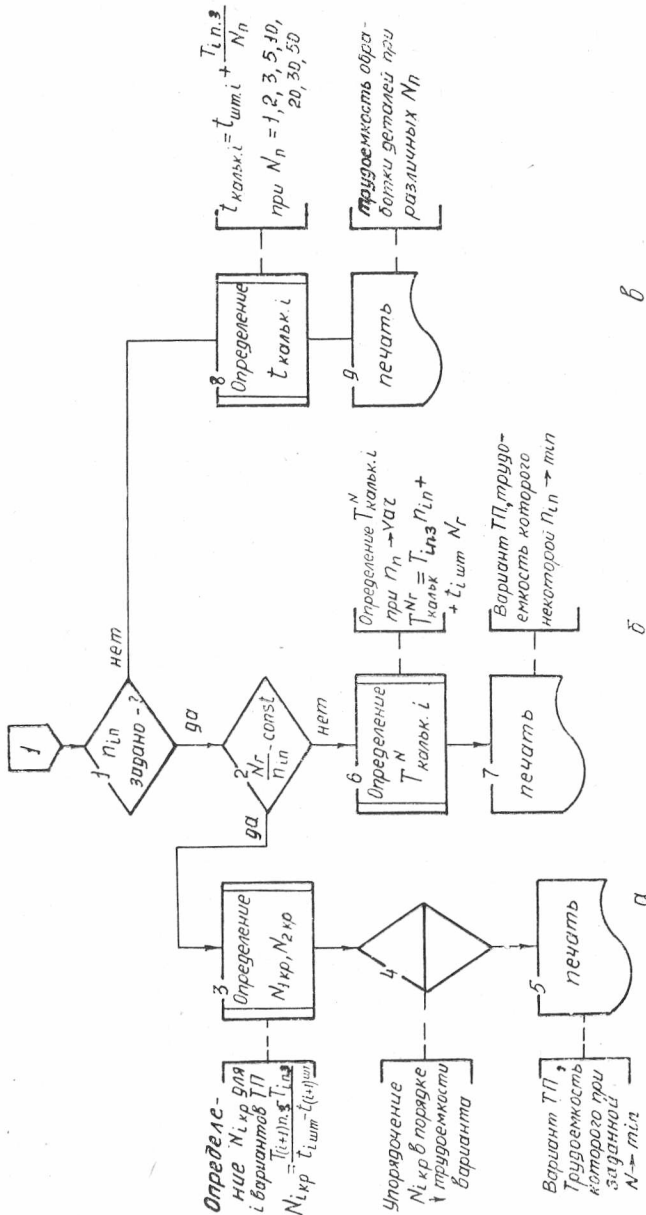


Рис. 3. Блок-схема алгоритма оптимизации технологического процесса по критерию $T_{\text{калк}, \text{min}}$

Следует отметить, что при постоянном для всех сравниваемых вариантов значении числа партий $n_{п}$ за год результат решения будет аналогичным полученному в 1-й схеме. При различных значениях $n_{п}$ решения по 2-й схеме оптимизации будут отличными от полученных при первой схеме. 2-я схема оптимизации выполняется по алгоритму, показанному на рис. 3,б.

3-я схема. Используя уравнение (3), по ней определяют $t_{\text{кальк}}$ при значениях $N_{п} = 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50$ шт. (рис. 3,в) и строят график зависимости $t_{\text{кальк}} = f(N_{п})$ (рис. 4). Целесообразно на графике провести прямую — асимптоту для кривой на расстоянии $t_{\text{шт}}$ от оси $N_{п}$.

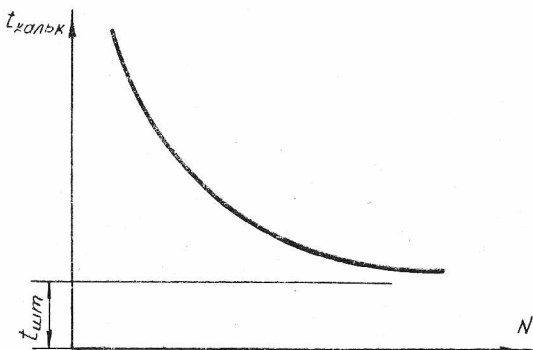


Рис. 4. Зависимость штучно-калькуляционного времени на обработку одной заготовки от программы выпуска

3. ОПТИМИЗАЦИЯ ПО КРИТЕРИЮ МИНИМАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СЕБЕСТОИМОСТИ

3.1. СТРУКТУРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СЕБЕСТОИМОСТИ

В отличие от полной, технологическая себестоимость обработки заготовок содержит только те затраты, которые непосредственно связаны с данным вариантом технологической операции или технологического процесса.

Технологическая себестоимость одной операции по обработке одной детали включает следующие элементы затрат:

$$C_{\text{он}}^{\text{д}} = Z_{\text{пр}} + Z_{п} + O_{\text{а}} + O_{\text{р}} + П + И_{\text{р}} + У_{п}, \quad (14)$$

где $Z_{\text{пр}}$ — заработная плата производственных рабочих с начислениями на соцстрах и др.;

- Z_n — заработная плата наладчиков;
 O_a — расходы на амортизацию оборудования;
 O_p — расходы на ремонт и модернизацию оборудования;
 P — затраты на эксплуатацию и амортизацию приспособлений;
 I_p — расходы на эксплуатацию и амортизацию режущих инструментов;
 Y_n — затраты на подготовку управляющих программ для станков с ЧПУ.

В уравнении (14) не учтены затраты на измерительный инструмент, силовую электроэнергию, вспомогательные материалы, амортизацию и эксплуатацию производственных площадей и некоторые другие, ввиду слабой связи этих затрат с вариантом технологического процесса (операции) или вследствие их малости.

Технологическая себестоимость варианта технологического процесса будет:

$$C_{\text{тн}}^{\text{д}} = M + \sum_{i=1}^{m_0} (Z_{\text{пр}} + Z_n + O_a + O_p + P + I_p + Y_n), \quad (15)$$

где M — затраты на материал (заготовку);

m_0 — общее число формоизменяющих операций.

3.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СЕБЕСТОИМОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИИ

Расчет затрат по оплате труда производственных рабочих (станочников, слесарей). В условиях единичного и серийного производства при выполнении операции на универсальном оборудовании, когда подготовку рабочего места осуществляет сам рабочий-станочник, оплата труда производится по штучно-калькуляционному времени $t_{\text{кальк}}$:

$$Z_{\text{пр}} = 1,32 \cdot Z_{\text{пр}}^{\text{ч}} k_{\text{ом}} \frac{t_{\text{кальк}}}{60}, \quad (16)$$

где 1,32 — коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату за перевыполнение норм, отчисления на соцстрах и оплату отпусков;

$Z_{\text{пр}}^{\text{ч}}$ — часовая тарифная ставка в руб. производственных рабочих; для определения $Z_{\text{пр}}^{\text{ч}}$ необходимо сначала по табл. П2 установить разряд работы для каждого варианта операции, а затем по табл. П3 для соответствующего разряда определить значение $Z_{\text{пр}}^{\text{ч}}$;

$k_{\text{ом}}$ — коэффициент, учитывающий численность бригады, обслуживающей станок (рабочее место), или число

единиц оборудования, обслуживаемого одним рабочим при многостаночном обслуживании (табл. П4, П5). При многостаночном обслуживании $k_{\text{бм}} < 1$, при бригадном $k_{\text{бм}} > 1$.

В условиях крупносерийного и массового производства при выполнении операции на станках со сложной наладкой (автоматы, многорезцовые, агрегатные, специальные станки, зубообрабатывающие и резьбообрабатывающие станки, а также станки с ЧПУ), когда подготовку рабочего места к выполнению операции осуществляют рабочие-наладчики, расчет зарплаты производственных рабочих должен производиться по штучному времени, т. е. по уравнению

$$Z_{\text{пр}} = 1,32 \cdot Z_{\text{пр}}^{\text{ч}} k_{\text{бм}} \frac{t_{\text{шт}}}{60}, \quad (17)$$

где $t_{\text{шт}}$ — штучное время выполнения операции в мин.

Затраты на оплату труда рабочих-наладчиков. Их определяют по формуле

$$Z_{\text{н}} = 1,32 \cdot Z_{\text{н}}^{\text{ч}} \frac{T_{\text{н}}}{60 N_{\text{н}}}, \quad (18)$$

где $Z_{\text{н}}^{\text{ч}}$ — часовая тарифная ставка наладчика, руб;

$T_{\text{н}}$ — трудоемкость (длительность) наладки, мин;

$N_{\text{н}}$ — число деталей в партии, изготавливаемых при данной наладке, шт.

Для определения $Z_{\text{н}}^{\text{ч}}$ сначала по табл. П6 устанавливают тарифный разряд наладки, а затем для соответствующего разряда по табл. П7 можно определить часовую тарифную ставку наладчика.

Размер партии запуска $N_{\text{н}}$ можно определить по уравнению (9) с использованием табл. П1.

Для определения трудоемкости (длительности) наладки $T_{\text{н}}$ рекомендуется использовать эмпирическую формулу /9/:

$$T_{\text{н}} = A_{\text{н}} + B_{\text{н}} N_{\text{рн}} + C_{\text{н}} t_{\text{шт}}, \quad (19)$$

здесь $A_{\text{н}}$, $B_{\text{н}}$, $C_{\text{н}}$ — коэффициенты, определяемые по табл. П8 в зависимости от категории оборудования;

$N_{\text{рн}}$ — количество режущих инструментов в наладке;

$t_{\text{шт}}$ — штучное время варианта операции, мин.

Следует иметь в виду, что если расчет зарплаты производственных рабочих производился по уравнению (16), то $Z_{\text{н}} = 0$.

Затраты на амортизацию оборудования. Амортизационные отчисления за использование универсальных и специальных станков исчисляются по-разному.

При обработке заготовок на универсальном и переналаживаемом специальном оборудовании расходы на амортизацию будут определяться уравнением

$$O_{ay} = \frac{\Pi_{oy} (1 + k_{tm}) a_{oy}}{\Phi_r \cdot k_{ис}} \cdot \frac{t_{кальк}}{60}, \quad (20)$$

где Π_{oy} — отпускная цена универсального и переналаживаемого специального оборудования;

k_{tm} — коэффициент, учитывающий затраты на транспортировку и монтаж оборудования;

a_{oy} — норма амортизационных отчислений;

Φ_r — годовой фонд работы оборудования, ч.;

$k_{ис}$ — коэффициент использования (загрузки) оборудования.

Стоимость оборудования Π_o приведена в табл. П4, П5. Величину k_{tm} выбирают обычно в пределах от 0,075/12/ до 0,15/11/. Рекомендуется принимать для специальных станков и станков с ЧПУ $k_{tm} = 0,075$, для всех других станков $k_{tm} = 0,12$.

Норму амортизированных отчислений для универсального оборудования a_{oy} принимают от 0,075/6,7/ до 0,15/3/, а для специального — $a_{oy} = 0,33/12/$. Рекомендуется a_{oy} и $a_{сс}$ для универсального и специального оборудования определять в зависимости от числа смен работы по табл. П9.

Годовой фонд времени работы оборудования следует принимать по табл. П10 (при работе в одну смену $\Phi_r = 2030$, в две смены $\Phi_r = 4015$ ч и в три смены $\Phi_r = 5960$ ч.).

Коэффициент использования оборудования следует принимать для условий массового производства $k_{ис} = 0,9$, крупносерийного $k_{ис} = 0,8$ и серийного $k_{ис} = 0,7$ (табл. П11).

Обозначим

$$\frac{\Pi_{oy} (1 + k_{tm}) a_{oy}}{\Phi_r \cdot k_{ис}} = O_{ay}^ч, \quad (21)$$

$O_{ay}^ч$ — представляет собой стоимость амортизации за 1 ч использования (работы) оборудования. Тогда часть технологической себестоимости, связанной с затратами на амортизацию универсального оборудования, можно определить как

$$O_{ay} = O_{ay}^ч \cdot \frac{t_{кальк}}{60}. \quad (22)$$

Значения $O_{ay}^ч$, вычисленные при $a_{oy} = 0,122$, $\Phi_r = 4015$ и $k_{ис} = 0,7$ приведены в табл. П4, П5. Они приводятся также в ряде учебных и справочных пособий /7, 10, 12/. Следует отметить, что независимо от того, как производится расчет заработной платы производственных рабочих (по штучному или калькуля-

ционному времени), определение затрат на амортизацию оборудования всегда производится по $t_{\text{кальк}}$.

Затраты на амортизацию специального переналаживаемого оборудования определяют как

$$O_{\text{ас}} = \frac{Ц_{\text{ос}} (1 + k_{\text{тм}}) \cdot n_{\text{ос}}}{Л_0 N_{\text{г}}}, \quad (23)$$

где $Ц_{\text{ос}}$ — стоимость (цена) специального оборудования;

$Л_0$ — количество лет работы специального оборудования (2—5 лет);

$N_{\text{г}}$ — годовая программа, шт;

$n_{\text{ос}}$ — число единиц специального оборудования, определяется по уравнению

$$n_{\text{ос}} = \frac{N_{\text{г}} t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{г}} k_{\text{ис}} \cdot 60}. \quad (24)$$

Полученное при расчете $n_{\text{ос}}$ округляем до целого числа.

В настоящее время в машиностроении взят курс на создание гибких автоматизированных производственных систем на базе универсальных и специальных переналаживаемых станков. В том случае, если специальное оборудование является переналаживаемым и может быть использовано при обработке других однотипных деталей, затраты на его амортизацию следует определять по уравнениям (20) или (22). Примером такого оборудования могут служить специальные станки для обработки (шлифования, фрезерования или протягивания) замка одного типа, например типа «ласточкин хвост», у лопаток разных ступеней компрессора или турбины.

При расчете этой статьи технологической себестоимости возникают трудности при определении стоимости $Ц_{\text{ос}}$ специального оборудования. Рекомендуется принимать стоимость специального станка в 3—5 раз большей по сравнению с ценой универсального станка того же типа [12].

Расчет затрат на ремонт и содержание оборудования. Его производят по одним и тем же правилам как для универсального, так и для специального оборудования. Величину этих затрат, приходящуюся на обработку одной заготовки на рассматриваемой операции, будем определять как

$$O_{\text{р}} = \frac{Ц_0 (1 + k_{\text{тм}}) p_0 t_{\text{кальк}}}{\Phi_{\text{г}} k_{\text{ис}} \cdot 60}, \quad (25)$$

где $Ц_0$, $k_{\text{тм}}$, $\Phi_{\text{г}}$ и $k_{\text{ис}}$ — те же составляющие, что и в уравнениях (20) и (23);

p_0 — норма затрат на ремонт и содержание оборудования.

Рекомендуемые значения: $p_0 = 0,105$ — для универсальных станков /12/ и $p_0 = 0,05$ — для специальных /11/.

Обозначим

$$\frac{C_0 (1 + k_{гм}) p_0}{\Phi_r k_{ис}} = O_p^ч, \quad (26)$$

$O_p^ч$ — представляет собой стоимость ремонта и содержания оборудования, отнесенную к одному часу его работы. Тогда уравнение (25) можно привести к виду

$$O_p = O_p^ч \frac{t_{кальк}}{60}, \quad (27)$$

значение $O_p^ч$ при принятых значениях $\Phi_r = 4015$ ч; $k_{ис} = 0,7$, $p_0 = 0,105$ приведены в табл. П4.

Затраты на амортизацию и ремонт приспособлений. В зависимости от типа производства при механической обработке заготовок применяют различные приспособления, наиболее характерными из которых являются универсальные, универсально-сборочные (УСП) и специальные.

Затраты, связанные с использованием универсальных приспособлений сравнительно с другими элементами (статьями) $C_{оп}$ невелики, и при расчете технологической себестоимости их, как правило, не учитывают. Затраты на амортизацию и ремонт специальных приспособлений, включаемые в технологическую себестоимость операции, можно определить из уравнения

$$П_{\{} = \frac{C_{пс} (1 + k_{пр}) (a_{п} + p_{п})}{N_r}, \quad (28)$$

где $C_{пс}$ — стоимость (цена) изготовления приспособления. Для определения $C_{пс}$ можно использовать упрощенную формулу /11/:

$$C_{пс} = N_{дет} \times c_{дет},$$

где $N_{дет}$ — количество деталей в приспособлении без крепежа и малоценных деталей;

$c_{дет}$ — коэффициент, принимаемый в зависимости от группы сложности приспособления, он имеет размерность рублей за деталь (группу сложности приспособления и значение $c_{дет}$ определяют по табл. П12);

$k_{пр}$ — коэффициент, учитывающий стоимость проектирования и отладки приспособления, рекомендуется принимать $k_{пр} = 0,20 - 0,30$ /18/;

$a_{п}$ — коэффициент годовых отчислений на амортизацию приспособлений, зависит от числа лет службы приспособления $L_{п}$:

$$a_{\Pi} = 1 / \mathcal{L}_{\Pi}.$$

В свою очередь, срок службы зависит от группы сложности приспособления и типа производства и варьируется от 1 года для простых приспособлений /11/ до 5 лет для сложных и дорогостоящих /11, 12/;

p_{Π} — коэффициент, учитывающий расходы на ремонт приспособления, рекомендуется принимать $p_{\Pi} = 0,2-0,3$ /11, 12/.

Значения $k_{\text{пр}}$, \mathcal{L}_{Π} , a_{Π} и p_{Π} приведены в табл. П13. В табл. П14 приведены сведения о стоимости универсальных и некоторых видов специальных станочных приспособлений.

Расходы на амортизацию и эксплуатацию режущих инструментов. При использовании универсальных режущих инструментов расходы на их амортизацию и эксплуатацию, отнесенные к одной заготовке на заданной операции, будут определяться следующим образом:

$$I_{\text{y}} = \sum_{i=1}^{l_{\text{y}}} \frac{\mathcal{C}_{\text{и y}} + m S_{\text{пер}}}{T(1+m)} t_{oi}, \quad (29)$$

где $\mathcal{C}_{\text{и y}}$ — стоимость (цена) нового универсального режущего инструмента, руб;

m — количество переточек инструмента до полного износа;

$S_{\text{пер}}$ — стоимость одной переточки, руб;

T — стойкость инструмента, мин;

t_{oi} — основное (машинное) время работы инструмента, мин;

l_{y} — количество инструментов, используемых в операции.

Обозначим:

$$\frac{60 (\mathcal{C}_{\text{и y}} + m S_{\text{пер}})}{T(1+m)} = I_{\text{y}}^{\text{ч}}, \quad (30)$$

$I_{\text{y}}^{\text{ч}}$ — выражает часовую стоимость работы режущего инструмента, руб/ч. Тогда уравнение (29) можно привести к виду:

$$I_{\text{y}} = \sum_{i=1}^{l_{\text{y}}} I_{\text{y}}^{\text{ч}} \frac{t_{oi}}{60}. \quad (31)$$

Значения $I_{\text{y}}^{\text{ч}}$ приведены в табл. П15, П16, они даны также во многих справочниках и учебных пособиях /6, 7, 12/.

Расчет затрат на амортизацию и эксплуатацию специальных режущих инструментов начинают с определения количества экземпляров каждого наименования на годовую программу:

$$n_{\text{ис}} = \frac{t_0 N_{\Gamma}}{T(1+m)}. \quad (32)$$

В уравнении (32) значения t_0 , T , m — те же, что и в уравнении (29).

Если на годовую программу требуется приобрести (изготовить) несколько экземпляров данного специального инструмента, т. е. при $n_{ис} \geq 1,0$, то расчет затрат на его амортизацию и эксплуатацию производится также по уравнению (29). Если $n_{ис} < 1,0$, то производится округление $n_{ис}$ до целого числа, и затраты на амортизацию и эксплуатацию будут определяться таким образом:

$$И_c = \sum_{i=1}^{l_i} \frac{Ц_{ис} + m S_{пер}}{N_r}, \quad (33)$$

где $Ц_{ис}$ — стоимость (цена) специального режущего инструмента, руб;

$S_{пер}$ — количество и стоимость переточек;

l_i — число инструментов, используемых на операции.

В табл. П15 приведены значения $(Ц_{ис} + m S_{пер})$ для некоторых специальных режущих инструментов. Обычно стоимость специального инструмента в 3—5 раз [12] больше стоимости аналогичного по назначению и конструкции универсального режущего инструмента. В то же время число m и стоимость $S_{пер}$ переточек будут такими же, как и для универсального инструмента.

Затраты на подготовку управляющих программ. Для станков с ЧПУ. эти затраты, отнесенные к одной детали, составляют

$$Y_n = \frac{1,1 \cdot Ц_{уп}}{Л N_r}, \quad (34)$$

где 1,1 — коэффициент, учитывающий затраты на восстановление программносителя (перфоленты, магнитной ленты);

$Ц_{уп}$ — стоимость (цена) подготовки одной программы (табл. П17), руб;

$Л$ — число лет использования программы (обычно принимают $Л \leq 3$);

N_r — годовая программа, шт.

3.3. СХЕМЫ (ПРИЕМЫ) ОПТИМИЗАЦИИ ПО КРИТЕРИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СЕБЕСТОИМОСТИ

До изложения методики оптимизации отметим, что предполагается как традиционный расчет критериев оптимизации (вручную), так и машинный, с использованием ЭВМ. Во всех случаях число вариантов сравниваемых технологических операций, просчитываемых вручную, должно быть не менее двух, а при использовании ЭВМ — не менее 3-х, в том числе и тех, критерии оптимизации для которых рассчитываются вручную.

Для анализа по каждому варианту должны быть подготовлены (спроектированы, рассчитаны и т. п.):

технологические операционные карты, на которых указаны данные об оборудовании, приспособлениях, режущих и мерительных инструментах, режимы резания и основное (машинное) время по каждому переходу, штучное или штучно-калькуляционное время на операцию и разряд работы;

карты наладки или операционные эскизы с изображением положения режущих инструментов (графическая технология).

На основании этих технологических документов готовится таблица исходной информации. Часть включаемых данных определяется по соответствующим таблицам приложения. Исходная информация подразделяется на два вида — инвариантная и вариантная. К инвариантной относится информация, общая для всех сравниваемых вариантов технологических операций. В вариантную часть (табл. 1) записывается информация, индивидуальная для каждого варианта, причем, для большинства параметров (оборудование, приспособления, наладка станка) по каждому варианту заносятся значения параметров для операции в целом, а для режущих инструментов — по каждому инструменту отдельно. В целях сокращения объема информации в этой части таблицы, когда число инструментов более 6—7, рекомендуется объединять информацию по однотипным инструментам и заносить в таблицу обобщенные данные. Например, при обработке вала на многолезцовом полуавтомате используют следующие инструменты:

резцы проходные	№ 1	$t_o = 2,0$ мин ;
—»—	№ 2	$t_o = 2,0$ мин ;
—»—	№ 3	$t_o = 2,0$ мин ;
—»—	№ 4	$t_o = 1,5$ мин ;

$$\Sigma t_{oi} = 7,5 \text{ мин.}$$

резцы подрезные	№ 5	$t_o = 0,5$ мин ;
—»—	№ 6	$t_o = 0,5$ мин ;
—»—	№ 7	$t_o = 1,0$ мин ;

$$\Sigma t_{oi} = 2,0 \text{ мин.}$$

В таблицы должны быть записаны данные:

резец проходной $t_{oi} = 7,5$ мин ;

резец подрезной $t_{oi} = 2,0$ мин.

Исходная информация для расчета критериев оптимизации.

1. Инвариантная (общая для всех вариантов) информация.

- 1.1. Наименование детали.
- 1.2. Код детали.
- 1.3. Наименование операции.
- 1.4. Тип производства.
- 1.5. Число смен.
- 1.6. Годовая программа.
- 1.7. Количество партий запуска.
2. Информация по вариантам технологической операции.

Таблица 1

Вариантная информация

Наименование параметров	Содержание вариантов операции				
	1	2	3	4	5

Оборудование

Наименование
 Модель
 Код
 Цена (стоимость)

Приспособления

Наименование
 Код
 Группа сложности
 Число деталей
 в приспособлении
 Разряд работы
 Штучное время
 Калькуляционное
 время

Наладка станка

Количество инстру-
 ментов в наладке
 Время наладки
 Разряд наладчика

Режущие инструменты

$i=1$ Наименование
 Код
 Цена
 Основное время
 $i=2$ Наименование
 Код
 Цена
 Основное время
 $i=3$ Наименование
 Код
 Цена
 Основное время

Окончание табл. 1

Наименование параметров	Содержание вариантов операции				
	1	2	3	4	5
$i=4$ Наименование					
Код					
Цена					
Основное время					
$i=5$ Наименование					
Код					
Цена					
Основное время					
$i=6$ Наименование					
Код					
Цена					
Основное время					
$i=12$ Наименование					
Код					
Цена					
Основное время					

Таблица 2
Технологическая себестоимость вариантов операции

Статьи (элементы) себестоимости	Обозначения	1-й вар.		2-й вар.		3-й вар.	
		величина	%	величина	%	величина	%
Зарплата производственных рабочих	$Z_{пр}$						
Зарплата наладчиков	$Z_{н}$						
Амортизация универсального оборудования	$O_{ау}$						
Амортизация специального оборудования	$O_{ас}$						
Ремонт и содержание оборудования	$O_{р}$						
Амортизация и эксплуатация специального приспособления	$П$						
Амортизация и эксплуатация универсального режущего инструмента	$И_{у}$						
Затраты на управляющую программу для станков с ЧПУ	$У_{п}$						
	$C_{д_{оп}}$		100		100		100

Методически оптимизация по критерию технологической себестоимости может быть выполнена по различным схемам. По 1-й схеме, пользуясь уравнениями (16)—(34), определяют элементы (статьи) себестоимости, а затем, по уравнению (14) всю себестоимость $C_{оп}^D$ для двух или более вариантов выполнения технологической операции. Результаты вычислений сводятся в табл. 2. За оптимальный принимают вариант, для которого себестоимость $C_{оп}^D$ будет минимальной.

Приводимые в таблице удельные значения (в процентах) каждой статьи затрат позволяют оценить влияние каждого из производственных факторов на технологическую себестоимость.

На рис. 5 представлена блок-схема алгоритма вычисления элементов и всей технологической себестоимости. В конце расчета программа выдает табуляграмму по форме табл. 2.

2-я схема оптимизации по критерию технологической себестоимости заключается в графо-аналитическом определении критической программы (или критических программ, если вариантов операции три и более). С учетом содержания и структуры составляющих технологической себестоимости по уравнениям (16)—(34) перепишем уравнение (14) в следующем виде:

$$C_{оп}^D = Z_{пр} + Z_n + O_{ay} + O_{ac} + O_p + П + И_y + И_c + У_n. \quad (35)$$

В уравнении (35) элементы технологической себестоимости обработки одной детали на анализируемой операции представлены по источникам затрат, т. е. по факторам, влияющим на себестоимость.

Для дальнейшего анализа целесообразно классифицировать расходы на две группы.

Расходы, не зависящие непосредственно от количества подлежащих обработке деталей, т. е. затраты, которые производятся один раз на все количество изготавливаемых за год деталей, называют *единовременными* /10, 12/ или *постоянными* /7, 17/. Затраты, повторяющиеся при изготовлении каждой отдельной детали, прямо зависящие от количества обработанных заготовок, называют *текущими* /10, 12/ или *переменными* /7, 17/.

С учетом такой классификации зависимость величины технологической себестоимости на программу выпуска N можно представить уравнением

$$C_{оп}^N = B + AN, \quad (36)$$

где B — единовременные расходы;

A — текущие расходы.

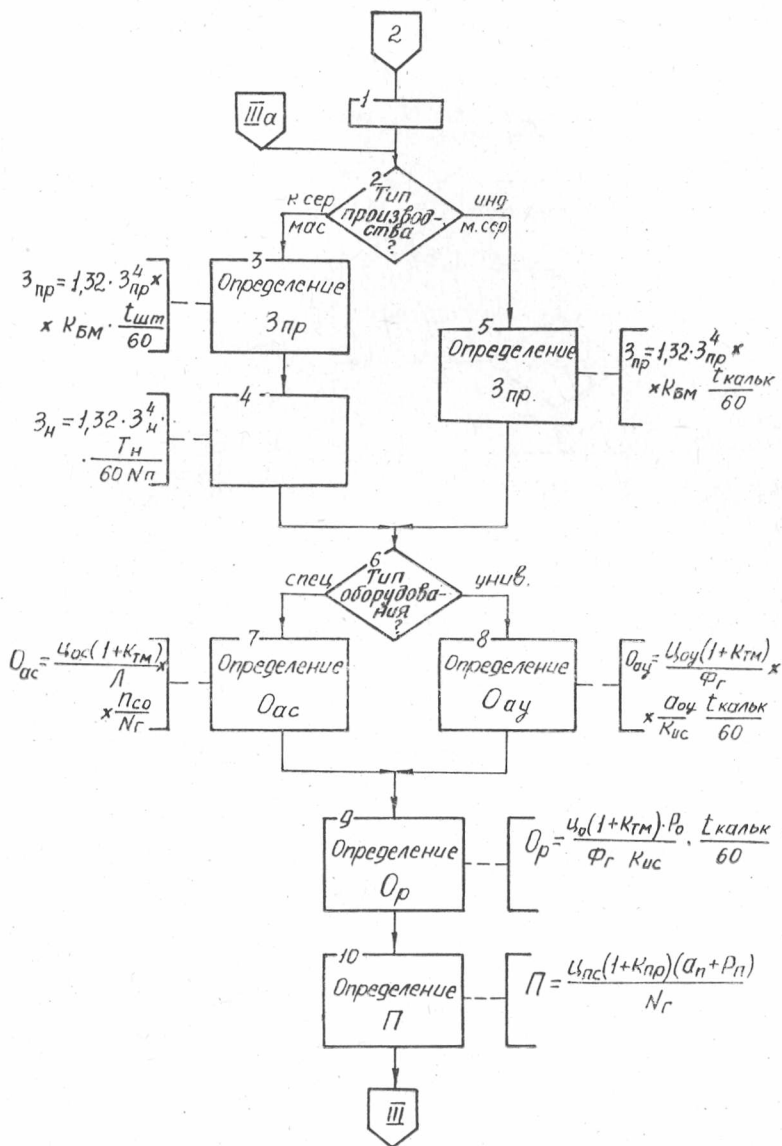


Рис. 5. Блок-схема алгоритма определения технологической себестоимости варианта операции

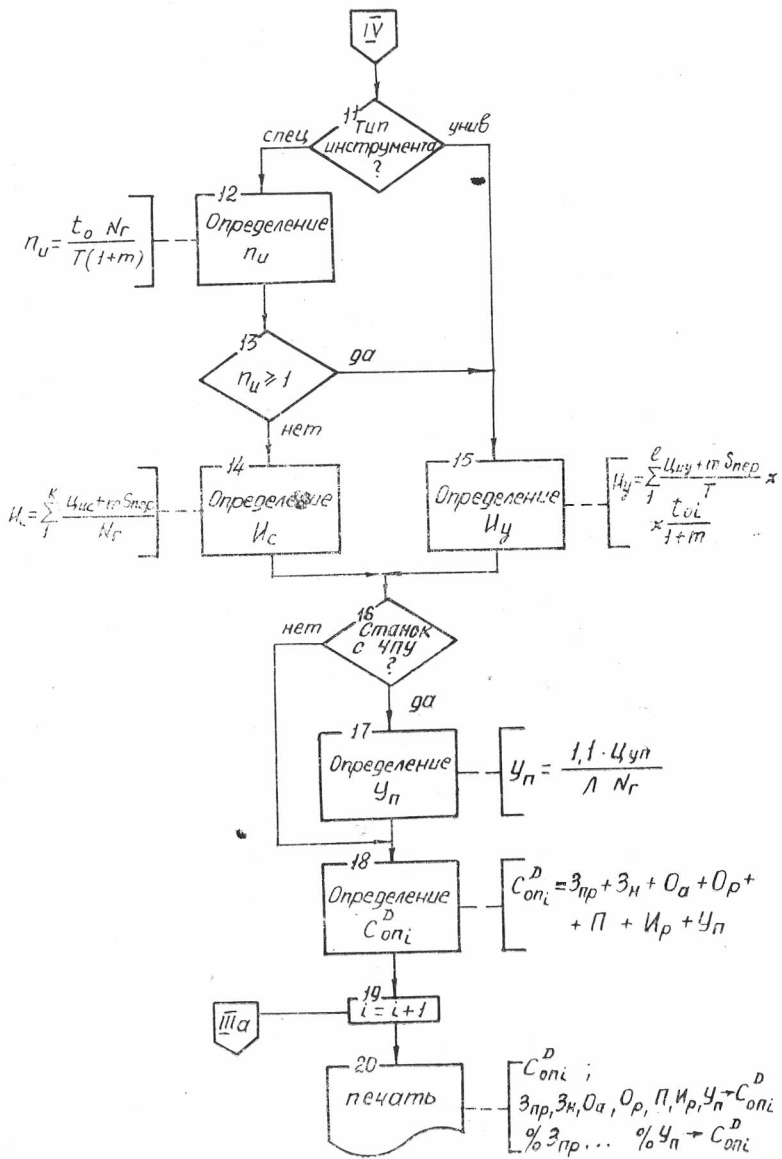


Рис. 5. Окончание

К единовременным расходам относятся:

годовые расходы на амортизацию и эксплуатацию специальных приспособлений /12, 17/:

$$P_e = \Pi N_r = \Pi_{nc} (1 + k_{пр}) (a_n + p_n), \quad (37)$$

значения членов уравнения (37) те же, что и в уравнении (28);

годовые амортизационные отчисления со стоимости специального оборудования:

$$O_e = O_{oc} N_r = \Pi_{oc} (1 + k_{тм}) n_{co} a_{oc}, \quad (38)$$

значения членов уравнения (38) такие же, как и в уравнении (23);

годовые затраты на амортизацию управляющих программ для станков с ЧПУ:

$$Y_{nc} = Y_n \cdot N_r = \frac{\Pi_{уп}}{L}, \quad (39)$$

Как уже отмечалось, число лет L использования управляющей программы принимают равным трем.

В некоторых учебниках и справочниках рекомендуется в группу единовременных расходов включать также годовые расходы по наладке станков /10, 17/ и расходы на амортизацию и эксплуатацию специальных режущих инструментов /2, 10, 12/. Покажем, что отнесение затрат на наладку и на специальные режущие инструменты к категории единовременных расходов неправильно, для этого обратимся к рис. 6.

На рис. 6 приведены кривые зависимости $C_{оп}^N = f(N)$ для одного варианта технологического процесса, но при различных приемах отнесения периодических затрат (на наладку, специальный инструмент и т. п.). Наиболее объективно, точно зависимость $C_{оп}^N = f(N)$ отражает ломаная 1. Ступени на этой кривой показывают периодические (а не один раз в год) затраты на наладку станка. На рис. 6 показан случай, когда число наладок за год равно четырем. Прямая 2 выражает также зависимость $C_{оп}^N = f(N)$ по уравнению (36), но уже при условии, что расходы на наладку станка отнесены к категории текущих (переменных). Прямая 2 очень хорошо (очень точно) аппроксимирует кривую 1. В то же время прямолинейная зависимость по уравнению (36) облегчает построение и анализ кривой. Следует также отметить, что величина единовременных расходов B_2 для прямой 2 мало отличается от единовременных расходов B_1 для кривой 1.

Если же затраты на наладку отнести к категории единовременных (постоянных), то эти расходы возрастут до $B_3 \gg B_1$, и

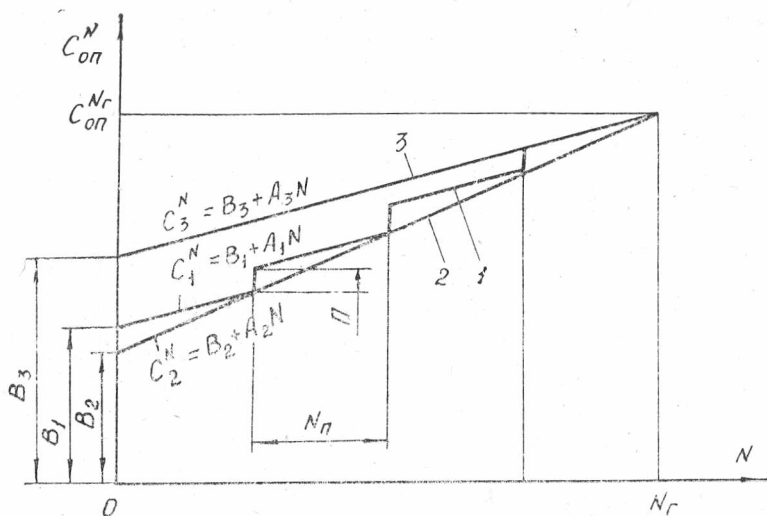


Рис. 6. Зависимость технологической себестоимости от программы выпуска при отнесении затрат на наладку к категории периодических (1), переменных (2), единовременных (3) затрат

зависимость $C_{\text{оп}}^N = f(N)$ будет выражаться прямой 3, которая аппроксимирует кривую 1 с недопустимо большим искажением.

Таким образом, проведенный анализ доказывает, что затраты на наладку станка следует отнести к категории текущих (переменных) расходов.

Аналогичные соображения можно высказать и в отношении затрат на специальные режущие инструменты. Действительно, специальные режущие инструменты используют, как правило, в условиях крупносерийного и массового производства, т. е. при большой программе выпуска изделий. При этом на годовую программу требуется не один, а несколько комплектов (экземпляров) инструмента, периодически, т. е. несколько раз в году изготавливаемого или приобретаемого. С учетом таких периодических затрат кривая $C_{\text{оп}}^N = f(N)$ будет ступенчатой, аналогичной кривой 1 (см. рис. 6). Число скачков и их величина будут соответствовать периодам и величинам затрат на инструмент. Поэтому затраты на специальный инструмент следует отнести к категории текущих (переменных).

С учетом сказанного к текущим (переменным) нужно отнести:

затраты на зарплату производственных $Z_{\text{пр}}$;

—» на зарплату рабочих-наладчиков $Z_{\text{н}}$;

—» на амортизацию универсального оборудования O_{ay} ;

затраты на эксплуатацию и ремонт оборудования O_p ;

—»— на амортизацию режущего инструмента И (универсального I_y и специального I_c).

Формулы для определения коэффициентов из уравнения (36) можно представить в следующем виде:

коэффициент одновременных расходов:

$$B = \Pi_e + O_e + Y_{пе} = \Pi_{п} \times a_{ос} + \frac{\Pi_{уп}}{L}; + p_{п} + \Pi_{ос} (1 + k_{тм}) n_{со} \times a_{ос} + \frac{\Pi_{л}}{L}; \quad (40)$$

коэффициент текущих (переменных) расходов:

$$A = Z_{пр} + Z_{н} + O_{ay} + O_p + I_y + I_c. \quad (41)$$

Если нужно провести сравнение двух или большего числа вариантов выполнения операции, то для каждого из них определяются значения текущих A и одновременных B расходов. Вариантам рекомендуется присваивать номера в порядке возрастания значения B : первый номер варианту, у которого B имеет наименьшее значение и т. д.

На рис. 7 показана графическая интерпретация уравнения (36) для трех вариантов выполнения операции. В точке M , где пересекаются кривые для первого и второго вариантов,

$$C_{оп1}^N = A_1 N_{1кр} + B_1 = C_{оп2}^N = A_2 N_{1кр} + B_2.$$

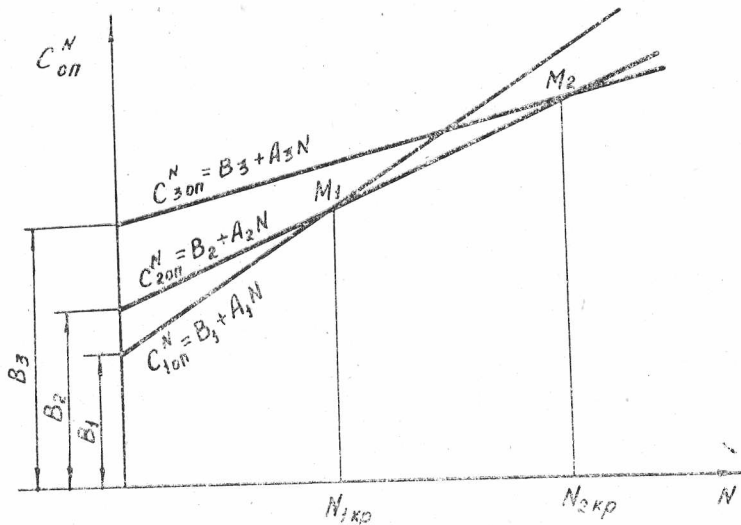


Рис. 7. Определение критических программ для сравнения вариантов операции по технологической себестоимости

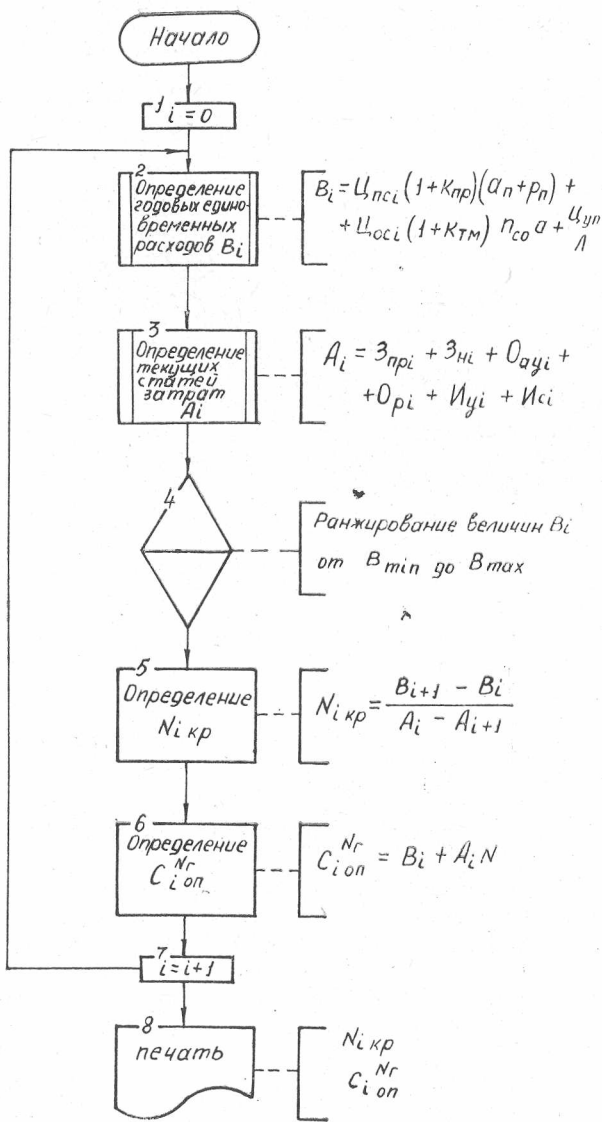


Рис. 8. Блок-схема алгоритма определения годовых единовременных и текущих затрат при графическом определении критических программ

Разрешая это уравнение относительно $N_{1\text{кр}}$, получим значение критической программы

$$N_{1\text{кр}} = \frac{B_2 - B_1}{A_1 - A_2}. \quad (42)$$

Аналогично рассуждая, определим значение 2-й критической программы

$$N_{2\text{кр}} = \frac{B_3 - B_2}{A_2 - A_3}. \quad (43)$$

Анализируя уравнения (42) и (43) и графические зависимости, приведенные на рис. 7, можно сказать, что при программе выпуска $N_r < N_{1\text{кр}}$ оптимальным будет первый вариант выполнения технологической операции; при $N_{1\text{кр}} < N_n < N_{2\text{кр}}$ оптимальным будет второй вариант, а при объеме производства $N_n > N_{2\text{кр}}$ — третий вариант.

Алгоритм вычисления коэффициентов A и B уравнения (36) для анализируемых вариантов операции и значений критической программы $N_{1\text{кр}}$, $N_{2\text{кр}}$ и т. д., приведен на рис. 8.

4. ОПТИМИЗАЦИЯ КАПИТАЛЬНЫХ ВЛОЖЕНИЙ И ПРИВЕДЕННЫХ ЗАТРАТ ПО КРИТЕРИЯМ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Оптимизация технологических операций и процессов по критериям производительности (трудоемкости) и технологической себестоимости позволяет достаточно объективно оценить сравниваемые варианты и выбрать наиболее выгодный, особенно в тех случаях, когда затраты на технологическую оснастку и специальное оборудование различаются незначительно.

Если же для одного из сравниваемых вариантов требуется приобретение дорогостоящего специального оборудования или специальных приспособлений, сравнение вариантов операции или технологического процесса только по технологической себестоимости и трудоемкости обработки будет недостаточным. Высокопроизводительная оснастка и специальное оборудование часто обеспечивают меньшие затраты на выполнение операции, и сравнение вариантов по себестоимости и трудоемкости оказывается в пользу варианта с большими капитальными затратами.

В таких случаях целесообразность дополнительных капитальных затрат на оснащение технологического процесса может

быть оценена величиной коэффициента экономической эффективности капитальных вложений E :

$$E = \frac{C_{1оп}^{N_{\Gamma}} - C_{2оп}^{N_{\Gamma}}}{K_2 - K_1}, \quad (44)$$

где $C_{1оп}^{N_{\Gamma}}$, $C_{2оп}^{N_{\Gamma}}$ — себестоимость выполнения операции по первому и второму варианту на годовую программу, руб/год;

K_1 , K_2 — капитальные затраты, необходимые для осуществления вариантов, руб.

Коэффициент экономической эффективности капитальных вложений E выражает величину годовой экономии на себестоимости деталей, связанной с применением нового оборудования и оснастки, на 1 руб. дополнительных капитальных вложений.

Затраты на приобретение и применение более дорогостоящей новой техники будут целесообразны, если выполняется условие:

$$E = \frac{C_{1оп}^{N_{\Gamma}} - C_{2оп}^{N_{\Gamma}}}{K_2 - K_1} \geq E_n, \quad (45)$$

где E_n — нормативное значение коэффициента экономической эффективности капитальных вложений.

Для машиностроения установлено $E_n = 0,15$. Технологическая себестоимость i -го варианта на годовую программу $C_{iоп}^{N_{\Gamma}}$ может определяться как через $C_{iоп}^D$:

$$C_{iоп}^{N_{\Gamma}} = C_{iоп}^D N_{\Gamma}, \quad (46)$$

так и по уравнению

$$C_{iоп}^{N_{\Gamma}} = B + A \cdot N_{\Gamma}. \quad (47)$$

Состав капитальных вложений по каждому варианту определяется как [5]

$$K_i = K_{оу} + K_{ос} + K_{пу} + K_{пе} + K_{ау} + K_{ас}. \quad (48)$$

В уравнении (48)

$K_{оу}$ — капитальные вложения в универсальное оборудование:

$$K_{оу} = Ц_{оу} (1 + k_{тм}) a_{зан}, \quad (49)$$

где $a_{зан}$ — коэффициент, характеризующий занятость оборудования на операции, он представляет собой долю годового фонда времени работы оборудования, приходящуюся на выполнение операции:

$$a_{зан} = \frac{t_{кальк} N_{\Gamma}}{\Phi_{\Gamma} 60 k_{ис} k_{вн}}; \quad (50)$$

K_{oc} — капитальные вложения в специальное оборудование:
$$K_{oc} = \Pi_{oc} (1 + k_{tm}) ; \quad (51)$$

$K_{пу}$ — капитальные вложения в универсальные приспособления:

$$K_{пу} = \Sigma \Pi_{пу} a_{зан} , \quad (52)$$

где $\Pi_{пу}$ — стоимость (цена) каждого из используемых на операции универсальных приспособлений;

$a_{зан}$ — коэффициент занятости каждого из приспособлений, определяется по уравнению (50);

$K_{пс}$ — капитальные вложения в специальные приспособления:

$$K_{пс} = \Sigma \Pi_{пс} (1 + k_{пр}) ; \quad (53)$$

K_{ay} — капитальные вложения в универсальные средства механизации и автоматизации производства для анализируемой операции (процесса):

$$K_{ay} = \Pi_{ay} a_{зан} , \quad (54)$$

где Π_{ay} — стоимость универсальных средств механизации и автоматизации;

K_{ac} — капитальные вложения в специальные средства автоматизации и механизации:

$$K_{ac} = \Pi_{ac} (1 + k_{пр}) , \quad (55)$$

где Π_{ac} — цена (стоимость) специальных средств автоматизации и механизации;

$k_{пр}$ — коэффициент, учитывающий затраты на проектирование.

С учетом уравнений (49) — (55), выражение для определения капитальных вложений на каждый из вариантов анализируемой операции получает вид

$$K_i = \Pi_{oy} (1 + k_{tm}) a_{зан} + \Pi_{oc} (1 + k_{tm}) + \Sigma \Pi_{пу} \times \quad (56) \\ \times a_{зан} + \Sigma \Pi_{пс} (1 + k_{пр}) + \Pi_{ay} a_{зан} + \Pi_{ac} (1 + k_{пр}).$$

В некоторых работах /6, 7/ авторы рекомендуют включать в состав капитальных затрат стоимость части здания, занятой оборудованием. Уравнение (56) не учитывает таких расходов, так как стоимость производственных зданий слабо связана с вариантами технологических операций. В работе /5/ в состав капитальных вложений рекомендуют включать затраты на универсальный и специальный режущий инструмент. Имея в виду, что стоимость инструмента, как правило, на один или два по-

рядка меньше стоимости оборудования, их в уравнение (56) не включают.

В ряде случаев оценку эффективности капитальных вложений целесообразно производить по показателю срока окупаемости капитальных вложений:

$$T_{\text{ок}} = \frac{1}{E} = \frac{K_2 - K_1}{C_{1\text{оп}}^N - C_{2\text{оп}}^N}, \quad (57)$$

при этом должно выполняться условие

$$T_{\text{ок}} \leq T_{\text{окн}}, \quad (58)$$

где $T_{\text{окн}}$ — нормативный срок окупаемости капитальных вложений.

Синтетическим (включающим эксплуатационные и капитальные затраты) и наиболее объективным критерием оптимизации технологических операций и процессов является показатель приведенных затрат. Его можно определять по уравнению

$$Z_{\text{прз}} = C_{\text{оп}}^N + E_n K, \quad (59)$$

где $Z_{\text{прз}}$ — приведенные затраты на осуществление годового выпуска деталей, руб.

Как следует из уравнения (59), приведенные затраты складываются из технологической себестоимости годового выпуска $C_{\text{оп}}^N = C_{\text{оп}}^D N_r$ и нормативной годовой экономии $E_n K$, которая должна быть получена в данной отрасли промышленности при рациональном использовании капитальных вложений. Приведенные затраты дают возможность установить экономический смысл отвлечения капитальных средств от других объектов завода или отрасли и израсходовать их на осуществление проектируемого технологического процесса.

Приведенные затраты $Z_{\text{прз}i}$ определяются по каждому (i) из сравниваемых вариантов. Лучшим (оптимальным) будет вариант, в котором приведенные затраты минимальные ($Z_{\text{прз} \min}$).

Блок-схема алгоритма решения задачи оптимизации ТП по критериям эффективности капитальных вложений и приведенных затрат показана на рис. 9.

Годовой экономический эффект от внедрения лучшего варианта по сравнению с любым другим составит

$$\Delta_{\text{год}} = Z_{\text{прз}i} - Z_{\text{прз} \min}. \quad (60)$$

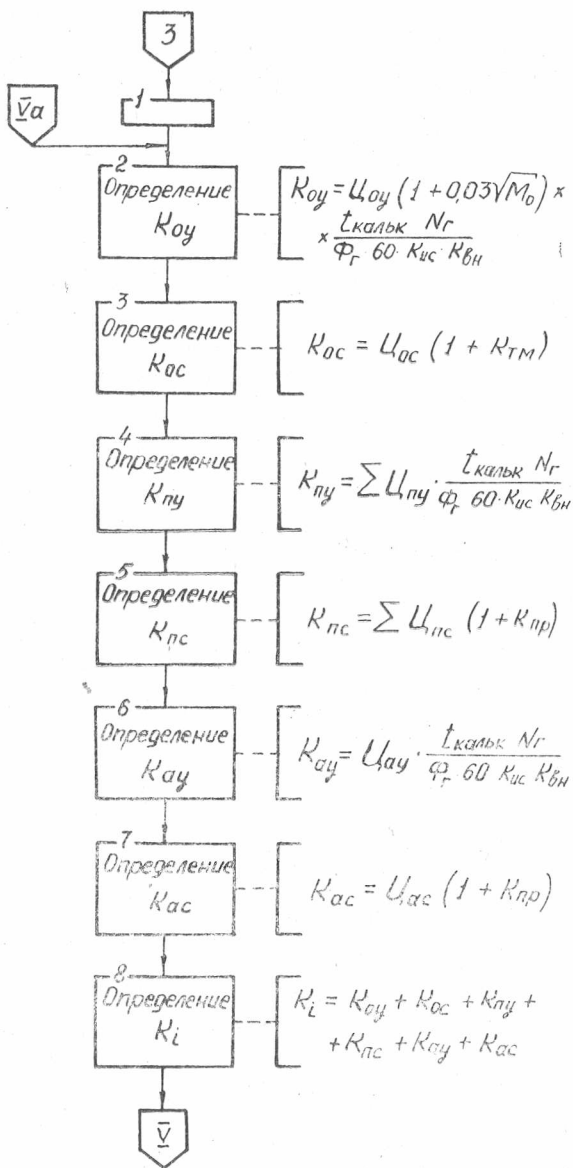
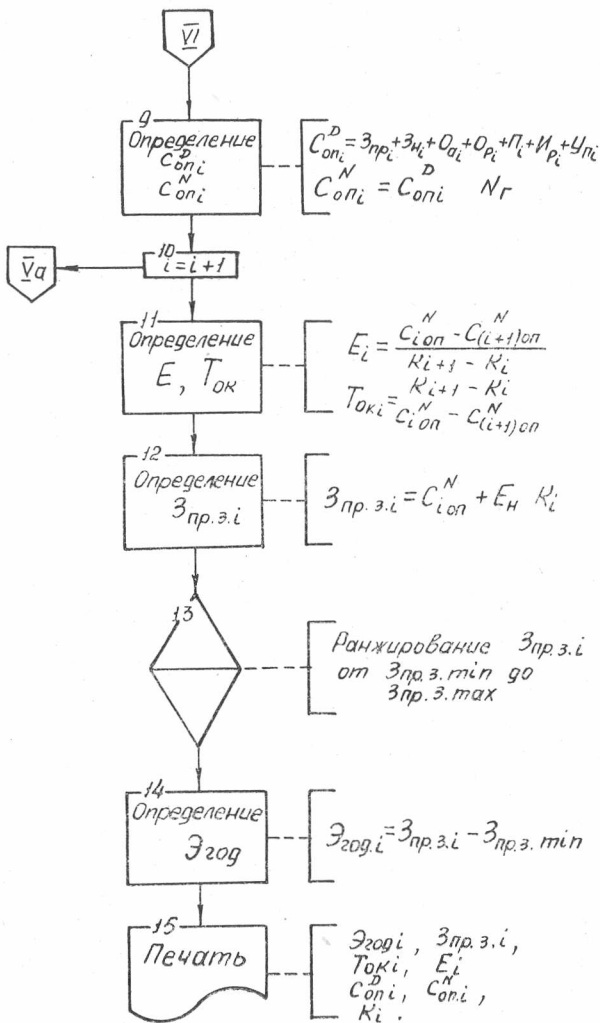


Рис. 9. Блок-схема алгоритма оптимизации технологического процесса по критериям эффективности капитальных вложений и приведенных затрат



Р и с. 9. Окончание

5. ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ПО ЭКОНОМИЧЕСКИМ КРИТЕРИЯМ С ПОМОЩЬЮ ЭВМ

5.1. ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ, ЕЕ СИСТЕМАТИЗАЦИЯ И КОДИРОВАНИЕ

Использование вычислительной техники в целях оптимизации технологических процессов позволяет более эффективно использовать затрачиваемое на выполнение проекта время студента. При выполнении технико-экономических расчетов (и расчетов вообще) на ЭВМ необходима подготовка исходной информации.

Информацию, предназначенную для обработки на ЭВМ, принято классифицировать:

- по содержанию — на качественную и количественную;
- по характеру использования — на переменную и условно-постоянную (либо постоянную).

Качественная информация характеризует и отличает технологические предметы: наименование операций и переходов, используемое оборудование, приспособление, инструменты и т. д. Количественная информация содержит параметрические характеристики технологических предметов: мощность электродвигателя станка, вес, группу ремонтной сложности, число оборотов, подач, число деталей в приспособлении, стоимость оборудования, линейные и угловые размеры детали, требуемую шероховатость поверхностей и т. д.

К категории переменной относится информация, которая готовится каждый раз перед расчетом и однозначно отражает анализируемый вариант операции, ее содержание: используемое в операции оборудование и оснащение, трудоемкость выполнения операции, используемый режущий инструмент, программу выпуска деталей и др. Переменная информация представляет собой комплект исходных данных для расчета (см. «Подготовка исходных данных»).

Условно-постоянной называют нормативно-справочную информацию, необходимую для обеспечения расчетов, этот вид информации готовится один раз перед разработкой математического обеспечения и включает в себя характеристику производства, сведения о потенциально возможном оборудовании, приспособлениях, режущем инструменте для выполнения операции, часовые тарифные ставки производственных рабочих и наладчиков и т. д.

Подготовка исходной информации заключается в представлении ее в приемлемом для машинной обработки виде: качественная информация подвергается кодированию, количественная — представлению по правилам, регламентируемым используемым алгоритмическим языком программирования. В предлагаемом пособии для кодирования качественной информации о технологических предметах использована порядковая система кодирования, по которой каждому технологическому предмету присвоены одно-, двух- или трехзначные числовые коды.

Правила кодирования следующие: если число предметов, описывающих группу, менее десяти, то этим предметам присвоены однозначные коды (тип производства, сменность работы и т. д.), причем если содержательная часть предметов совпадает с общепринятой последовательностью чисел (разряд работы — 1, 2, 3 ..., сменность работы — 1, 2, 3), то у этих предметов содержание и код совпадают. Если число предметов в группе более 10, но не менее 100, то этим предметам присвоены двухзначные коды (например типы деталей), и наконец, предметам, число которых превышает 100, присвоены трехзначные коды (типоразмеры оборудования, приспособлений, инструментов и т. д.). Причем в последнем случае трехзначные коды разбиты на три группы:

универсальная и специализированная оснастка	001—130;
инструменты	300—585;
оборудование	600—860.

Таблицы, содержащие условно-постоянную информацию для выполнения расчетов по определению технологической себестоимости традиционным (ручным) способом, и информация на машинных носителях для автоматического счета — идентичны. Коды технологических предметов указаны в справочных таблицах.

Форма представления количественной информации совпадает с естественной формой записи числа, при которой в вещественных числах символ «,» заменен на «.» и цифра «0» записывается «Ø».

Переменная информация готовится с различной степенью полноты в зависимости от того, имеется ли информация об оборудовании и оснащении, которое необходимо для выполнения операций, указанных в табл. П12-П14, П16. Если в предлагаемом варианте операции должно быть использовано такое оборудование, приспособления и инструменты, которые не описаны в таблицах, то вариантная часть бланка исходных данных заполняется полностью, т. е. указывается и наименование технологического предмета (станка, приспособления, инструмента), и его

технические характеристики, и стоимость (вариант полного набора исходных данных).

Если в предлагаемом варианте выполнения операции используются технологические предметы, информация о которых содержится в таблицах, то в вариантную часть бланка исходных данных вполне достаточно занести только коды этих предметов (минимальный набор исходных данных).

В случае, если вариант обработки детали предусматривает использование нескольких станков или приспособлений (обработка в нескольких операциях), то исходные данные о таком варианте заносятся в несколько рядом стоящих столбцов бланка. Признаком, отделяющим информацию одного варианта выполнения операции от другого, является символ $\#$.

5.2. ПОДГОТОВКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Для ввода в ЭВМ числовые данные записывают на специальном бланке в строгом соответствии с заданной последовательностью и форматами. Все данные записывают с использованием двух типов спецификаций формата: I и F . Для записи целых чисел используется спецификатор типа I . Он имеет форму $I\omega$, где ω — длина поля числа.

Например, $I5$ означает 5 — символьное поле.

Рассмотрим примеры:

Спецификатор (формат)	Значение	Представление на бланке
$I5$	+1234	<u> 1 2 3 4</u>
$I5$	-1234	<u>-1 2 3 4</u>
$I1$	7	<u> 7</u>
$I2$	0	<u> 0</u>

Числа действительного типа записывают с помощью спецификатора F — это спецификатор десятичных чисел с фиксированной точкой. Он записывается в форме

$$F\omega \cdot d,$$

где ω — длина поля всего числа;

d — количество дробных десятичных разрядов.

Рассмотрим примеры:

Спецификатор (формат)	Значение	Представление на бланке
F 6.3	52,91	5 2 . 9 1
F 5.2	1.3	1 . 3
F 6.2	φ	φ φ φ φ φ φ φ φ
F 6.3	34	3 . 4 φ φ φ φ φ φ φ φ

Правила использования спецификаций следующие:
число в поле всегда располагается справа, и если поле
слишком велико, то левая часть заполняется пробелами;
если число отрицательное, то знак минус записывается слева
от старшей значащей цифры;
в случае необходимости справа от числа добавляются нули;
пробелы в числе обрабатываются ЭВМ как нули;
форма *F* отличается от обычной математической записи.

5.3. ОПИСАНИЕ БЛАНКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ И ПОРЯДОК ЕГО ЗАПОЛНЕНИЯ

Инвариантная часть бланка содержит информацию, представленную следующими форматами (табл. 3).

Таблица 3

Номер строки бланка	Содержание	Позиции бланка	Формат описания
1	Фамилия студента, группа	1—18 19—22	Порядок написания любой
2	Код детали	1—3	I 3
	Код операции	6—8	I 3
	Тип производства	11	I 1
	Число смен	14	I 1
	Годовая программа	17—21	I 5
	Количество партий запуска	24—25	I 2

Для записи информации в вариантной части бланка используются следующие форматы (табл. 4).

Таблица 4

Номер строки бланка	Описание оборудования	Позиции бланка	Формат описания
3	Модель	1—10	Порядок написания любой <i>I 3</i> <i>I 6</i>
	Код	13—15	
	Цена	18—23	
4	Код	1—3	<i>I 3</i>
	Группа сложности	6—7	<i>I 2</i>
	Число деталей в приспособлении	10—15	<i>I 6</i>
	Разряд работы	18	<i>I 1</i>
	Штучное время	21—26	<i>F 6.2</i>
	Калькуляционное время	29—34	<i>F 6.2</i>
5	Информация о наладке станка		
	Количество инструментов в наладке	1—2	<i>I 2</i>
	Время наладки	5—10	<i>F 6.2</i>
	Разряд наладчика	13	<i>I 1</i>
6 и т. д. (количество строк равно числу инструмента в наладке)	Информация о режущих инструментах		
	Код	1—3	<i>I 3</i>
	Цена	6—11	<i>I 6</i>
	Основное время	14—19	<i>F 6.2</i>
	Знак конца варианта	22	<i>I 1</i>

В последней строке варианта в 22 позиции ставится знак $\#$, который свидетельствует о том, что следующая строка является первой строкой нового варианта.

5.4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ВАРИАНТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

При выполнении проекта студент должен произвести экономический анализ 3—4-х вариантов операции технологического процесса, предполагающих использование различного оборудования и оснастки, сравнить эти варианты и выбрать оптимальный.

Расчеты по определению себестоимости одного варианта операции обязательно выполняют вручную в последовательности, указанной выше. А затем для всех вариантов готовят исходные данные для автоматического счета. Подготовка исходных данных заключается в кодировании информации, характеризующей операцию (коды содержатся в тех же таблицах, которые используют для ручного расчета, имеющих общепринятую форму описания качественной информации), и записи ее на бланк для дальнейшего переноса на машинный носитель.

Пример заполнения исходных данных показан на бланке (прил. 2).

Рассмотрим два варианта операции технологического процесса обработки детали типа втулки.

По первому варианту заготовка рассверливается на сверлильном станке 2Н150, а затем производится черновое обтачивание наружных поверхностей деталей на многолезцовом полуавтомате 1А425. *По второму варианту* обработка наружных и внутренних поверхностей заготовки производится на шестипиндельном токарном автомате 1А290-6.

Перед заполнением бланка исходных данных пользователь готовит информацию соответствующим образом.

Инвариантная информация. Фамилия пользователя — Смирнов Г. В., группа 252; код детали присваивается в соответствии с содержанием табл. П17, например: деталь типа втулки, код 02; код операции присваивается по табл. П19, например: операция токарная, код 01; тип производства по табл. П11, серийное, код — 03; число смен; принимаем в серийном производстве работу двухсменную — код 2; программа выпуска 40000 шт.; количество партий запуска определяется по табл. П1, для деталей типа втулок оно равно 4.

Перед заполнением бланка инвариантную информацию можно представить следующим образом:

1. Инвариантная информация.

1.1. Смирнов Г. В., 252

1.2. 02

1.3. 01

1.4. 03

1.5. 2

1.6. 40000

1.7. 4

Вариантная информация. Для выполнения обработки детали по первому варианту необходимо два станка (обработка в двух операциях) — вертикально-сверлильный 2Н150 и многолезцовый полуавтомат 1А425. Сведения об этом варианте будут занимать два столбца. Учитывая, что информация по

этим станкам содержится в табл. П4, записываются только их коды, 2Н150-647, 1А425-617.

Приспособления. Для выполнения операции сверления используют машинные тиски, которых нет в табл. П14, поэтому необходимо указать группу сложности приспособления 3, число деталей без крепежа — 16 шт.

Далее разряд работы по табл. П2. Операция черногого сверления выполняется рабочим 2-го разряда.

Калькуляционное время по нормативам (15, 16) — 1,92 мин.

Количество инструментов в наладке — 2.

Первый инструмент — сверло — код-314, оперативное время 0,9 мин.

Второй инструмент — зенкер — код-474, оперативное время 0,72 мин.

Для выполнения операции на многорезцовом полуавтомате необходим цанговый патрон, из табл. П14 записывается его код — 006. Разряд работы по табл. П2, операция чистового точения на полуавтоматах выполняется рабочим 3-го разряда.

Штучное время по нормативам /15, 16/ — 1,15 мин.

Количество инструментов в наладке — 2.

Время наладки станка по нормативам /16/ — 24 мин.

Разряд работы наладчика по наладке многорезцовых полуавтоматов — 4 (см. табл. П6).

Первый инструмент в наладке, резец подрезной, код — 489, основное время — 0,41 мин; второй — проходной, код — 485, основное время — 0,65 мин.

Информация о первом варианте обработки поверхностей детали подготовлена. Необходимо поставить знак раздела вариантов #.

По второму варианту обработка детали производится на шестишпindelном токарном автомате 1А290-6. Ввиду отсутствия информации о токарном станке в табл. П4 в бланк необходимо занести: наименование оборудования — шестишпindelный автомат, модель — 1А290-6, оптовую цену — 23880 руб. Оставшаяся информация по второму варианту операции готовится по аналогии с первым вариантом, после чего все данные сводятся в общую табл. 5.

После этого подготовленные исходные данные вариантной и инвариантной частей переносятся на бланк «Фортрана» (см. прил. 2) и передаются оператору для последующей обработки.

Полученная по результатам расчета распечатка результатов (см. табл. 2), приведенные затраты по вариантам и сроки окупаемости, необходимый анализ полученных результатов, графические иллюстрации прилагаются к расчетно-пояснительной записке.

Таблица 5

Вариантная информация

Наименование параметров	Содержание вариантов операций. Значение или код		
<i>Оборудование</i>			Шестишпиндельный автомат 1A290-6
Модель			
Код	647	617	
Цена			23880
<i>Приспособления</i>			
Наименование	Машинные тиски		
Код		006	006
Группа сложности	3		
Число деталей в приспособлении	16		
Разряд работы	2	3	3
Штучное время		1,15	2,39
Калькуляционное время	1,92		
<i>Наладка станка</i>			
Количество инструмента в наладке	2	2	4
Время наладки		24	36
Разряд наладки		4	4
<i>Режущий инструмент</i>			
<i>i=1</i> Наименование			
Код	314	489	314
Цена			
Основное время	0,90	0,41	0,83
<i>i=2</i> Наименование			
Код	474	485	489
Цена			
Основное время	0,72	0,65	0,36
<i>i=3</i> Наименование			
Код			485
Цена			
Основное время			0,52
<i>i=4</i> Наименование			
Код			483
Цена			
Основное время			0,47
..	..	≠	≠
<i>i=12</i> Наименование			
Код			
Цена			
Основное время			

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Автоматизированная система проектирования технологических процессов механосборочного производства/Под ред. *Н. М. Капустина*. — М.: Машиностроение, 1979, — 247 с.
 2. *Балакиин Б. С.* Основы технологии машиностроения. — М.: Машиностроение, 1979, — 559 с.
 3. *Барташев Л. В.* Справочник конструктора и технолога по технико-экономическим расчетам. — М.: Машиностроение, 1979, — 221 с.
 4. *Вишняков А. Е.* Технико-экономическое обоснование выбора способа получения заготовки. — Куйбышев: КуАИ, 1981, — 65 с.
 5. *Горбунов М. Н.* Основы технологии производства самолетов. — М.: Машиностроение, 1976, — 259 с.
 6. Дипломное проектирование по технологии машиностроения/Под общей ред. *В. В. Бабука*. — Минск: Высшая школа, 1979, — 464 с.
 7. *Добрянина Л. М.* Экономическая оценка вариантов технологических процессов. — Куйбышев: КуАИ, 1982, — 32 с.
 8. *Евстигнеев М. И., Подзей А. В., Сулима А. М.* Технология производства двигателей летательных аппаратов. — М.: Машиностроение, 1982, — 264 с.
 9. *Марголит Р. П.* Наладка станков с программным управлением. — М.: Машиностроение, 1983, — 253 с.
 10. *Маталин А. А.* Точность механической обработки и проектирование технологических процессов. — Л., Машиностроение, 1970, — 316 с.
 11. Основы технологии машиностроения/Под ред. *В. С. Корсакова*. — М.: Машиностроение, 1977, — 416 с.
 12. *Подзей А. В., Новиков Н. Н., Зверев М. М.* Экономический анализ вариантов технологических процессов в авиадвигателестроении. — М.: МАИ, 1983, — 85 с.
 13. Станочные приспособления. Т. 2./Под ред. *Б. Н. Вардашкина и В. В. Данилевского*. — М.: Машиностроение, 1984, — 492 с.
 14. Общемашиностроительные укрупненные нормативы времени на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Серийное производство. — М.: НИИ Труда, 1970, — 312 с.
 15. Общемашиностроительные нормативы времени для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Серийное производство. — М.: Машиностроение, 1967, — 188 с.
 16. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования. Серийное производство. — М.: Машиностроение, 1974, — 342 с.
 17. *Тиллес С. А.* Экономика технологических процессов механической обработки. — М.: Машиностроение, 1964, — 299 с.
 18. *Шманев В. А.* Приспособления для авиационного двигателестроения. — Куйбышев: КуАИ, 1980, — 78 с.
-

Приложение 1

Таблица П1

Количество партий запуска $n_{п}$ в год в авиадвигателестроении

Типы деталей	$n_{п}$
Рабочие лопатки турбины и компрессора	12
Лопатки направляющих аппаратов	6
Диски турбин и компрессоров, направляющие аппараты	12
Балы крупногабаритные	6
Валы мало- и среднегабаритные	4
Шестерни	12
Корпуса крупногабаритные	6
Корпуса мало- и среднегабаритные	4
Арматура (втулки, стаканы)	4
Болты, винты, шпильки, штифты	2

Таблица П2

*Средние разряды работ рабочих-станочников
основного производства (серийное производство) /6, 7/*

Процессы обработки металлов резанием	Виды операций	Разряд
Обработка на токарных, токарно-карусельных, токарно-расточных, фрезерных станках	Грубые и черновые операции (7—5 кл. точности)	3—4
	Чистовые и окончательные (4—3 кл. точности)	4—5
Обработка на револьверных, сверлильных, протяжных станках, автоматах и полуавтоматах	Черновые (5 кл. точности)	2—3
	Чистовые, окончательные	3—4
Шлифование (наружное, внутреннее, плоское, резьбо- и зубошлифование)	Предварительное (3—2а кл. точности)	3—4
	Окончательное, тонкое (2—1 кл. точности)	4—5
Зубофрезерование, зубодобление, резьбофрезерование		3—4
Обработка на станках с ЧПУ		3—4

Т а б л и ц а ПЗ

*Часовые тарифные ставки рабочих-станочников
(сдельщиков с нормальными условиями труда),
З_{пр}^ч руб./ч, /6/*

Разряды Код	1	2	3	4	5	6
З _{пр} ^ч руб.	0,50	0,55	0,61	0,67	0,75	0,86

Техническая характеристика металлорежущих станков по прейскуранту № 18-01 1982 г.

Модель станка	Код	Основные параметры станка, мм	Мощность станка, кВт	Масса станка, кг	Оптовая цена, руб	Габариты станка (длина × ширина), мм	Оч. ау	Оч. р	Кбм
Автоматы токарно-револьверные, прутковые одношпиндельные									
Д118АКС	600	Диаметр прутка 18	2,2	1100	3240	1640×740	0,125	0,108	0,25
Е125	601	—»—	4	2650	12500	2160×1000	0,48	0,42	0,25
Е140	602	—»—	5,5	2650	12500	2160×1000	0,48	0,42	0,25
Автоматы токарные прутковые одношпиндельные									
М10А	603	Диаметр прутка 10	2,2	840	5240	1460×870	0,203	0,174	0,25
П16	604	—»—	3	1200	3500	1985×945	0,135	0,116	0,25
Д25В	605	—»—	5,5	1600	9200	2600×1070	0,356	0,306	0,25
Автоматы токарные многошпиндельные горизонтальные прутковые шестишпиндельные									
Д126	606	Диаметр прутка 16	7,5	4000	15800	5385×1000	0,612	0,526	0,33
А225-6	607	—»—	11	5700	14520	5700×1250	0,562	0,483	0,33
Б240-6	608	—»—	15	11600	28930	6170×1700	1,154	0,992	0,33
Б265-6К	609	—»—	30	14500	30800	6200×1700	1,191	1,025	0,33
Восьмишпиндельные горизонтальные									
Б265-8К	610	Диаметр прутка 80	30	14000	33230	4675×1825	1,286	1,105	0,33
Б29П-8К	611	—»—	30	18400	53600	4325×2475	2,074	1,784	0,33
Полуавтоматы токарные многошпиндельные вертикальные									
К282-8	612	Максимальный диаметр обработки 250	55	19000	27000	3070×2945	1,045	0,899	0,5
Д283-8	613	—»—	100	20500	31640	3250×3065	1,224	1,053	0,5
Д286-8	614	—»—	75	35000	50830	4970×4950	1,967	1,691	0,5
Д286-8К	615	—»—	75	35500	45320	4790×5020	1,754	1,508	0,5

Продолжение табл. П4

Модель станка	Код	Основные параметры станка, мм	Мощность станка, кВт	Масса станка, кг	Оптовая цена, руб	Габариты станка (длина x ширина), мм	Оч. аэ	Оч. р	Абм
Станки полуавтоматы токарно-револьверные									
1Е316П	616	Диаметр 18—250	3	1260	6280	4020×920	0,243	0,209	1
1А425	617	—»— обработка	—»—	4850	9700	4020×920	0,375	0,323	1
Полуавтоматы токарные патронные шестипищельные									
1Б240П-6К	618	Размер патрона 130	18	11600	23240	6170×1250	0,899	0,773	0,5
1Б265П-6К	619	—»—	30	14500	30380	6200×2435	1,175	1,011	0,5
1Б290П-6К	620	—»—	30	18400	50700	4325×2475	1,962	1,687	0,5
Полуавтоматы токарно-револьверные цанговые - патронные с револьверной головкой и суппортом									
1Е316П	621	Диаметр цанги 18	3	1260	6280	4020×920	0,243	0,209	0,5
11340ПЦ	622	—»— патрона 40	6	6500	14050	4840×1120	0,544	0,468	0,5
		—»— патрона 400	—»—	—»—	—»—	—»—	—»—	—»—	—»—
Токарно-карусельные									
1508	623	Диаметр планшайбы 800	22	9500	12500	2270×2365	0,483	0,416	1
1510	624	—»—	22	10500	13270	2370×2365	0,513	0,442	1
1512	625	—»—	30	16500	21660	3926×2075	0,838	0,721	1
1516	626	—»—	30	2000	23320	3170×3025	0,902	0,776	1
1525	627	—»—	40	35500	36180	5070×5240	1,4	1,204	1
Станки токарные и токарно-винторезные									
16Т02П	628	Максимальный диаметр обработки 125	0,25	750	50070	695×520	0,022	0,019	1
16Б16А	629	—»—	4,6	2100	1830	2380×1060	0,071	0,061	1
1М61П	630	—»—	4	1260	2230	2055×1095	0,086	0,074	1

Модель станка	Код	Основные параметры станка, мм	Мощность станка, кВт	Масса станка, кг	Оптовая цена, руб	Габариты станка (длина × ширина), мм	О ^ч _{ау}	О ^ч _р	К _{бм}
✓ 16К20М	631	Максимальный диаметр обработки	400	3595	7750	3370×1565	0,299	0,258	1
1В62Г	632	—»—	600	2300	5000	2800×1190	0,193	0,166	1
1М63Б	633	—»—	630	5000	7570	4950×1780	0,293	0,252	1
1А64	634	—»—	800	11400	9399	5825×2000	0,363	0,312	1
165	635	—»—	1000	12500	9760	5825×2100	0,377	0,325	1
Лоботокарные станки									
1М692	636	Максимальный диаметр обработки	2000	29750	65680	5160×5765	2,542	2,186	1
1М692Б	637	—»—	2000	29220	60800	7045×5765	2,352	2,023	1
1М693	638	—»—	3200	59160	84500	8250×5700	3,27	2,81	1
1А693	639	—»—	2300	52000	84500	8250×5700	3,27	2,87	1
Резьботокарные станки									
1Б922	640	Максимальный диаметр обработки	420	4800	28330	27500×1670	1,096	0,943	1
1Б922Г	641	—»—	540	4000	23820	3020×1670	0,922	0,793	1
Вертикально-сверлильные станки									
2М103П	642	Максимальный диаметр обработки	3	40	325	380×200	0,012	0,011	1
2М112	643	—»—	12	120	290	770×370	0,009	0,008	1
2Н118	644	—»—	18	450	770	770×590	0,030	0,026	1
2Н125	645	—»—	18	620	1040	870×780	0,040	0,035	1
2Н135	646	—»—	35	880	1420	2350×785	0,055	0,047	1
✓ 2Н150	647	—»—	50	1870	2360	2930×890	0,091	0,078	1
Радиально-сверлильные станки									
✓ 2К52	648	Максимальный диаметр сверления	25	620	1040	2350×785	0,040	0,035	1

Продолжение табл. П4

Модель станка	Код	Основные параметры станка, мм	Мощность станка, кВт	Масса станка, кг	Оптовая цена, руб	Габариты станка (длина × ширина), мм	О _ч ау	О _ч р	К _{бм}
2M55	649	Максимальный диаметр сверления 50	4,4	4700	6000	2665×1030	0,232	0,199	1
2M58-1	650	—»—» 100	13	18000	18980	4850×1830	0,734	0,632	1
2A931	651	Фрезерно-центральные и центральные станки	4,4	2930	18300	2000×1050	0,708	0,609	1
2A932	652		3	2590	17870	2600×1050	0,691	0,595	1
Горизонтально-расточные станки									
2M614	653	Стол 900×1000	6,7	9000	17690	4330×2590	0,685	0,589	1
2620B	654	Стол 1120×1250	10,2	12500	20800	5700×3600	0,805	0,692	1
2A622-1	655	Стол 1120×1250	11	17000	51700	6100×3950	2,0	1,72	1
2622B	656	Стол 1120×1250	10,2	12200	19500	5700×3600	0,755	0,649	1
Координатно-расточные станки									
2431	657	Стол 320×560	2,2	3355	19200	1780×1330	0,743	0,639	1
2E440A	658	—»—» 400×710	4,5	3880	13840	2440×2195	0,536	0,461	1
2D450	659	—»—» 1120×630	6	8300	25870	2740×3306	1,001	0,861	1
2712A	660	—»—» 500×710	4	5000	42600	3250×1250	1,648	1,418	1
Круглошлифовальные центровые станки									
3A110B	661	Диаметр 140	l=200	2000	9870	1880×2025	0,382	0,328	1
3E12	662	Ø 200	l=500	3500	8470	2300×2400	0,328	0,282	1
3V131	663	Ø 280	l=710	5910	13730	5500×2585	0,531	0,457	1
3V132	664	Ø 280	l=1000	6700	13710	5500×2585	0,530	0,456	1
3V142	665	Ø 400	l=1000	7530	15500	6310×2585	0,599	0,516	1
3V144	666	Ø 400	l=2000	10000	17840	6920×2585	0,690	0,594	1
3M152B	667	Ø 200	l=1000	6035	14750	4975×2337	0,571	0,491	1
3M173	668	Ø 400	l=1400	11800	18650	5800×2840	0,722	0,621	1
3M175	669	Ø 400	l=2800	14700	21290	8310×2840	0,824	0,708	1

Модель станка	Код	Основные параметры станка, мм	Мощность станка, кВт	Масса станка, кг	Оптовая цена, руб	Габариты станка (длина x ширина), мм	О ^ч _{ау}	О ^р _р	К _{бм}
Бесцентрово-шлифовальные станки									
3М182	670	Ø 08—85	7,5	3470	8470	2230×1455	0,328	0,282	1
3М184	671	Ø 3—80	10	6850	11480	2945×1885	0,444	0,382	1
3М185	672	Ø 8—160	22	9290	17300	3250×2550	0,669	0,576	1
3Ш182	673	Ø 2,5—40	6	4432	12660	2700×2300	0,490	0,421	1
3Ш184Д	674	Ø 6—80	10,5	8570	17280	3400×2855	0,669	0,576	1
Внутришлифовальные станки									
3К225В	675	l=50	0,76	2800	4830	2225×1775	0,187	0,161	1
3К227В	676	Ø 20—100	4	4300	11430	2815×1900	0,442	0,380	1
3К228В	677	Ø 500—200	5,5	6600	15410	3910×2200	0,596	0,513	1
3К228В	678	Ø 100—400	7,5	8600	18570	4570×2350	0,719	0,618	1
Плоскошлифовальные станки									
3Е710В	679	Ст.1 250×125	1,5	1000	6000	1310×1150	0,232	0,2	0,5
3Е711В-1	680	—»— 400×200	4	3380	12900	1670×1800	0,499	0,429	0,5
3Д722	681	—»— 1250×320	15	8700	16030	4100×2130	0,631	0,542	0,5
3Д725	682	—»— 2000×630	30	15450	29860	5750×2960	1,116	0,960	0,5
3П740В	683	—»— 2500×750	35	5900	18900	2100×1970	0,731	0,629	0,5
3Е711ВФ2	684	—»— 1000×300	5,5	3400	25600	4200×1800			0,33
Резьбо- и червячно-шлифовальные станки									
5К821В	685	l=125	3	4845	20700	1795×1910	0,801	0,689	0,5
5К822В	686	Ø 200	3	5345	24530	2200×2038	0,949	0,816	0,5
5К823В	687	Ø 320	5,5	8700	48330	3780×2510	1,874	1,611	0,5
Шлифовальные станки									
3451	688	Ø 320	3	3900	11400	2600×1515	0,441	0,379	0,5
34516	689	Ø 320	3	4630	12160	3450×1515	0,470	0,405	0,5

Продолжение табл. П4

Модель станка	Код	Основные параметры станка, мм	Мощность станка, кВт	Масса станка, кг	Оптовая цена, руб	Габариты станка (длина х ширина), мм	Оч. аэ	Оч. р	к бм
34518	690	$l=1400$	3	6200	13080	4450×1515	0.506	0.435	0.5
3451Г	691	$l=2090$	3	6800	14550	5250×1515	0.563	0.484	0.5
3В451ВФ20	692	$l=1000$	3	8000	25000	5250×1515			0,33
Станки для шлифования центровых гнезд									
МВ-119	593	$l=до 1500$	0.55	1380	8750	1030×880	0.339	0.291	1
Абразивно-отрезные станки									
8А240	694	$Ø 60, 60×60$	10	1300	2790	1370×1160	0.108	0.092	0.5
Хонинговальные станки									
3Е820	695	$l=90$	0.75	1890	13100	2500×1300	0.507	0.436	1
3821	696	$l=320$	1,1	2000	9550	2600×1850	0.369	0.318	1
3Г833	697	$l=500$	3	1200	1970	1205×1180	0.076	0.065	1
Станки доводочные и пригирочные									
3803	598	$70×70$	0.37	117	1590	700×454	0.061	0.053	1
3806П	699	$Ø 230$	2,2	2300	5380	1495×1120	0.208	0.179	1
3Д817	700	$l=10-120$	6,7	3200	23900	2800×3000	0.925	0.795	1
Зубофрезерные станки									
5304П	701	$m=1,5$	1,5	2480	10600	1215×1195	0.410	0.353	0,33
5К301П	702	$m=2,5$	2,2	1840	7700	1320×1120	0.298	0.256	0,33
53А30	703	$m=6$	4,2	6800	16200	2300×1500	0.627	0.539	0,33
53050Н	704	$m=8$	12,5	9850	18960	2670×1810	0.734	0.631	0,33
53А80Н	705	$m=10$	12,5	10300	21000	2897×1810	0.813	0.699	0,33
3Е32	706	$m=6$	5,2	6800	18900	2300×1500	0.731	0.629	0,33
5Д32С-1	707	$m=6$	5,2	7000	17200	2300×1500	0.666	0.572	0,33
5К32	708	$m=10$	7	10600	22000	2890×1800	0.851	0.732	0,33

Модель станка	Код	Основные параметры станка, мм	Мощность станка, кВт	Масса станка, кг	Оптовая цена, руб	Габариты станка (длина × ширина), мм	О ^ч _{ау}	О ^ч _р	кбм
5K324	709	m=8	7	9800	19200	2670×18010	0,743	0,639	0,33
5K328	710	m=12	14	12500	2300	3200×1800	0,089	0,076	0,33
5K324П	711	m=8	7	9800	22500	2670×1810	0,870	0,749	0,33
5K32П	712	m=10	12,5	10600	25000	2890×1800	0,967	0,832	0,25
E3-106	713	m=3	18	13300	28000	3450×2500			0,25
МА-84ФЧ	714	m=8	26	12000	30000	3850×2400			0,25
Зубодолбежные станки									
5122В	715	m=5	3,2	4400	11670	2000×1450	0,452	0,388	
5140	716	Ø 500	4,7	4400	9710	1900×1450	0,376	0,323	
5M150	717	Ø 800	7,5	10800	16760	4210×1800	0,649	0,558	
Зубошвинговальные станки для цилиндрических колес									
5701	718	m=0,3—1,5	0,9	1560	6900	1450×870	0,267	0,230	
5702В	719	m=1,5—6	3,2	5300	9500	1920×1500	0,368	0,316	
Зубошлицевальные станки для цилиндрических колес									
5В830	720	m=0,2—1,5	3	4480	20660	1950×2000	0,799	0,688	
5В833	721	m=0,5—4	4	7000	23570	2400×2500	0,912	0,784	
5А841	722	m=1,5—8	4,5	8000	31610	2850×2315	1,223	1,052	
5853	723	m=2—12	7,5	7610	64560	3340×2165	2,498	2,149	
5А868Д	724	m=1,5—9	4,5	14000	80900	5600×3158	3,131	2,692	
Полуавтоматы зубострогальные и зубофрезерные для прямозубых конических колес									
5123В	725	m=1,5	1,1	3000	16800	1620×1050	0,650	0,559	
5236П	726	m=2,5	1,1	3000	14300	1620×1050	0,553	0,476	
5С276П	727	m=10	4	9000	45200	2940×2090	1,749	1,504	
5С267П	728	m=8	4	8800	46000	2940×2090	1,780	1,531	

Продолжение табл. П4

Модель станка	Код	Основные параметры станка, мм	Мощность станка, кВт	Масса станка, кг	Оптовая цена, руб	Габариты станка (длина × ширина), мм	О ^н _{ау}	О ^п _р	кбм
Полуавтоматы зубрезные для конических колес с круговым зубом									
5С23П	729	$m=2,5$ Ø 125	1,5	3100	19500	2040×1255	0,755	0,649	0,33
5С270П	730	$m=8$ Ø 500	4	9000	40400	2990×2090	1,563	1,344	0,33
5Б231	731	$m=8$ Ø 500	7,5	7000	20600	2300×1850	0,797	0,686	0,33
5Б232	732	$m=8$ Ø 500	3,6	7000	20400	2300×1850	0,789	0,679	0,33
Полуавтоматы зубопригонные для конических колес с круговыми зубьями									
5П722	733	$m=6$ Ø 320	5,5	5120	22400	1540×1480	0,867	0,745	0,5
5722Е	734	$m=2,5-10$ Ø 500	5,5	5320	24700	1540×1480	0,956	0,822	0,5
Станки для обработки торцов зубьев, зубчатых колес									
5Б525	735	$m=1,5-10$ Ø 500	0,12	320	1380	1050×870	0,053	0,046	0,33
5Б525-2	736	$m=1,5-10$ Ø 500	0,12	350	1550	1050×870	0,060	0,052	0,33
5527	737	$m=3×16$ Ø 400	0,12	695	3000	1660×1026	0,116	0,100	0,33
Шлифрезерные станки									
5350А	738	Ø 500 $l=1000$ $m=6$	7,5	4100	5590	2585×1550	0,216	0,186	0,5
Резьбофрезерные станки									
5Б63	739	Ø 80 $l=50$	3	2560	7600	1825×1125	0,294	0,253	0,33
5Б63Г	740	Ø 80 $l=50$	2,2	2800	8060	2298×1085	0,312	0,268	0,33
Станки для шлифования конических зубчатых колес									
5А872	741	Ø 800 $m=12$	4	12500	66360	2700×2184	2,568	2,208	0,5
Горизонтально-фрезерные станки									
6Р81Г	742	250×1000 $5,5$	5,5	2530	3850	1480×2045	0,149	0,128	0,5
6Р82Г	743	320×1250 $7,5$	7,5	2830	2850	2305×1950	0,110	0,095	0,5
6Р83Г	744	400×1600 11	11	3700	3300	2560×2260	0,128	0,110	0,5

Модель станка	Код	Основные параметры станка, мм	Мощность станка, кВт	Масса станка, кг	Оптовая цена, руб	Габариты станка (длина x ширина), мм	О ^ч _{ау}	О ^р	К _{6м}
Горизонтально-фрезерные универсальные станки									
6P80	745	200×800	3	1260	3160	1525×1875	0,122	0,105	1
6P81	746	250×1000	5,5	2280	2650	1480×1990	0,102	0,088	1
6P82	747	320×1250	7,5	2900	2880	2305×1950	0,111	0,096	1
Вертикально-фрезерные станки									
6P10	748	200×800	3	1270	2850	1445×1875	0,110	0,095	1
6P11	749	250×1000	5,5	2360	2810	1480×1990	0,108	0,093	1
6P12Б	750	320×1250	7,5	3120	3140	2305×1950	0,121	0,104	1
6P13	751	400×1600	11	4200	3820	2560×2260	0,148	0,127	1
6550	752	500×1250	10	7500	14850	2720×3205	0,575	0,494	1
6A56	753	800×2000	22	19100	31800	3960×5300	1,231	1,059	1
Продольно-фрезерные станки									
6605	754	500×1600	11	13600	20100	5400×3550	0,779	0,669	1
6606	756	630×2000	11	21500	31500	6200×3750	1,219	1,048	1
Двухдисковые вертикально-притирочные станки для плоскостей									
3803Е	756	Диаметр обрабатываемой детали	60	1400	2300	1130×1405	0,089	0,076	
3814Б	757	—»—	115	2000	2600	1500×1060	0,100	0,086	
3Б816	758	—»—	160	5,5	4650	1865×1812	0,143	0,123	
3817	759	—»—	320	7,5	8900	2440×2090	0,410	0,353	
Односторонние вертикально-притирочные станки для плоскостей									
3803	760	Ø 100	1,2	180	720	700×450	0,028	0,024	
3806	761	Ø 250	3,2	1500	2100	1470×1300	0,081	0,070	
3808Т	762	Ø 500	7,5	11000	12000	2725×1920	0,488	0,419	
3809	763	Ø 800	11	14000	22500	3500×2500	0,871	0,749	
Станки для притирки конической поверхности									
СК4000	764	Ø 180	l=140	2,80	4600	1800×975	0,178	0,153	
2СК990006	765	Ø 75	l=100	1,9	1800	300×660	0,143	0,123	

Таблица П5

Станки с числовым программным управлением

Модель станка	Код	Основные параметры, мм	Магazine	Мощность эл/двигателя, кВт	Масса станка, кг	Оптовая цена, руб	Габариты станка (длина × ширина), мм	О _ч О _р	К _{бм}
---------------	-----	------------------------	----------	----------------------------	------------------	-------------------	--------------------------------------	-------------------------------	-----------------

Токарные центровые станки

16Б16Ф3-05	766	Ø 320	l=750	4—8	3200	11490	3385×1740	0,428	0,368
16К20Ф3	767	Ø 400	l=1000	6	5400	39000	3360×1740	1,454	0,5
16К20Ф3-С5	768	Ø 400	l=1400	6	4000	42000	3450×1700	1,567	0,5
16К20П-01	769	Ø 400	l=1000	6	5400	35400	3360×1740	1,320	0,9
16К20РФ3	770	Ø 400	l=1400	8	4250	42000	3450×1700	1,567	0,5
1М63-Ф3-01	771	Ø 630	l=1400	4	4500	2250	3550×1690	0,839	0,722
16К30Ф3	772	Ø 630	l=1400	4	7800	58440	5500×2530	2,180	1,875
16К500Ф3	773	Ø 100	l=2000	45	11500	62000	4000×2800	2,313	1,989
1П752МФ3	774	Ø 500	l=1400	8	9500	60500	3740×1840	2,257	1,941
1Б732Ф3	775	Ø 590	l=1400	6	11500	56800	4070×1800	2,119	1,822
1719МФ3	776	Ø 630	l=1400	12	14000	44800	4070×1800	1,671	1,437
МДВ23	777	Ø 650	l=2500	10	16000	85000	5200×3500	3,171	2,727

Лоботокарные станки

АТ450А	778	Ø 800	l=550	12	11800	37160	6900×3450	1,386	1,192
АТ800МС	779	Ø 1000	l=800	12	13900	44480	6450×4750	1,659	1,427
АТ450Б	780	Ø 800	l=450	9	12000	37760	6900×3450	1,408	1,211
МК6713	781	Ø 1000	l=400	6	12800	38600	6400×4500	1,440	1,238
РТ25Ф3	782	Ø 630	l=150	6	8000	25000	2835×2300	0,955	0,821
АТПР800Ф2	783	Ø 800	l=450	12	13900	32000	6450×4750	1,194	1,026
АТПР800Н	784	Ø 1000	l=450	12	8500	32000	2900×3930	1,194	1,026
1691МФ3	785	Ø 1000	l=250	6	15000	40200	3200×2700	1,499	1,289

Токарно-карусельные станки

1508Ф2	786	Ø 800	h=800	5—4	10800	32400	2500×2300	1,208	1,039
1512Ф2	787	Ø 1250	h=1000	5—4	16200	47200	2750×2975	1,761	1,514
1516Ф2	788	Ø 1600	h=1000	5—4	19500	49500	3100×4350	1,846	1,588

Модель станка	Код	Основные параметры, мм	Маг-зин	Мощность эл/двигателя, кВт	Масса станка, кг	Оптовая цена, руб	Габариты станка (длина × ширина), мм	О _{ау}	О _р	К _{бм}
1525Ф2	789	∅ 2500 h=1600	5—4	40	35500	86740	5065×5340	3,235	2,782	0,5
1A516MФ3	790	∅ 1600 h=1600	10	30	20500	56200	3100×4350			0,5
Токарные патронные полуавтоматы										
АППРЯМ12СН	791	∅ 250 l=100	12	10,2	4000	42000	2240×1750	1,567	1,347	0,33
173Ф3	792	∅ 320 l=200	4+4	20,4	4000	45000	2050×2310	1,660	1,428	0,33
1П752МФ3	793	∅ 500 l=250	9	22	9500	50050	3740×1840	2,203	1,894	0,33
КП141Ф3	794	∅ 400 l=100	12	13	5350	51000	2165×5050	1,902	1,636	0,33
1П756ДФ3	795	∅ 630 l=320	4+8	22	8800	56400	2975×2470	2,104	1,809	0,5
1П732Ф4	796	∅ 400 l=450	12	14,5	10500	60740	3800×2600	2,266	1,948	1
АТ320МС	797	∅ 500 l=300	9	22	6500	52700	3230×1400	1,966	1,691	0,5
МДВ10	798	∅ 500 l=300	10	18	6000	50400	3500×2100	1,880	1,617	0,5
МДВ20	799	∅ 730 l=440	10	25	7200	62000	3750×2100	2,313	1,989	0,5
АПР800Н	800	∅ 1000 l=450	12	14,5	8500	32000	2900×3930	1,194	1,026	0,5
АТ320МН	801	∅ 320 l=300	12	17	6000	50000	3200×3400	1,865	1,604	0,5
Е100	802	∅ 600 l=800	32	30	12500	75000	5200×4500	2,797	2,406	0,5
Токарно-револьверные станки										
11540ПФ4	803	∅ 40	16	15	2950	21000	3500×1810	0,783	0,673	0,5
1В340Ф30	804	∅ 40	16	4,2	2700	25600	3650×1900	0,955	0,821	0,5
1Е365ПФ3	805	∅ 50	16	15	4200	32400	3700×2100	1,208	1,039	0,5
1П426ДФ3	806	∅ 500 l=200	16	20	8200	45000	4200×2300			0,5
1325Ф30	807	∅ 25 l=80	16	5	2595	22000	4355×1200			0,5
Роботизированный комплекс										
16К20Ф3	808	∅ 500 l=900	6	11	4500	35000	4500×1450			0,33
1720ПФ30	809	∅ 400 l=1500	12	18	8000	42500	3750×1800			0,33
АТМ1П725	810	∅ 500 l=500	12	20	22000	62000	7945×6310			0,33
КС.10.01	811	∅ 40 l=70	12	6	5500	37500	6000×2800			0,33

Продолжение табл. П5

Модель станка	Код	Основные параметры, мм	Маг-зин	Мощность-эл/двигателя, кВт	Масса станка, кг	Оптовая цена, руб	Габариты станка (длина × ширина), мм	О _{ау}	О _р	К _{бм}
Многооперационные станки вертикальной компоновки										
243ВМФ2	812	Стол 320×500	30	2,2	3500	17500	15900×1640	0,653	0,561	0,5
245ВМФ2	813	Стол 1120×630	30	5,5	8200	41000	3300×1800	1,529	1,315	0,5
КС12-500	814	Стол 600×500	28	2,4	4100	20500	2000×1000	0,765	0,658	0,5
2254ВМФ4	815	Стол 630×400	30	5,5	6200	45000	3500×2050	1,660	1,428	0,5
Многооперационные станки горизонтальной компоновки										
6904ПМФ2	816	Стол 400×500, 360°	30	4,5	7000	851200	2650×1950	31,749	27,305	0,33
6906ПМФ2	817	630×800, 360°	30	8	10000	78200	3100×2500	2,917	2,508	0,33
ИР320ПМФ4	818	320×320, 360°	36	7,5	10000	198600	3800×2300	7,408	6,371	0,25
ИР500ПМФ4	819	500×500, 360°	30	14	11370	214700	4450×4650	8,008	6,887	0,25
ИР800МПФ4	820	800×800, 360°	30	14	12500	232000	5385×4635	8,654	7,442	0,25
Горизон 3	821	1500×1050, 360°	32	50	27000	250000	6300×6250	9,325	8,019	0,33
Горизон 4	822	1800×1050, 360°	32	50	28000	265000	8370×6250	9,884	8,501	0,33
2А459АМФ4	823	1000×1000	40	14	21200	240000	4040×3970	8,952	7,699	0,25
21105Н7Ф4	824	800×500	30	8	8650	220000	6040×5000	8,206	7,057	0,25
2Е450АМФ4	825	1120×630	30	7,3	10000	185000	3600×3000	6,901	5,934	0,25
2623ПМФ4	826	1250×1120, 360°	50	15	31000	270000	8300×7500	10,071	8,661	0,25
Вертикально-фрезерные станки										
6Р11Ф3	827	250×1000	1	5,5	3030	12000	2320×1650	0,448	0,385	0,5
6Н13Ф3	828	400×1600	1	7,5	4800	16000	2375×2160	0,597	0,513	0,5
6М13ГН1	829	400×1600	1	7,5	4800	16000	1375×2180	0,597	0,513	0,5
6Р13РФ3	830	400×1600	5	7,5	7000	16000	2575×2180	0,597	0,513	0,5
6306МФ4	831	630×1600	24	10,0	13000	18000	2680×2210	0,671	0,577	0,5
6504РФ3	832	400×1000	6	12	9550	20000	4200×3530	0,746	0,642	0,5
ФП-4	833	400×1600	1	7,5	7200	16500	2600×2200	0,615	0,529	0,5
6540РФ3	834	400×1600	6	13	7500	18600	4200×3530	0,694	0,597	0,5
ФП-8М	835	1100×2000	1	12	8600	22500	4500×3700	0,839	0,722	0,5

Модель станка	Код	Основные параметры, мм	Магнитопитание, кВт	Мощность электродвигателя, кВт	Масса станка, кг	Оптовая цена, руб.	Габариты станка (длина × ширина), мм	О _{ау}	О _р	К _{бм}
Горизонтально-расточные станки										
2Б622ПМФ2	836	1120×1250, 360°	100	30	23400		8730×5250			
2Б11Ф2	837	800×900, 360°	30	9,2	13500	65000	4200×5700	2,424	2,085	0,33
СМ308Ф2	838	100×1600	30	8,7	26000	150000	5000×3500	5,595	4,811	0,33
2А622ПФ1	839	1120×1250, 360°	30	25	23400	64600	8730×5250	2,410	2,072	0,33
2Б23ПМФ4	840	1120×1250	100	30	25000	180000	8750×5250	6,710	5,770	0,33
2206ВМФ4	841	800×630	30	21	120700	80000	3470×3170	2,984	2,566	0,33
Бесцентрово-шлифовальные станки										
3Е184БФ2	842	Ø 10—80	30	7130	54000		3200×2400			
Вертикально-сверлильные станки										
2Н118Ф2	843	Ø 18 280×400	1	1,5	1720	19200	1400×1400	0,716	0,616	0,5
2Р118Ф2	844	Ø 18 400×630	6	2,2	3500	20150	2350×1850	0,752	0,646	0,5
2Н135Ф2	845	Ø 35 400×630	1	4	2600	21400	1685×1725	0,798	0,686	0,5
2Р135Ф2	846	Ø 35 400×630	6	4	3500	23600	2500×1800	0,880	0,757	0,5
2Н55Ф2	847	Ø 50 630×800	1	5,1	7000	25800	3675×2730	0,962	0,828	0,5
Ауктор800/3М	848	Ø 40 840×580	12	6,5	6000	45000	4000×2800	1,678	1,443	0,5
МА655	849	Ø 30 500×1250	12	8	7000	53000	4100×3000	1,305	1,123	0,5
Круглошлифовальные центры										
3А151Ц	850	Ø 200×700	1	11	5500		3100×2100			1
3М151Ф2	851	Ø 200×700	1	10	6500		4900×2450			1
3М163Ф2Н1В	852	Ø 280×1250	1	10	9500		5900×2950			1
3В164БФ2	853	Ø 400×1400	1	14	11400		4850×2700			1
Плоскошлифовальные										
3Е711В	854	400×200	1	10,5	4740	35000	3560×1400	1,305	1,123	0,5
Снеголочные станки										
4Р22Ф2	855				38600			1,440	1,238	0,5
4Р22Ф	856				41500			1,548	1,331	0,5
4222	857				14300			0,533	0,459	0,5
Электроэрозионные станки										
4732Ф3	858				33000			1,231	1,058	0,5
4610ВФ3-1	859				7290			0,272	0,234	0,5

Т а б л и ц а П 6

Тарифные разряды наладчиков /6, 12/

Категории налаживаемых станков	Разряды
Центровочные, вертикально-сверлильные, строгальные, горизонтально-протяжные	2
Токарные, радиально-сверлильные, горизонтально- и вертикально-фрезерные, круглошлифовальные, плоскошлифовальные	3
Токарно-револьверные, продольно-фрезерные, внутришлифовальные, многорезцовые токарные	4
Токарные автоматы одно- и многошпиндельные, зуборезные, резьбофрезерные станки. Станки с ЧПУ	5
Зубошлифовальные, резьбошлифовальные. Станки с программным управлением	6

Т а б л и ц а П 7

Часовые тарифные ставки наладчиков станков основного производства,

 $Z_n^ч$ руб/ч /6/

Разряд работы наладчика	Часовая тарифная ставка
1	0,54
2	0,58
3	0,63
4	0,70
5	0,78
6	0,92

Т а б л и ц а П 8

Значения коэффициентов в уравнении для определения трудоемкости настройки станков $T_n = A_n + B_n \cdot N_{pн} + C_n t_{шт}$ /9/

Категории налаживаемых станков	Код	Значения			
		A_n	B_n	C_n	
Станки с ЧПУ	Сверлильные	843...849	28	1	1
	Расточные	836...841	47	1	1,5
	Фрезерные	812...835	36	1	1,5
	Токарные	766...807	36	3	2,0

Т а б л и ц а П 9

Нормативы затрат на амортизацию, ремонт и содержание оборудования $a_{ос}$, $a_{ор}$, P_0

Вид оборудования	Код оборудования	Затраты на амортизацию		Норма затрат на ремонт и содержание оборудования, P_0
		Сменность работы		
		1	2	
Универсальные станки, агрегатные станки, автоматические линии, автоматы, полуавтоматы, специализированные станки с ЧПУ, специализированные переналаживаемые станки		0,075	0,122	0,105
Специальные станки		0,2	0,33	0,05

Т а б л и ц а П 10

Годовой фонд времени работы оборудования Φ_T

Сменность работы оборудования	Годовой фонд времени работы оборудования, ч
1	2030
2	4015
3	5960

Т а б л и ц а П 11

Значение коэффициента использования (загрузки) оборудования $k_{ис}$

Тип производства	Код	Коэффициент использования оборудования
Массовое	01	0,9
Крупносерийное	02	0,8
Серийное	03	0,7

Т а б л и ц а П 12

Укрупненные данные по себестоимости специальных приспособлений $C_{пс} = N_{дет} C_{дет} / 11, 13/$

Группа сложности	Характеристика	Число деталей $N_{дет}$ (без крепежа и арматуры)	Себестоимость $C_{пс}$, руб	Значение $C_{дет}$
I	Мелкие приспособления простой и средней сложности (подставки, простые оправки, сменные губки и др.)	Менее 5	Не более 8,5	2,0
II	Средние приспособления с простыми корпусами и мелкие приспособления с корпусами средней мощности (патроны для инструментов, разжимные оправки и др.)	3—5 5—10 10—15	8,5—17 17—30 30—45	3,0
III	Мелкие приспособления с корпусами средней сложности сложного или средней сложности принципа действия, с зажимами простыми и средней сложности	10—15 15—20 20—25	45—62 62—80 80—95	4,0
IV	Мелкие приспособления сложного или средней сложности действия. Крупные и средние приспособления простого действия с различными зажимами	20—25 25—30 30—35 35—40	125—145 145—175 175—190 190—215	5,5
V	Средние и крупные приспособления со сложными корпусами простого и средней сложности действия, с зажимами простыми и средней сложности	35—40 40—45 45—50 50—55	300—325 335—360 360—390 390—415	8,0
VI	Крупные и средние приспособления с электромагнитным, пневматическим или гидравлическим действием. Крупные приспособления преимущественно сложного действия, с зажимами сложными и простого действия	50—60 60—70 70—80 80—90 90—95	610—690 690—765 765—850 850—925 925—965	11

Таблица П13

Коэффициенты для расчета затрат на специальные приспособления

Тип производства	Группа сложности приспособлений	Код	Значения коэффициентов			
			L_{II} лет	a_{II}	p_{II}	k_{II}
Крупно-серийное и массовое	1,2	1	2	0,5		
	3,4	2	3	0,33		
	5,6	3	4	0,25	0,25	0,25
Серийное	1,2	4	3	0,33		
	3,4	5	4	0,25		
	5,6	6	5	0,2		

Таблица П14

Стоимость универсальной и специализированной оснастки /12/

Наименование	Код	Основные размеры	Стоимость, руб
--------------	-----	------------------	----------------

Для крепления детали

Патроны самоцентрирующие с при- водом:			
ручным	001	∅ 100...400	65
гидравлическим	002	∅ 100...400	210
пневматическим	003	∅ 100...400	240
электромагнитным	004	∅ 100...400	160
Патроны быстропереналаживаемые	005	∅ 100...250	225
Патроны цанговые	006	∅ 20...250	125
Комплект цанг	007	∅ 10...100	80
Планшайбы токарные	008	до ∅ 200	190
Гидропатроны к зубодолбежным станкам	009	до ∅ 100	160
Оправки для нарезания зубчатых колес	010	∅ 16...18	13
Машинные тиски:			
с ручным зажимом	011	250...350	55
с пневматическим зажимом	012	250...350	80
самоцентрирующие	013	250...350	60
универсальные	014	250...350	200
Тиски для токарно-карусельных стан- ков	015	250...350	900
Столы поворотные:			
с ручной подачей	016	до ∅ 350	120
с механической подачей	017	до ∅ 500	350
Столы с поворотом на угол	018	400×400	125

Продолжение табл. П14

Наименование	Код	Основные размеры	Стоимость, руб
Столы делительные:	019	400×800	2000
простые	019	400×800	2000
оптические	020	400×800	8000
Приспособления с ручным зажимом деталей:			
одноместные	021	100×100	25
	022	250×250	40
	023	450×450	70
многоместные	024	400×400	90
	025	600×600	120
	026	800×800	170
Приспособления с гидравлическим и пневматическим зажимом деталей:			
одноместные	027	300×250	165
многоместные	028	500×350	245
Кондукторы накладные:			
простые	029	∅100...500	35
сложные	030	200×600	65
Кондукторы передвижные	031	200×400	45
—»— каптующиеся	032	400×400	58
—»— поворотные на одной или двух стойках	033	700×1250	175
Кондукторы для горизонтально-расточных станков	034	400×1000	150
Кондукторы с пневматическим зажимом для нескольких отверстий	035	450×300	400
Кондукторы универсальные скальчатые с одной и двумя стойками	036	150×200	40
<i>Для крепления инструмента</i>			
Многоспindleльные сверлильные головки:			
специальные	101		350
универсальные (2-х—4-х шп)	102		150
Напильники:			
для сверл	103	∅ 5...15	1,50
для метчиков	104	M12—M36	7,50
для плашек	105		9,50
для концевых фрез	106	до ∅ 20	7,5
Переходные втулки с конусом Морзе	107	∅ 2...5	0,75
Оправки для фрез к станкам:			
горизонтально-фрезерному	108	∅ 27...40	16,0
вертикально-фрезерному	109	∅ 27...40	8,5
Державки для резцов к револьверному станку:			
простые	110		7,50
сложные	111		15,0
Резцедержатель для резб:			
наружных	112		150
внутренних	113		200

Окончание табл. П14

Наименование	Код	Основные размеры	Стоимость, руб
<i>Для автоматизации станков</i>			
Автооператоры к станкам	120		750
Бункеры к станкам:			
вибрационные	121		275
средней сложности	122		400
сложные	123		1000
Магазины к станкам:			
средней сложности	124		75
сложные	125		200
Транспортер для уборки стружки	126		500
<i>Для станков с ЧПУ</i>			
Патрон трехкулачковый	050	Ø 200...400	220
—»— с электромеханическим приводом	051	Ø 200	770
Приспособления для настройки инструментов в блоках:			
для токарных станков	052		3800
для фрезерных станков	053		2500
инструментальный блок	054		45
державки концевой инструмента	055		220

Таблица П15

Стоимость эксплуатации инструмента

Наименование инструмента по ГОСТу	Кол	Основные размеры		Цена нового инструмента, руб	Число переточки	Стоимость одной переточки, руб	Стоимость машинного времени, руб
		диаметр	длина				
<i>Сверла из быстрорежущей стали</i>							
Спиральные с цилиндрическим хвостовиком (ГОСТ 10902-77)	301	0,2	6	0,53	5	0,032	0,115
	302	0,6	40	0,12	8	0,005	0,020
	303	4,3	50	0,22	12	0,006	0,022
	304	6,1	60	0,36	15	0,007	0,029
	305	7,6	100	0,80	25	0,009	0,039
	306	13,3	115	1,65	28	0,020	0,074
	307	17,2	130	2,30	30	0,023	0,096
Спиральные с коническим хвостовиком (ГОСТ 12121-77)	310	5,0	55	0,58	17	0,01	0,042
	311	10,0	90	1,00	23	0,13	0,054
	312	20,0	130	2,35	30	0,024	0,099
	313	30,0	175	5,50	33	0,050	0,210
	314	50,0	220	16,80	37	0,140	0,578
	315	80,0	260	70,00	37	0,560	2,387
Центровочные комбинированные (ГОСТ 14952-75)	316	1,0	2,0	0,12	4	0,009	0,031
	317	2,0	3,3	0,16	6	0,008	0,030
	318	4,0	6,2	0,42	7	0,018	0,068
	319	5,0	7,5	0,82	8	0,030	0,118
	320	8,0	11,5	1,85	10	0,055	0,218
	321	10,0	14,2	3,40	12	0,085	0,340
	322	3,0	32	0,30	6	0,015	0,043
Спиральные с цилиндрическим хвостовиком для станков с ЧПУ	323	5,0	52	0,50	12	0,013	0,050
	324	8,0	75	1,10	15	0,022	0,089
	325	10,0	90	1,95	20	0,029	0,120

Наименование инструмента по ГОСТу	Код	Основные размеры		Цена нового инстру- мента, руб	Число перето- чек	Стоимость одной переточки, руб	Стоимость машинного времени, руб
		диаметр	длина				
Спиральные с цилиндрическим хвостовиком для станков с ЧПУ	326	15,0	115	3,60	28	0,038	0,160
	327	20,0	140	5,80	30	0,058	0,243
	328	6,0	60	1,05	14	0,023	0,091
	328	10,0	90	2,00	20	0,030	0,124
	330	15,0	115	3,20	28	0,034	0,134
	331	20,0	140	4,65	30	0,047	0,195
	332	25,0	150	6,90	33	0,063	0,264
	333	30,0	175	11,00	40	0,083	0,349
Спиральные с коническим хво- стовиком и отверстиями для ЖСО	334	18,0	125	16,10	30	0,161	0,675
	335	20,0	135	19,00	31	0,184	0,772
	336	25	170	26,50	38	0,209	0,883
	337	35	185	29,50	40	0,221	0,935
Комбинированные с зенкером	338	20	50	19,50	15	0,390	1,584
	339	25	60	24,50	16	0,459	1,873
	340	30	80	37,00	18	0,617	2,532
<i>Сверла спиральные цельные твердосплавные</i>							
Средняя серия (ГОСТ 17275-71)	341	3,0	25	1,70	10	0,051	0,268
	342	5,0	36	2,55	12	0,064	0,340
	343	8,0	50	3,45	14	0,074	0,398
	344	10,0	60	4,70	16	0,088	0,479
	345	12,0	70	6,05	20	0,090	0,498
Спиральные, оснащенные твердо- сплавными пластинками (ГОСТ 22753-77)	346	5,0	36	0,60	12	0,015	0,080
	347	10,0	60	1,05	16	0,020	0,113
	348	15,0	75	1,90	20	0,029	0,157

Продолжение табл. П15

Наименование инструмента по ГОСТу	Кол	Основные размеры		Цена нового инструмента, руб	Число переточек	Стоимость одной переточки, руб	Стоимость машинного времени, руб
		диаметр	длина				
<i>Резьбобразующий инструмент из быстрорежущих сталей</i>							
Метчики машино-ручные метрические (ГОСТ 3266-71)	350	1,0	6	0,32	3	0,032	0,104
	351	4,0	12	0,34	5	0,020	0,073
	352	12,0	28	0,68	7	0,029	0,110
	353	20,0	36	1,55	12	0,039	0,155
	354	30,0	40	3,40	13	0,078	0,315
355	50,0	65	7,60	14	0,163	0,659	
Метчики машино-ручные дюймовые (ГОСТ 3449-71)	356	1/2'	28	3,35	7	0,144	0,545
	357	3/4'	28	3,75	7	0,161	0,609
	358	1'	36	6,40	10	0,192	0,583
	359	1,5'	36	11,30	10	0,339	1,335
	360	2'	36	18,00	10	0,54	1,636
Плашки круглые для метрической резьбы	361	6	1,0	0,28	7	0,012	0,105
	362	10	1,5	0,85	12	0,021	0,084
	363	12	1,75	1,40	12	0,035	0,140
	364	20	2,0	2,05	12	0,051	0,205
	365	30	3,0	5,10	12	0,128	0,510
	366	40	3,0	9,20	12	0,230	0,928
Головка винторезная с круглыми гребенками (ГОСТ 21760-76)	367	4—14	0,5—2,0	34,50	12	0,863	3,450
	368	9—24	0,5—0,3	39,50	12	0,988	3,950
	369	24—60	1,0—4,0	81,00	12	2,025	8,100
Гребни круглые (ГОСТ 21761-76)	370	4—10	0,5—1,5	15,40	12	0,385	1,540
	371	12—42	1,0—3,0	17,80	12	0,445	1,780
	372	24—60	1,0—4,0	26,00	12	0,650	2,600

Наименование инструмента по ГОСТу	Код	Основные размеры		Цена нового инстру- мента, руб	Число перето- чек	Стоимость одной переточки, руб	Стоимость машинного времени, руб
		диаметр	длина				
Ролики резбонакатные для метрической резьбы диаметром 3...45 мм из стали X12M, X12Ф1	373	3-6	0,5-1,0	41,00	12	1,025	3,153
	374	6-14	1,0-1,5	45,00	12	1,125	4,500
	375	16-30	1,0-1,5	56,00	12	1,400	5,600
	376	30-39	1,5-2,0	60,00	12	1,513	6,050
	377	39-45	2,0-3,0	85,00	12	2,125	8,500
Метчики твердосплавные метрические ручные	378	4	12	11,70	5	0,702	3,380
	379	6	20	13,30	7	0,570	2,882
	380	8	20	15,00	8	0,563	2,889
	381	10	25	19,00	10	0,570	2,994
<i>Фрезы из быстрорежущих сталей</i>							
Резьбовые насадные (ГОСТ 1336-77)	382	32	1,0-1,5	8,80	15	0,176	0,715
	383	40	1,0-1,5	11,60	15	0,232	0,943
	384	50	1,5-3,0	13,10	15	0,260	1,063
	385	80	1,5-4,0	32,50	15	0,710	2,697
	386	100	2,0-5,0	59,00	15	1,180	4,794
Резьбовые хвостовые (ГОСТ 1336-77)	387	10	0,5-1,5	5,20	12	0,130	0,520
	388	16	0,5-2,0	5,70	12	0,142	0,569
	389	20	0,75-3,0	6,0	12	0,150	0,600
	390	32	1,0-3,0	8,20	12	0,205	0,820
Торцовые насадные со вставными ножами (ГОСТ 1092-69)	391	80	36	7,00	12	0,175	0,700
	392	125	40	13,50	12	0,337	1,350
	393	200	45	28,00	14	0,600	2,427
	394	250	45	38,50	16	0,722	2,944

Продолжение табл. П15

Наименование инструмента по ГОСТу	Код	Основные размеры		Цена нового инстру- мента, руб	Число перето- чек	Стоимость одной переточки, руб	Стоимость машинного времени, руб
		диаметр	длина				
Торцовые насадные, (ГОСТ 9304-69)	395	40	40	2,90	8	0,109	0,419
	396	50	40	4,65	10	0,139	0,549
	397	80	40	12,00	14	0,257	1,039
	398	100	40	19,40	16	0,364	1,484
Трехсторонние насадные со встав- ными ножами (ГОСТ 1669-78)	399	80	25	8,50	12	0,212	0,849
	400	125	32	10,90	12	0,272	1,089
	401	200	50	14,40	14	0,308	1,247
	402	250	50	26,50	16	0,497	2,027
Двухсторонние, трехсторонние, насадные, цельные (ГОСТ 1695- 80)	403	50	22	6,30	8	0,236	0,910
	404	80	40	16,80	12	0,420	1,680
	405	125	50	41,50	18	0,692	2,840
	406	200	50	102,00	20	1,530	6,314
Цилиндрические насадные, цель- ные с торцевым зубом (ГОСТ 3752-71)	407	40	40	7,90	7	0,338	1,283
	408	80	40	16,80	12	0,420	1,680
	409	120	40	29,50	14	0,632	2,556
	410	150	40	42,00	16	0,788	3,212
Цилиндрические насадные, цель- ные (ГОСТ 3752-71)	411	40	40	5,50	7	0,236	0,894
	412	80	40	14,70	12	0,367	1,469
	413	120	40	22,50	14	0,482	1,450
	414	150	40	28,00	15	0,525	2,141
Концевые с коническим хвостови- ком, цельные (ГОСТ 4675-71)	415	20	65	5,30	6	0,265	0,984
	416	40	65	14,90	8	0,559	2,152
	417	50	115	27,50	12	0,687	2,750
	418	63	125	40,50	14	0,868	3,510

Наименование инструмента по ГОСТу	Код	Основные размеры		Цена нового инструмента, руб	Число переточек	Стоимость одной переточки, руб	Стоимость машинного времени, руб	
		диаметр	длина					
Концевые с цилиндрическим хвостовиком, цельные (ГОСТ 17024-71)	419	20	60	3,90	6	0,195	0,724	
	420	40	80	12,40	8	0,465	1,791	
	421	50	80	17,80	10	0,534	2,104	
Концевые для станков с ЧПУ (ГОСТ 23247-78)	422	10	16	3,30	6	0,165	0,613	
	423	20	100	9,00	8	0,338	1,300	
	424	40	125	26,00	12	0,650	2,600	
	425	50	180	37,00	16	0,693	2,829	
	426	60	180	51,00	18	0,858	3,523	
Концевые цилиндрические, копирные	427	14	32	2,20	6	0,110	0,409	
	428	20	44	3,60	7	0,154	0,585	
	429	40	50	17,20	10	0,516	2,033	
	430	60	80	36,00	12	0,900	3,600	
Дисковые, заточиваемые, фасонные по чертежам потребителя	431	50	20	9,00	8	0,337	1,299	
	432	80	20	15,80	8	0,592	2,381	
		100	20	28,00	10	0,840	3,309	
	434	130	60	79,00	12	1,975	7,900	
	435	160	60	125,00	14	2,678	10,832	
		200	80	181,00	18	3,016	12,383	
	Прорезные (шлифовые) и отрезные	437	32	2,0	0,46	6	0,023	0,085
438		50	2,0	0,67	8	0,025	0,096	
439		80	2,0	1,20	0,045	8	0,173	0,360
		125	3,0	3,60	0,090	12	0,247	1,008
441		200	4,0	13,20		16		

Продолжение табл. П15

Наименование инструмента по ГОСТу	Код	Основные размеры		Цена нового инструмента, руб	Число переточки, чек	Стоимость одной переточки, руб	Стоимость машинного времени, руб
		диаметр	длина				
Червячные для шлицевых валов с прямобочным профилем (ГОСТ 8027-60)	442	63	50	21,00	12	0,525	2,100
	443	100	80	52,00	12	1,300	5,200
	444	125	125	105,00	14	2,250	9,100
	445	140	112	122,00	16	2,287	9,328
Червячные для шлицевых валов с эвольвентным профилем (ГОСТ 6637-80)	446	1,0 — 2,5	2,5	22,50	10	0,675	2,659
	447	3,0 — 5,0	5,0	54,00	12	1,350	3,400
	448	6,0 — 10,0	10,0	184,00	14	3,943	15,946
	449	1,0 — 1,75	1,75	33,00	12	0,825	3,300
Червячные однозаходные для эвольвентных зубчатых колес при работе на зуборезных станках (ГОСТ 9324-80)	450	2,0 — 3,0	3,0	45,50	14	0,975	3,943
	451	4,0 — 5,0	5,0	88,00	16	1,650	6,729
	452	6,0 — 9,0	9,0	111,00	18	1,850	8,000
	453	1,0 — 2,75	2,75	14,80	12	0,370	1,449
Дисковые, зуборезные, модуль-ные (ГОСТ 10996-64)	454	3,0 — 5,0	5,0	62,00	14	1,328	5,372
	455	6,0 — 10,0	10,0	196,00	18	3,266	13,409
	456	45	12	195,00	10	5,850	23,045
Пальцевые, зуборезные, модуль-ные	457	60	16	241,00	12	6,025	24,100
	458	70	18	255,00	14	5,464	22,099
	<i>Развертки из быстрорежущих сталей</i>						
Машинные, цельные с цилиндрическим хвостовиком (ГОСТ 1672-80)	459	2	20	0,30	3	0,030	0,097
	460	6	20	0,55	3	0,055	0,178
	461	10	30	1,05	4	0,079	0,273
	462	20	40	3,80	5	0,228	0,823
	463	40	40	7,00	6	0,350	1,300
	464	50	50	13,00	8	0,487	1,877

Наименование инструмента по ГОСТу	Код	Основные размеры		Цена нового инструмен- та, руб	Число перето- чек	Стоимость одной переточки, руб	Стоимость машинного времени, руб
		диаметр	длина				
Машинные, цельные с коническим хвостовиком (ГОСТ 1523-65)	465	10	16—100	2,30	3	0,230	0,747
	466	20	20—130	4,10	4	0,307	1,065
	467	30	45—110	9,10	5	0,546	1,971
	468	40	55—290	10,50	6	0,525	1,950
469	50	60—80	14,10	6	0,705	2,618	
Машинные, цельные насадные (ГОСТ 1523-65)	470	25	30—40	6,80	4	0,510	1,768
	471	50	48	14,10	5	0,846	3,055
	472	80	60	22,10	6	1,105	4,104
Машинные, насадные со вставля- ми ножами (ГОСТ 883-71)	473	45	40	7,85	8	0,294	1,133
	474	60	40	10,00	10	0,300	1,181
	475	90	50	14,80	10	0,444	1,749
	476	100	50	16,00	12	0,400	1,600
Машинные насадные, оснащенные пластинами из твердого сплава	477	32	30	4,05	5	0,243	0,877
	478	40	30	4,90	5	0,294	1,061
	479	50	40	5,90	6	0,295	1,095
<i>Резцы с капайными пластинками из твердого сплава</i>							
Расточные державочные для рас- тачивания глубоких отверстий (ГОСТ 9795-73)	480	6	6	0,68	8	0,025	0,097
	481	10	10	0,77	8	0,029	0,111
	482	16	16	1,00	10	0,030	0,118
	483	25	25	1,50	12	0,037	0,149
Токарные проходные (ГОСТ 18877-73)	484	10	10	1,36	8	0,013	0,051
	485	16	12	0,48	10	0,014	0,056
	486	20	20	1,10	12	0,027	0,109
	487	32	20	1,65	14	0,035	0,142

Продолжение табл. П15

Наименование инструмента по ГОСТу	Код	Основные размеры		Цена нового инструмен- та, руб	Число перето- чек	Стоимость одной переточки, руб	Стоимость машинного времени, руб
		диаметр	длина				
Токарные 18880-73)	488	16	10	0,31	10	0,009	0,036
	489	20	16	0,38	10	0,011	0,044
	490	25	20	0,80	12	0,020	0,080
	491	32	25	1,30	14	0,027	0,111
Токарные 18882-73)	492	16	12	0,65	10	0,019	0,076
	493	20	16	0,81	10	0,024	0,095
	494	25	20	1,30	12	0,032	0,129
	495	32	25	2,15	14	0,046	
Токарные отрезные (ГОСТ 18884-73)	496	16	10	0,35	10	0,010	0,040
	497	20	12	0,37	10	0,011	0,043
	498	25	16	0,40	12	0,010	0,040
	499	32	20	0,56	14	0,012	0,052
Токарные резбовые	500	16	16	0,38	10	0,011	0,044
	501	20	12	0,50	12	0,012	0,049
	502	25	16	0,80	12	0,020	0,080
	503	32	20	0,95	14	0,020	0,082
Строгальные (ГОСТ 18891-73)	504	20	16	0,45	12	0,011	0,044
	505	25	20	0,75	14	0,016	0,064
	506	32	25	1,10	14	0,023	0,094
Автоматные	507	4	4	0,90	6	0,045	0,167
	508	8	8	1,10	6	0,055	0,204
	509	10	10	1,12	6	0,056	0,208
	510	12	12	1,15	8	0,043	0,166
	511	16	16	1,50	10	0,045	0,177

Наименование инструмента по ГОСТу	Код	Основные размеры		Цена нового инструмен- та, руб	Число перето- чек	Стоимость одной переточки, руб	Стоимость машинного времени, руб
		диаметр	длина				
<i>Резцы с напайками пластинами из быстрорежущих сталей</i>							
Расходные державочные для рас- тачивания глубоких отверстий (ГОСТ 10044-73)	512	6	6	0,55	8	0,020	0,078
	513	10	10	0,78	8	0,029	0,112
	514	12	12	1,00	10	0,030	0,118
	515	16	16	1,50	12	0,037	0,149
	516	10	10	0,61	8	0,023	0,067
Токарные проходные и подрез- ные (ГОСТ 18869-73)	517	16	10	0,68	10	0,020	0,080
	518	16	16	0,77	12	0,019	0,076
	519	20	16	0,48	14	0,010	0,041
	520	10	10	0,63	8	0,023	0,090
Токарные отрезные (ГОСТ 18874- 73)	521	25	16	0,81	10	0,024	0,095
	522	32	20	1,00	12	0,025	0,100
	523	4	4	0,78	6	0,039	0,144
Автоматные	524	10	10	0,83	6	0,041	0,153
	525	12	12	1,25	8	0,047	0,180
	526	16	16	1,45	10	0,043	0,170
	527	20	12	0,55	10	0,016	0,064
Строгальные (ГОСТ 18887-73)	528	25	16	0,65	10	0,019	0,076
	529	32	20	1,10	12	0,027	0,109
<i>Доляки из быстрорежущих сталей</i>							
Чашенные, зуборезные для валов и шлицевых эвольвентных отвер- стий (ГОСТ 6762-79)	530	50	1,0—3,5	18,70	10	0,561	2,210
	531	75	2,0—3,5	25,30	10	0,705	2,777
	532	100	3,0—10,0	39,00	12	0,975	3,900

Продолжение табл. П15

Наименование инструмента по ГОСТу	Код	Основные размеры		Цена нового инструмен- та, руб	Число перето- чек	Стоимость одной переточки, руб	Стоимость машинного времени, руб
		диаметр	длина				
Хвостовые зубчатые эвольвент- ные (ГОСТ 9323-79)	533	25	0,3 — 0,9	13,60	5	0,816	3,354
	534	25	1,0 — 3,0	23,00	8	0,862	3,321
	535	38	3,0 — 4,0	46,00	10	1,380	5,436
Дисковые зубчатые эвольвент- ные (ГОСТ 9323-79)	536	40	0,3 — 0,9	16,00	8	0,600	2,311
	537	80	1,0 — 3,0	16,70	12	0,417	1,669
	538	100	1,0 — 6,0	21,00	12	0,525	2,100
	539	125	2,0 — 12,0	40,00	14	0,857	3,466
Шевры дисковые (ГОСТ 10222- 62)	540	85	0,3 — 0,5	31,00	10	0,390	3,663
	541		0,55 — 0,9	28,00	10	0,600	3,090
Шевры дисковые	542	280	3,0 — 6,0	183,00	15	3,660	14,868
	543		6,5 — 8,0	203,00	20	3,045	12,666
	544		9,0 — 12,0	269,00	25	2,508	10,450
Резы зубоотрагальные для кони- ческих колес	545		0,3 — 0,8	1,60	100	0,004	0,019
	456		1,0 — 2,0	1,70	100	0,005	0,021
	547		2,0 — 3,0	1,80	100	0,005	0,022
	548		4,0 — 5,0	3,20	100	0,006	0,037
	549		6,0 — 10,0	4,80	120	0,012	0,051
<i>Протяжки из быстрорежущих сталей</i>							
Круглые	550	20	600	29,30	12	0,732	2,929
	551	40	800	48,80	12	1,220	4,880
	552	60	900	51,50	14	1,103	4,462
	553	80	900	59,80	14	1,281	5,182

Наименование инструмента по ГОСТу	Код	Основные размеры		Цена нового инструмен- та, руб	Число перето- чек	Стоимость одной переточки, руб	Стоимость машинного времени, руб
		диаметр	длина				
Шлицевые с прямобочным про- филем	554	20	600	33,90	12	0,972	3,889
	555	40	800	68,80	12	1,720	6,880
	556	60	900	72,20	14	1,547	6,257
	557	80	900	88,60	14	1,898	7,678
Шлицевые с эвольвентным про- филем	558	20	600	39,60	12	0,990	3,960
	559	40	800	62,40	12	1,560	6,240
	560	60	900	84,90	14	1,819	7,357
	561	80	900	90,20	14	1,933	7,817
Шпоночные	562	3,0 — 4,2	600	17,00	15	0,340	1,381
	563	4,3 — 6,3	600	19,05	15	0,381	1,547
	564	6,4 — 10,3	900	27,30	20	0,409	1,689
	565	10,4 — 14,3	900	31,90	20	0,478	1,974

Т а б л и ц а П 16

Круги шлифовальные из электрокорунда белого (ЭБ) зернистостью 50—16 на керамической связке прямого профиля типа ПП (ГОСТ 2424-75) [12]

Код	Размеры Д×Н мм	Стойкость между пере- точками, ч	Полная стойкость, ч	Цена за 1 шт, руб, коп.
566	13	0,04	1,3	0,01
567	16×25	0,05	2,0	0,02
568	40×Н13-25	0,05	2,0	0,04
569	50×Н16-20	0,05	3,3	0,07
570	63×Н16-20	0,05	4,0	0,10
571	80×Н20-25	0,05	7,3	0,12
572	100×Н20-25	0,05	9,0	0,23
573	125×Н25-32	0,05	11,0	0,50
574	150×Н40-50	0,05	11,0	0,90
575	175×Н40-50	0,08	12,0	1,30
576	200×Н40-63	0,15	80,0	2,00
577	250×Н40-63	0,25	95,0	3,90
578	300×Н40-63	0,25	95,0	5,40
579	400×Н50-80	0,35	120,0	11,00
580	500×Н80-150	0,25	120,0	20,50
581	600×Н80-150	0,25	303,0	30,00
582	900×Н80-100	0,25	437,0	80,00

Т а б л и ц а П 17

Для определения стоимости составления программ (Шуп) [6]

Тип деталей	Код детали	Вид обработки	Стоимость составления программы, руб
Фланцы	01		6
Втулки	02		
Пиноли	03	Точение и шлифование	7,50
Ступенчатые валы	04		
Шпиндели	05		18
Корпусные детали	06	Сверление, фрезерование по плоскости, по контуру, расточивание отверстий	18
Крышки	07		
Плиты	08		
Вилки	09		
Кронштейны	10		
Торцевые кулачки	11		
Литье с габаритами 500×500×500	12	Фрезерование плоскостей и окон прямоугольной формы, сверление, наре- зание резьб, растачива- ние	37

Таблица П18

Роботы, используемые для обслуживания
металлорежущих станков

Модель робота	Основные пара- метры	Задание режима работы	Грузо- подъем- ность, кг	Вес робота, кг	Мощ- ность элект- ропри- вода, кВт	Цена руб	Габариты (шири- на × дли- на), мм
Универсал-15	2044	Обучение	15/40	2300	3	23000	1440 ×1260
Универсал-60 (исполнение 60-02)	2105	Обучение	60	2400	3	24000	
Бриг-10	1260	Штекерная панель	10	300	1,2	9000	
СМ80Ц 48.11	×2070	По упорам	80/40	280	1,6	8500	
РС-25	×3100	Обучение	25/12,5	2850	2,3	25000	
СМ80Ц25.01А	×5600	По упорам	80	2220	3	23000	
СМ40Ф20801	1200	Обучение	40	1900	3	21000	
СМ160Ф2 05.01	1800	Обучение	320/160	6500	5,2	30000	

Таблица П19

Методы обработки поверхностей

Метод обработки	Код
Точение	01
Сверление	02
Фрезерование	03
Растачивание	04
Шлифование	05

О Г Л А В Л Е Н И Е

Введение	3
Условные обозначения на блок-схемах алгоритмов	5
1. Цели, критерии и методика оптимизации технологических процессов	7
2. Оптимизация по критерию минимальной трудоемкости	10
3. Оптимизация по критерию минимальной технологической себестоимости	17
3.1. Структура технологической себестоимости	17
3.2. Определение элементов себестоимости технологических операций	18
3.3. Схемы (приемы) оптимизации по критерию технологической себестоимости	24
4. Оптимизация капитальных вложений и приведенных затрат по критериям эффективности	35
5. Оптимизация технологических операций по экономическим критериям с помощью ЭВМ	41
5.1. Исходная информация, ее систематизация и кодирование	41
5.2. Подготовка исходных данных	43
5.3. Описание бланка исходных данных и порядок его заполнения	44
5.4. Порядок выполнения работы по оптимизации варианта технологического процесса	45
Библиографический список	49
Приложение 1	50
Приложение 2	85

Св. план 1985, поз. 915

*Иващенко Иван Александрович,
Мартынов Владимир Андреевич,
Косенко Иван Никифорович*

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ
ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Редактор Е. Д. Антипова
Техн. редактор Н. М. Каленюк
Корректор Н. С. Куприянова

ЕО00475. Сдано в набор 1.10.85 г.
Подписано в печать 19.09.85 г. Формат 64×80 1/16.
Бумага оберточная. Литературная гарнитура.
Высокая печать. Усл. п. л. 5,3. Уч.-изд. л. 5,0.
Т. 800 экз. Заказ 751. Цена 20 к.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С. П. Королева,
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.

Тип. УЭЗ КуАИ, г. Куйбышев, ул. Ульяновская, 18.