

*МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА»
(Национальный исследовательский университет
СГАУ)*

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ В
МАШИНОСТРОЕНИИ И ОЦЕНКА ЕЁ
ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ**

Электронное учебное пособие

САМАРА
2010

Авторы: ПРОНИЧЕВ Николай Дмитриевич,
ШУЛЕПОВ Александр Павлович

Учебное пособие предназначено для студентов факультета «Двигатели летательных аппаратов», обучающихся по специальности 080502 «Экономика и управление на предприятиях (машиностроение) для выполнения курсового и дипломного проектов и магистерской программы «Энергетика, экология и двигательные установки ракетных и космических систем» по направлению 160700.68 «Двигатели летательных аппаратов»

Разработано на кафедре производства двигателей летательных аппаратов.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. *Д.Л. Скуратов*

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2010

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ И ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ	4
ВВЕДЕНИЕ	
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАБОЧЕГО ЧЕРТЕЖА ДЕТАЛИ	6
2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ПРОИЗВОДСТВА	7
3. ВЫБОР ФОРМЫ ЗАГОТОВКИ И СПОСОБА ЕЕ ПОЛУЧЕНИЯ	8
4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАРШРУТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ	10
5. РАСЧЕТ ОПЕРАЦИОННЫХ РАЗМЕРОВ И НАЗНАЧЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ НА ОПЕРАЦИЮ	12
6. ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОЧЕГО ЧЕРТЕЖА ЗАГОТОВКИ	13
7. РАЗРАБОТКА ОПЕРАЦИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ОФОРМЛЕНИЕ ОПЕРАЦИОННЫХ КАРТ	13
8. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ И НОРМ ВРЕМЕНИ	14
9. ВЫЧЕРЧИВАНИЕ ЭСКИЗОВ ГРАФИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИОННЫХ КАРТ НА РЯД ОПЕРАЦИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА	15
10. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ	16
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	

ВВЕДЕНИЕ

Целью данного курсового проекта является расширение, углубление и закрепление теоретических знаний студентов при решении конкретных вопросов технологии машиностроения.

При выполнении курсового проекта студент приобретает необходимые навыки в выборе оптимального варианта технологического процесса, отвечающего современному уровню развития науки и техники; и обосновании своих решений инженерно-экономическими расчетами.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ И ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Расчетно-пояснительная записка оформляется согласно ГОСТ 7.32-8, а также методическим указаниям по оформлению конструкторской документации при выполнении студентами самостоятельных работ.

На титульном листе, с которого начинается записка, указывается задание.

На следующей странице приводится реферат, написанный в соответствии с ГОСТ 7.32-8. Затем приводится содержание записки (введение, основная часть, заключение). В конце записки приводится список использованных источников и необходимые приложения.

Структура проекта и его основные разделы приведены в табл.1:

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Содержание проекта	Объем, %
1	Технологический анализ чертежа	20
2	Определение типа производства	
3	Определение формы и экономическое обоснование способа получения заготовки	
4	Составление рабочего чертежа заготовки и технических требований на нее	
5	Составление маршрута технологического процесса для заданной детали с экономическим обоснованием вариантов 1-2 операций	15
6	Расчет операционных размеров и технических требований на операции	10
7	Расчет режимов резания и определение норм времени на 2-3 операции	10
8	Выполнение эскизов графических операционных карт на 2 операции	5
9	Оценка экономической эффективности технологии	10
10	Оформление операционных карт технологического процесса	20
11	Оформление расчетно-пояснительной записки	10

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАБОЧЕГО ЧЕРТЕЖА ДЕТАЛИ

Выполнение курсового проекта следует начинать с технологического анализа рабочего чертежа детали и технических требований на ее изготовление. Вначале необходимо выяснить служебное назначение детали и отдельных ее поверхностей, связь детали со смежными деталями, конструкторские базы и условия работы при эксплуатации двигателя. Это позволит более правильно построить и обосновать технологический процесс.

Далее проводится анализ технологичности конструкции детали. Под этим термином (применительно к данному проекту) понимается степень соответствия конструкции детали производственно-техническим условиям ее изготовления при минимальных затратах живого и овеществленного труда. С этой целью при анализе оцениваются свойства материала детали с точки зрения методов получения заготовки и последующего ее изготовления (обрабатываемость, свариваемость, способность к термообработке и т. п.). Особое внимание обращается на конфигурацию детали, точность размеров и расположения поверхностей, требуемую шероховатость поверхностей, способы простановки размеров, доступность отдельных поверхностей для обработки на современном оборудовании, удобство установки и надежность закрепления заготовки при изготовлении и т. д. Более подробные сведения о требованиях к технологичности конструкции приводятся в методических указаниях [1...3]. На основе проведенного анализа дается заключение о технологичности детали.

При необходимости студент должен на примерах и с помощью расчетов показать возможность изменения конструкции детали с целью повышения технологичности ее изготовления. Результаты технологического анализа чертежа кратко излагаются в пояснительной записке.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ПРОИЗВОДСТВА

Тип производства определяется по так называемому коэффициенту закрепления операций (ГОСТ 3.1108-74), который может быть рассчитан по формуле

$$K_{з.о.} = \frac{\tau}{t_{шт.оп.}}, \quad (1)$$

где τ – такт выпуска;

$t_{шт.оп.}$ – среднее штучное время операции.

При $K_{з.о.} < 1$ – тип производства массовый;

$K_{з.о.} = 2 \dots 10$ – крупносерийный;

$K_{з.о.} = 10 \dots 20$ – среднесерийный;

$K_{з.о.} = 20 \dots 40$ – мелкосерийный.

Такт выпуска определяется по уравнению

$$\tau = \frac{F_{д.} \cdot 60 \cdot K_{д.}}{N}, \quad (2)$$

где $F_{д.}$ – действительный годовой фонд времени работы оборудования при двухсменной работе, час;

$K_{д.}$ – коэффициент, учитывающий потери по организационно-техническим причинам, от переналадки и др., $K_{д.} = (0,75 \div 0,8)$;

N – годовой выпуск изделий (деталей), шт.

Среднее штучное время операции определяется по формуле

$$t_{шт.оп.} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{шт.оп. i}}{n}, \quad (3)$$

где $t_{шт.оп. i}$ – штучное время i -операции;

n – число операций.

При выполнении курсового проекта штучное время для всех операций обычно неизвестно. Поэтому за $t_{шт.оп.}$ может быть условно принято штучное время одной типовой операции после ее нормирования (выбор операций согласовывается с руководителем проекта).

Для предварительной оценки типа производства можно воспользоваться так называемой характеристикой серийности, в основу которой положена классификация деталей по их массе и габаритам (табл. 2).

Таблица составлена на основании статистических данных по изделиям машиностроения.

Т а б л и ц а 2

Характеристика серийности производства

Тип производства	Количество изготавливаемых за год деталей одного наименования (типоразмеров)		
	тяжелых (крупных) массой свыше 30 кг	средних массой до 30 кг	Легких массой до 6 кг
Единичное	До 5	До 10	До 100
Мелкосерийное	5-100	10-200	100-500
Среднесерийное	100-300	200-500	500-5000
Крупносерийное	300-1000	500-5000	5000-50000
Массовое	Свыше 1000	Свыше 5000	Свыше 50000

3. ВЫБОР ФОРМЫ ЗАГОТОВКИ И СПОСОБА ЕЕ ПОЛУЧЕНИЯ

Правильный выбор формы и способа получения заготовки оказывает значительное влияние на коэффициент использования металла (КИМ) и другие экономические показатели разрабатываемого технологического процесса. Выбор формы и способа получения заготовки производится на основе следующих исходных данных: материал, конструктивная форма и размеры детали, годовая программа выпуска. Выбор наиболее распространенных заготовительных процессов рекомендуется производить по табл. 3 или на основе справочной литературы [4...8].

Вначале студент выбирает форму заготовки и ориентировочно устанавливает ее размеры. Окончательные размеры определяют после разработки технологического процесса, расчета припусков и операционных размеров на базе теории размерных цепей.

Заготовительные процессы для деталей машиностроения

Тип деталей	Заготовительные процессы при изготовлении деталей	
	для мелкосерийного производства	для крупносерийного производства
Мелкие и средние детали типа стаканов и втулок	Изготовление из прутка, горячая штамповка (без отверстий)	Холодное прессование, горячая высадка с отверстием на ГКМ, точное стальное литье по выплавляемым моделям
Мелкие и средние детали типа стержней и валков с головками, утолщениями и ступенями	Изготовление из прутка	Горячая высадка, электровысадка, холодное редуцирование, холодная поперечная прокатка, холодная высадка, холодное прессование.
Мелкие стальные детали типа рычагов, арматура гидравлическая из цветных сплавов и из стали	Горячая штамповка	Точное литье по выплавляемым моделям, холодное прессование
Стальные полые ступенчатые валы, крупные стальные втулки с фланцами	Свободная ковка	Горячая штамповка (без отверстий), горячая высадка из прутка (с отверстием) или из трубы, ротационная ковка
Диски крупные из жаропрочных сталей (диски турбин)	Свободная ковка, горячая штамповка	Горячее прессование; центробежное литье с последующей раскаткой
Диски турбин ТНА, выполненные с лопатками из жаропрочных титановых сплавов	Горячая штамповка (без формирования лопаток)	Отливка по выплавляемым моделям с окончательным формированием лопаток
Крыльчатки из легких сплавов	Горячее прессование или литье (без лопастей)	Горячее прессование с лопастями под механическую обработку, точное литье по выплавляемым моделям с лопастями (под полирование)
Корпуса мелкие и средние из легких сплавов	Литье в землю	Литье в кокиль или под давлением
Корпуса крупные из легких сплавов	Литье в землю	Литье по металлическим моделям с машинной формовкой или в комбинированные формы
Корпуса стальные и чугунные	Литье в землю	Литье в оболочковые формы или по металлическим моделям
Крупные кольцевидные стальные детали	Литье в землю, центробежное литье	Центробежное литье с последующей раскаткой, гибка и сварка из прессованных профилей
Рабочие лопатки компрессора из легированных сталей	Горячая штамповка	Точная горячая штамповка (то же с чеканкой), горячее прессование со штамповкой, калибровкой, вальцовка

Как видно из табл. 3, заготовка для детали может быть получена различными методами. Поэтому, чтобы сделать окончательный выбор метода, необходимо произвести экономическое сравнение двух-трех вариантов. Если результаты показывают, что трудоемкость технологического процесса изготовления детали не изменяется, то экономические расчеты можно производить по стоимости заготовок еще до составления техпроцесса. Если трудоемкость технологического процесса

изготовления изменяется в зависимости от метода получения заготовки, то при экономических расчетах следует учитывать не только стоимость заготовки, но и технологическую себестоимость процесса изготовления для тех операций, которые зависят от метода получения заготовки. Для расчета стоимости получения заготовки используется методическое пособие [30].

На основе проведенного анализа принимается наиболее рациональный метод получения заготовки. В расчетно-пояснительной записке приводится краткое описание выбранного метода получения заготовки и его технико-экономическое обоснование с указанием коэффициента использования материала (КИМ).

4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАРШРУТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

Перед проектированием маршрута технологического процесса изготовления детали целесообразно познакомиться с типовыми техпроцессами по приведенной в перечне литературе [9...14]. Маршрут строится на основе технологического анализа чертежа детали, выбранного метода получения заготовки и типа производства.

При проектировании технологического маршрута особое внимание следует обратить на выбор базовых поверхностей с учетом правила совмещения конструкторских и технологических баз и обеспечения технических требований по точности размеров, формы и расположения поверхностей, которые определяют количество ступеней обработки. Число ступеней обработки можно выбрать по методическому пособию [9].

С целью экономии труда и времени технологической подготовки производства и унификации технологических решений необходимо стремиться к использованию типовых процессов обработки заготовки, по возможности не проектировать обработку заготовок на уникальных станках. Применение последних должно быть обосновано.

Кроме того, в разрабатываемом технологическом маршруте должна учитываться степень концентрации операций, автоматизация и ме-

ханизация процесса, а также использование высокопроизводительных методов обработки и совершенных форм организации производства.

Операции технологического процесса располагаются в рациональной последовательности – от заготовки до окончательного контроля готовой детали. В маршруте должны найти отражение операции промежуточного контроля, слесарной обработки, пайки, сварки, термообработки, антикоррозионных покрытий и др.

Более полно раскрыть содержание операции позволяет операционный эскиз, на котором указываются базовые и обрабатываемые поверхности, назначается метод обработки, проставляются стрелками операционные размеры (без числовых значений), указываются тип оборудования, приспособления и инструмент (для мехобработки, сварки, пайки и т. д.).

Расположение заготовок на операционном эскизе должно соответствовать расположению их на станке. Масштаб изображения заготовки берется произвольным, но при этом должны сохраняться пропорциональность всех размеров и единый масштаб для всех эскизов. Пример оформления технологического маршрута изготовления детали-стакана приведен в [9]. Составленный маршрут представляется руководителю проекта на утверждение.

Как известно, обработку поверхностей заготовки можно осуществить несколькими методами, различающимися по экономическим показателям. Поэтому принятый вариант выполнения операции должен быть экономически обоснован по технологической себестоимости, для чего необходимо по каждому варианту (операции) выбрать оборудование, технологическую оснастку, режимы обработки и провести техническое нормирование. Поскольку на данном этапе работы расчет операционных размеров еще не проводился, то, выбирая режимы обработки и проводя нормирование, можно воспользоваться приближенными значениями размеров, а величины припусков взять из нормативов. Обычно студенты выполняют экономическое обоснование вариантов обработки по 1-2 операциям.

Выбор оборудования осуществляется с учетом соответствия станка габаритным размерам заготовки, заданной точности выполнения операции, требуемой мощности и производительности. Соответствие оборудования установленному режиму обработки, мощности и произво-

дительности подтверждается расчетами. При выборе оборудования необходимо руководствоваться ГОСТ 14.304-73 ЕСТП.

Следует также иметь в виду, что для ряда операций может оказаться целесообразным применение станков с ЧПУ. В этом случае содержание операции и операционного эскиза перерабатывается так, чтобы имелась возможность составить расчетно-технологическую карту команд и величин перемещения исполнительных органов станка. Станки следует выбирать преимущественно отечественного производства по действующим каталогам и прейскурантам.

5. РАСЧЕТ ОПЕРАЦИОННЫХ РАЗМЕРОВ И НАЗНАЧЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ НА ОПЕРАЦИЮ

После согласования маршрута ТП с руководителем проекта студент приступает к расчету операционных размеров и назначает технические требования на выполнение операций.

Операционные размеры определяются с помощью технологических размерных цепей [11]. Для этого студент составляет размерную схему обработки заготовки по всем операциям с указанием припусков в виде заштрихованных площадок.

При определении линейных операционных размеров величина припуска находится расчетным путем, а при определении диаметральных операционных размеров – по нормативам.

Допуски на операционные размеры промежуточных операций назначаются в соответствии с экономической точностью выполнения операций, а на окончательные операции они берутся из чертежа детали, за исключением тех случаев, когда согласно результатам расчета размерных цепей возникает необходимость уменьшения допуска.

В результате расчета операционных размеров окончательно определяются все размеры заготовки. При необходимости производят округление размеров до стандартных значений.

6. ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОЧЕГО ЧЕРТЕЖА ЗАГОТОВКИ

На основании полученных операционных размеров студент выполняет рабочий чертеж заготовки в масштабе 1:1. На чертеже изображаются все необходимые проекции, сечения и разрезы, указываются размеры с допусками, радиусы, литейные и штамповочные уклоны; отмечаются поверхности, которые принимаются за технологические базы при обработке детали. Штрихпунктирной линией обычно показывается контур готовой детали.

Структура и механические свойства материала, способ получения заготовки, группа контроля, допустимые дефекты поверхности (трещины, вмятины, раковины, поры и т. п.), допустимые погрешности пространственного расположения поверхностей, термообработка, очистка поверхности от окалины, пропитка, гидроиспытание и другие параметры указываются в технических требованиях чертежа.

Пример оформления чертежа заготовки приведен [8]. На чертеже наносится основная надпись.

7. РАЗРАБОТКА ОПЕРАЦИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ОФОРМЛЕНИЕ ОПЕРАЦИОННЫХ КАРТ

В соответствии с принятым ранее технологическим маршрутом производится оформление операционных карт технологического процесса. В операционные карты заносятся название операции и все данные, характеризующие заготовку, выполняется операционный эскиз, указываются вид оборудования, приспособления и название операции. Затем в соответствующие графы записывается содержание переходов и с учетом действующих стандартов и нормалей приводятся название и характеристика применяемого режущего, мерительного и вспомогательного инструмента. Режимы обработки и нормы времени указываются только для двух-трех операций, которые рассчитываются самим студентом.

Заготовка на операционном эскизе показывается в рабочем положении со всеми необходимыми проекциями и сечениями. Согласно

ГОСТам ЕСТПП на проекциях условно указываются базовые поверхности, места закрепления, обрабатываемые поверхности, размеры с допусками, относящиеся к данной операции, обозначения шероховатости обрабатываемых поверхностей и другие сведения. Обрабатываемые поверхности обводятся краевым карандашом (жирными линиями) и обозначаются номерами. Нумерация поверхностей детали сохраняется на всех операциях. Под эскизом записываются технические требования, предъявляемые к данной операции. При необходимости даются указания по технике безопасности.

Аналогично заполняются карты для операций промежуточного и окончательного контроля деталей.

8. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ И НОРМ ВРЕМЕНИ

Расчет режимов обработки и норм времени производится для двух-трех операций (по заданию руководителя проекта). При расчете режимов обработки и норм времени пользуются нормативными материалами. Например, определение режимов, при обработке поверхности резанием производится в следующей последовательности:

- исходя из припуска на обработку устанавливается глубина резания;
- выбирается подача по заданной шероховатости поверхности и материалу заготовки (эти данные должны быть согласованы с паспортными значениями подач станка);
- по известным значениям глубины резания, подачи и с учетом материала заготовки из нормативов определяется скорость резания, полученная величина корректируется введением поправок, которые учитывают несоответствие геометрии инструмента, твердости обрабатываемого материала и другие факторы;
- в соответствии с найденной скоростью резания определяется потребная частота вращения шпинделя, которая далее сравнивается с паспортными значениями станка. При несовпадении величин принимают ближайшую меньшую частоту вращения шпинделя станка, после чего определяют фактическую скорость резания и записывают ее значение в технологическую операционную карту.

При нормировании операций применяют расчетно-технический метод, т. е. машинное время находится расчетным путем, вспомогательное – по нормативам [19]. Остальные элементы норм времени берутся в процентах от машинного или оперативного времени. Расчеты, связанные с определением режимов обработки и нормированием операций, приводятся в соответствующих разделах расчетно-пояснительной записки.

9. ВЫЧЕРЧИВАНИЕ ЭСКИЗОВ ГРАФИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИОННЫХ КАРТ НА РЯД ОПЕРАЦИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Эскизы графических операционных карт вычерчиваются на чертежной бумаге (1-2 листа формата А1) для двух-четырех наиболее сложных операций разработанного техпроцесса. Графическая операционная карта представляет собой иллюстрированную схему взаимосвязи обрабатываемой заготовки, приспособления, станка и режущего инструмента в процессе выполнения конкретной операции [20...29].

Обрабатываемая заготовка на эскизе графической операционной карты обязательно вычерчивается в рабочем положении. Обрабатываемые поверхности обводятся красной линией, проставляются операционные размеры с допусками, обозначается шероховатость обработанных поверхностей; вместе с заготовкой показывается конструктивная схема приспособления с установочными, зажимными и другими элементами, что дает наглядное представление о способе установки заготовки, а также показывается связь приспособления со станком. Вычерчивается положение инструмента (режущего, вспомогательного) в контакте с обрабатываемой заготовкой в конце рабочего хода. При простановке размеров необходимо показать связь обрабатываемых поверхностей с базами станка, приспособления и с расположением инструментов при многоинструментальной обработке. Эскизы графических операционных карт выполняются в одной или двух проекциях со всеми необходимыми сечениями: в зависимости от габаритов заготовки и сложности операции они располагаются на 1/4, 1/2 или на целом листе формата А1.

Под эскизом записываются технические требования, предъявляемые к данной операции, даются указания по соблюдению техники безопасности.

Каждый отдельный лист графических операционных карт снабжается основной надписью, а каждая операционная карта дополнительной надписью. На гранке листа, где помещена основная надпись, вычерчивается сверху дополнительная надпись, где указываются данные об операции и режимы обработки.

Примеры выполнения графической операционной карты приведены [20].

10. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ

10.1. Структура себестоимости выполняемой операции

Технологическая себестоимость обработки заготовки 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:

$$\tilde{N}_{fI}^A = G_{ID} + G_I + \hat{I}_a + \hat{I}_D + \hat{I} + \hat{E}_d + \hat{O}_I + \hat{I}_E, \quad (4)$$

где Z_{np} – заработная плата производственных рабочих с начислениями на соц. страх 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 – затраты на режущий инструмент, отнесенные к одной детали;

U_n – затраты на подготовку управляющих программ для станков с ЧПУ;

P_n – затраты на содержание и амортизацию производственных площадей;

В уравнении (4) не учтены затраты на измерительный инструмент, силовую электроэнергию, вспомогательные материалы и некоторые

другие, ввиду слабой связи этих затрат с вариантом технологического процесса (операции) или вследствие их малости.

Технологическая себестоимость варианта технологического процесса имеем следующий вид:

$$C_{ТП}^Л = M + \sum_{i=1}^{m_0} (З_{ПР} + З_Н + O_a + O_p + П + И_p + У_П + П_Л), \quad (5)$$

где M – затраты на материал (заготовку);

m_0 – общее число формоизменяющих операций;

Определение элементов себестоимости технологических операций

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 $t_{шт-кальк}$:

$$З_{ПР} = 1,64 \cdot З_{ПР}^Ч \cdot K_M \cdot \frac{t_{шт-кальк}}{60}, \quad (6)$$

где $1,64 = 1,11 \cdot 1,14 \cdot 1,30$ – суммарный коэффициент доплат и начислений, учитывающий:

$1,11$ – дополнительную заработную плату;

$1,14$ – отчисления в фонд социального страхования;

$1,30$ – премии;

$З_{ПР}^Ч$ – часовая тарифная ставка в руб. производственных рабочих;

K_M – коэффициент, учитывающий численность бригады, обслуживающей станок (рабочее место), или число единиц оборудования, обслуживаемого одним рабочим при многостаночном обслуживании. При многостаночном обслуживании

$K_M < 1$, при бригадном $K_M > 1$.

Часовая тарифная ставка (ч.т.с.) показывает размер оплаты труда рабочих различных разрядов за один час.

Тарифный разряд (т. р.) позволяет оплачивать труд рабочих за час в соответствии с их квалификацией.

В настоящее время отсутствует единоотраслевая ч.т.с. долговременного применения. Значения ч.т.с. корректируются ежегодно не-

сколько раз по мере изменения минимальной заработной платы в месяц (ЗП), устанавливаемой правительством.

Расчеты ч.т.с. базируются на существующей структуре тарифной сетки, показанной в таблице 4

Таблица 4

Тарифная сетка

Группы профессий рабочих	Повышение вида работ %	Форма оплаты труда	Повышение формы %	Разряды							
				1	2	3	4	5	6	7	8
				Тарифные коэффициенты							
				1,0	1,09	1,2	1,35	1,54	1,79	1,89	2,02
1	12	Сд	7	+	+	+	+	+	+	+	+
		Пов		+	+	+	+	+	+	+	+
2	9	Сд	7	+	+	+	+	+	+		
		Пов		+	+	+	+	+	+		
3	0	Сд	7	+	+	+	+	+	+		
		Пов		C_{min}	+	+	+	+	+		

В тарифной сетке отмечены (+) существующие разряды по группам профессий и видам работ (от 1-го до 8-го).

В тарифной сетке выделено три группы профессий рабочих и видов работ:

1 группа. Слесари-инструментальщики и станочники широкого профиля, занятые на универсальном оборудовании инструментальных цехов при изготовлении ответственной и сложной оснастки; станочники на универсальном оборудовании; слесари ремонтники, наладчики сложного оборудования; рабочие по подготовке и обслуживанию производства интегральных схем.

2 группа. Станочные работы по обработке резанием, работы по холодной штамповке; работы по изготовлению и ремонту оснастки; рабочие, занятые наладкой технологического, энергетического, экспериментального оборудования, машин, механизмов, автомобилей, подвижного состава, ЭВМ, КИП, автоматики.

3 группа. Остальные работы.

Тарифные коэффициенты устанавливают разницу между смежными разрядами (по горизонтали). В тарифной системе предусмотрена разница в оплате труда между группами профессий или видами работ и формой оплаты труда (по вертикали):

а) для одной и той же группы рабочих и работ всех разрядов тарифные ставки при сдельной форме оплаты труда на 7% больше тарифной ставки того же разряда при повременной форме оплаты труда;

б) тарифные ставки по всем разрядам и любой форме оплаты труда для работ и рабочих 2-ой группы больше тарифных ставок соответствующих разрядов и форм оплаты труда на 9% в сравнении с рабочими и работами 3-ей группы;

в) указанное в п. б) соотношение тарифных ставок для рабочих и работ 1 группы выше на 12% в сравнении с рабочими 2-ой группы.

В таблице рост ставок по горизонтали и вертикали можно проследить, где нетрудно установить, что минимальный размер тарифной ставки соответствует 1-му разряду 3-ей группы рабочих и работ, оплачиваемых по повременной форме (C_{\min}):

$$C_{\min} = \frac{ЗП_{\min}^{MEC}}{\Phi_{\text{ЭФ.Р}}^{MEC}} \quad (7)$$

$ЗП_{\min}^{MEC}$ – величина минимальной заработной платы в месяц, установленная правительством.

$\Phi_{\text{ЭФ.Р}}^{MEC}$ – среднемесячный фонд времени одного рабочего.

Эффективный фонд времени работы рабочих определяется на расчетный период с использованием средних статистических данных и календаря с составлением баланса рабочего времени в такой последовательности:

а) годовой календарный фонд времени 365 дней;

б) число выходных и праздничных дней в году 114 дней;

в) невыходы в течении года 40 дней, в том числе:

- очередной отпуск 24 дня;

- отпуска по учебе 3 - 6 дней;

- декретные отпуска 3 - 4 дней;

- невыходы по болезни 6 дней;

- прочие невыходы (гос. обяз.) 2 - 6 дней;

Полезный фонд времени $365 - 114 - 40 = 211$ дней в год.

Потери рабочего времени в течение смены 15 минут или 0,25 часов в смену, тогда действительный эффективный годовой фонд времени рабочего будет равен:

$$\Phi_{\text{ЭФ.Р}}^{\text{ГОД}} = 7,75 \cdot 211 = 1635 \text{ ч} \quad (8)$$

Эффективный квартальный фонд:

$$\Phi_{\text{ЭФ.Р}}^{\text{КВ}} = \frac{\Phi_{\text{ЭФ.Р}}^{\text{ГОД}}}{4} = \frac{1635}{4} = 409 \text{ ч} \quad (9)$$

Эффективный среднемесячный фонд времени:

$$\Phi_{\text{ЭФ.Р}}^{\text{МЕС}} = \frac{\Phi_{\text{ЭФ.Р}}^{\text{ГОД}}}{12} = \frac{1635}{12} = 136 \text{ ч} \quad (10)$$

Разряд работы для каждого варианта операции устанавливается по табл.4

Средние разряды рабочих-станочников основного производства (серийное производство), например, ч.т.с. для рабочих 1 группы, работающих по сдельной форме оплаты труда по 6-му разряду:

$$C_{\text{сд}} = C_{\text{мин}} \cdot 1,07 \cdot 1,09 \cdot 1,12 \cdot 1,79 = 2,34 \cdot C_{\text{мин}} \quad (11)$$

В условиях крупносерийного и массового производства при выполнении операций на станках со сложной наладкой (автоматы, многолезцовые, агрегатные, специальные, 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

$$Z_{\text{ПП}} = 1,64 \cdot Z_{\text{ПП}}^{\text{Ч}} \cdot K_{\text{М}} \cdot \frac{t_{\text{шт}}}{60}, \quad (12)$$

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

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

$$Z_{\text{Н}} = 1,64 \cdot Z_{\text{Н}}^{\text{Ч}} \frac{T_{\text{Н}}}{60 \cdot N_{\text{н}}}, \quad (13)$$

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. 5 устанавливают тарифный разряд наладки, а затем для соответствующего разряда по табл. 3 можно определить часовую тарифную ставку наладчика.

Тарифные разряды наладчиков

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

Размер партии запуска можно определить по уравнению

$$N_n = \frac{N_G}{n_n}, \quad (14)$$

где N_G – годовая программа, шт;

n_n – число партий (запусков) в год, значения n_n приведены в [31, 32].

Для определения трудоемкости (длительности) наладки T_n рекомендуется использовать эмпирическую формулу

$$T_n = A_n + B_n N_{p.и.} + C_n t_{ум}, \quad (15)$$

где A_n, B_n, C_n – коэффициенты, определяемы по табл. П14-3 в зависимости от категории оборудования;

$N_{p.и.}$ – количество режущих элементов в наладке;

$t_{ум}$ – штучное время варианта операции, мин;

Следует иметь в виду, что если расчет зарплаты производственных рабочих производился по уравнению (4), то $Z_n = 0$.

Прежде чем перейти к определению следующих статей (элементов) технологической себестоимости, рассмотрим коротко вопрос о фондах времени. Различают календарный, номинальный, действительный и эффективный фонды времени работы оборудования.

Календарный фонд определяется общим числом часов за рассматриваемый период.

Номинальный фонд времени равен календарному фонду времени за вычетом нерабочих дней, смен и часов.

Действительный фонд времени определяется на основе номинального фонда и плановых простоев оборудования в ремонте.

$$\Phi_{\text{ЭФ}}^{\text{ГОД}} = ((D_K - D_{\text{В.П.}}) \cdot q - D_{\text{П.П.}} \cdot q') \cdot S \cdot (1 - (вр + вн) / 100), \quad (16)$$

где D_K – число календарных дней в году;

$D_{\text{В.П.}}$ – число выходных и праздничных дней в году (определяется по календарю);

q – продолжительность работы в смену, 8 ч.;

$D_{\text{П.П.}}$ – число предпраздничных дней в году (определяется по календарю);

q' – время сокращения смены в предпраздничный день, 1 ч.;

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

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

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

Эффективный фонд времени работы оборудования определяются на основе действительного фонда за вычетом внутрисменных потерь по организационно-техническим причинам (отсутствие технической документации, задержка с подачей заготовок и деталей на рабочее место, выход оборудования из строя, непредвиденные невыходы рабочих и др.). Эти потери учитываются через коэффициент загрузки оборудования K_3 . Тогда эффективный фонд времени работы оборудования будет определяться по следующему уравнению:

$$\Phi_{\text{ЭФ}} = \Phi_{\text{Д}} \cdot K_3, \quad (17)$$

Значение K_3 меняются для различных типов производств в пределах от 0,7 до 0,9.

Затраты на амортизацию оборудования. Амортизированные отчисления за использование универсальных и специальных станков исчисляются по-разному. При обработке заготовок на универсальном и переналаживаемом специальном оборудовании эти расходы будут определяться уравнением:

$$O_{\text{ay}} = \frac{C_{\text{ay}} \cdot (1 + K_{\text{ТМ}}) \cdot H_{\text{ay}} \cdot t_{\text{шт-кальк}}}{\Phi_{\text{Д}} \cdot K_3 \cdot 100 \cdot 60}, \quad (18)$$

где C_{ay} – отпускная цена универсального и переналаживаемого оборудования, руб.;

$K_{тм}$ – коэффициент, учитывающий затраты на транспортировку и монтаж оборудования; рекомендуется принимать $K_{тм}=0,1$;

H_{ay} – норма амортизационных отчислений для универсального оборудования;

Φ_o – действительный фонд работы оборудования;

$K_з$ – коэффициент загрузки оборудования;

Следует отметить, что определение затрат на амортизацию оборудования всегда производится по штучно-калькуляционному времени $t_{шт-кальк}$.

Затраты на амортизацию специального переналаживаемого оборудования определяют как

$$O_{ac} = \frac{Ц_{oc} \cdot (1 + K_{тм}) \cdot n_{oc}}{L_o \cdot N_r}, \quad (19)$$

где $Ц_{oc}$ – стоимость (цена) специального оборудования;

L_o – количество лет работы специального оборудования (3...5 лет);

N_r – годовая программа, шт.

Число единиц специального оборудования определяется по уравнению

$$n_{oc} = \frac{N_r \cdot t_{шт}}{\Phi_D \cdot K_з \cdot 60} \quad (20)$$

Полученное при расчете n_{oc} округляется 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 амортизацию следует определять по уравнению (18). Примерами такого оборудования могут служить специальные станки для обработки (шлифования, фрезерования, протягивания) замковых соединений одного типа, например типа «ласточкин хвост», у лопаток разных ступеней компрессора или турбины.

При расчете этой статьи технологической себестоимости возникают трудности при определении стоимости $Ц_{oc}$ специального оборудования. Рекомендуется принимать стоимость специального станка в

3...5 раз большей по сравнению с ценой универсального станка того же типа.

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

$$O_P = \frac{C_O \cdot (1 + K_{TM}) \cdot H_P}{\Phi_D \cdot K_3 \cdot 100} \cdot \frac{t_{\text{ит-кальк}}}{60}, \quad (21)$$

где C_O , K_{TM} , Φ_D и K_3 – те же составляющие, что и в уравнениях (18) и (19);

H_P – затраты на ремонт и содержание оборудования в процентах от его балансовой стоимости.

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-сборные (УСП) и специальные.

Доля затрат, связанных с использованием универсальных приспособлений, по сравнению с другими элементами (статьями) C_{on} невелика, и поэтому при расчете технологической себестоимости их, как правило, не учитывают. Затраты на амортизацию и ремонт специальных приспособлений, включаемых в технологическую себестоимость операции, можно определить по уравнению

$$n = \frac{C_{nc} \cdot (1 + K_{np}) \cdot (a_n + P_n)}{N_T}, \quad (22)$$

где C_{nc} – стоимость (цена) изготовления специального приспособления;

K_{np} – коэффициент, учитывающий стоимость проектирования и отладки приспособления; рекомендуется принимать $K_{np} = 0,20 \dots 0,30$;

a_n – коэффициент годовых отчислений на амортизацию приспособлений, зависит от числа лет службы приспособления L_n ;

$$a_n = 1/L_n, \quad (23)$$

Для определения C_{nc} можно использовать упрощенную формулу

$$C_{nc} = N_{oem} \cdot C_{oem}, \quad (24)$$

где N_{oem} – количество деталей в приспособлении не считая крепежа и малоценных деталей;

C_{oem} – удельный коэффициент, принимаемый в зависимости от группы сложности приспособления, (группу сложности приспособления и значение $C_{дет}$ определяют по [32, 33]).

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

Коэффициент P_n , учитывающий расходы на ремонт приспособления, рекомендуется принимать $P_n = 0, 2 \dots 0, 3$.

Значения $K_{пр}$, $L_{п}$, $a_{п}$ и $P_{п}$ и сведения о стоимости универсальных и некоторых видов специальных станочных приспособлений приведены в [32].

Расходы на режущий инструмент. При использовании универсальных режущих инструментов эти расходы, отнесенные к одной заготовке на заданной операции, будут определяться следующим образом:

$$I_{y} = \sum_{i=1}^{l_y} \frac{C_{H.y.} + m \cdot S_{nep.}}{T(1+m)} \cdot t_{oi}, \quad (25)$$

где $C_{H.y.}$ – стоимость (цена) нового универсального режущего инструмента, руб;

m – количество переточек инструмента до полного износа;

S_{nep} – стоимость одной переточки, руб;

T – стойкость инструмента;

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

l_y – количество инструментов, используемых в операции.

Обозначим

$$\frac{60 \cdot (C_{H.y.} + m \cdot S_{nep.})}{T(1+m)} = I_{y}^ч, \quad (26)$$

где $I_{y}^ч$ выражает часовую стоимость работы режущего инструмента, руб/ч.

Тогда уравнение (20) можно привести к виду

$$I_y = \sum_{i=1}^{l_y} I_y^q \cdot \frac{t_{oi}}{60}, \quad (27)$$

Значения I_y^q приведены в [32], они даны также во многих справочниках и учебных пособиях.

Расчет затрат на специальный режущий инструмент начинают с определения количества экземпляров каждого наименования на годовую программу:

$$n_{uc} = \frac{t_o \cdot N_T}{T(1+m)}, \quad (28)$$

где t_o , T , m те же, что и в уравнении (25).

Если на годовую программу требуется приобрести (изготовить) несколько экземпляров данного специального инструмента, т.е. при $n_{uc} \geq 1$, то расчет затрат на его амортизацию и эксплуатацию производится также по уравнению (25). Если $n_{uc} < 1$, то производится округление n_{uc} до целого числа, и затраты на амортизацию и эксплуатацию будут определяться таким образом:

$$I_c = \sum_{i=1}^{l_y} \frac{I_{uc} + m \cdot S_{nep}}{N_T}, \quad (29)$$

где I_{uc} – стоимость (цена) специального режущего инструмента, руб;

S_{nep} – количество и стоимость переточек;

l_i – число инструментов, используемых на операции.

Обычно стоимость специального режущего инструмента в 3...5 раз больше стоимости аналогичного по назначению и конструкции универсального режущего инструмента. В то же время число m и стоимость S_{nep} будут такими же, как и для универсального инструмента.

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

$$y_{II} = \frac{1,1 \cdot I_{yn}}{L \cdot N_T}, \quad (30)$$

где 1,1 – коэффициент, учитывающий затраты на восстановление программного носителя;

I_{yn} – стоимость подготовки одной программы, руб;

L – число лет использования программы;

N_T – годовая программа, шт.

Затраты на амортизацию и содержание производственных площадей можно определить по соотношению

$$P_{\text{л}} = \frac{P_{\text{г}} \cdot K_{\text{су}} \cdot K_{\text{дп}} \cdot H_{\text{п}}}{\Phi_{\text{д}}} \cdot \frac{t_{\text{шт-кальк}}}{60}, \quad (31)$$

где $P_{\text{г}}$ – габаритная площадь, занимаемая станком, м². Ее можно вычислить по габаритным размерам станка.

$K_{\text{су}}$ – коэффициент, учитывающий площадь для систем управления станком с ЧПУ, он принимается равным 1,5...2,0; для станков с ручным управлением $K_{\text{су}}=1,0$;

$K_{\text{оп}}$ – коэффициент, учитывающий площадь, добавляемую по нормам техники безопасности и промсанитарии для удобства эксплуатации станка. Значение $K_{\text{дп}}$ может быть вычислено по следующему эмпирическому уравнению, коэффициенты которого получены обработкой справочных данных:

$$K_{\text{дп}} = 1,5 + \frac{7}{P_{\text{г}}}; \quad (32)$$

$H_{\text{н}}$ – норматив расходов (издержек) на содержание и амортизацию 1 м² производственной площади в год.

10.2. Расчет суммарной стоимости механической обработки

Методика расчета стоимости обработки для напайных и сборных инструментов представлена в табл. 6. В столбце А производится расчет стоимости обработки напайным резцом, а в столбце В – резцом, оснащенным сменной неперетачиваемой пластиной. Данные, являющиеся исходными, подчеркнуты.

Таблица 6

Методика расчета стоимости обработки для напайных (А) и сборных (В) инструментов

Показатели	Исходные данные	
	А	В
<i>Затраженная приобретенная инструментальность</i>		
1. Стоимость древесины, руб.	69,40	1200,00
2. Ресурс древесины		35000
3. Стоимость пластины, руб.		32,04
4. Число режущих кромок	2	3
5. Число переточек	3	
6. Стоимость одной режущей кромки, руб.	23,13	14,11
	$A_6=A1/A_5$	$B_6=B1/B_2+B_3/B_4$

Продолжение табл. 6

Показатели	Исходные данные	
	А	В
<i>Затраты на перемочку</i>		
7. Стоимость машинного времени заточного оборудования, руб А	1,52	
8. Цена на перемочку, мин	10	
9. Стоимость алмазного круга, руб.	67000	
10. Стоимость заочки одной режущей кромки, руб.	91267	0
	$A_{10}=A_7(60 \cdot A_8) + A_9 \cdot A_{1000}$	
<i>Стоимость инструмента</i>		
11. Стоимость режущей кромки, детали	7	40
<i>Трудоемкость изготовления детали</i>		
12. Основное машинное время обработки детали, мин.	3,06	3,06
13. Вспомогательное время на смену режущей кромки, мин	1,5	1
14. Вспомогательное время на размерную наладку, мин	15	15
15. Полное машинное время на одну деталь, мин.	5,42	3,46
	$A_{15}=A_{12} + (A_{13} + A_{14}) \cdot A_{11}$	$B_{15}=B_{12} + (B_{13} + B_{14}) \cdot B_{11}$
16. Стоимость машинного времени основного оборудования, руб А	2,64	2,64
<i>Элементы затрат на одну деталь</i>		
17. Эксплуатация оборудования, руб.	0,01	0,01
	$A_{17}=A_{16}/(60 \cdot A_{15})$	$B_{17}=B_{16}/(60 \cdot B_{15})$
18. Стоимость инструмента, руб.	3,30	0,35
	$A_{18}=A_6/A_{11}$	$B_{18}=B_6/B_{11}$
19. Стоимость перемыч, руб.	13038	0
	$A_{19}=A_{10}/A_{11}$	$B_{19}=B_{10}/B_{11}$
20. Итого зарплат на инструмент, руб.	13368	0,35
	$A_{20}=A_{18} + A_{19}$	$B_{20}=B_{18} + B_{19}$
21. Стоимость обработки одной детали, руб.	13369	0,36
	$A_{21}=A_{17} + A_{20}$	$B_{21}=B_{17} + B_{20}$

При соответствующем выборе исходных данных по предложенной методике можно производить расчет стоимости обработки, как резцами, так и фрезами, сборной, напайной и цельной конструкции.

Данная методика изложена в форме, удобной для автоматизации расчетов с использованием распространенных прикладных компьютерных программ.

Далее приводятся комментарии по заполнению ячеек исходными данными.

Стоимость державки: указывается для резцов с СМП; для сборных фрез указывается стоимость корпуса. При расчете затрат на обработку напайным или цельным инструментом за стоимость державки

принимается стоимость самого резца фрезы с учетом стоимости уже напаянных пластин и / или с учетом стоимости процесса напайки.

Ресурс державки: имеет смысл только для сборного инструмента. Экспериментально установлено, что ресурс державок с системами крепления пластин *P*, *M*, *S* и *C*, а также корпусов сборных фрез составляет в среднем 400 циклов смены режущей кромки. Для державок отрезных резцов и резцов, работающих в тяжелых условиях, ресурс уменьшается до 50...200 циклов.

Стоимость пластины: заполняется только для СМП; для фрез указывается суммарная стоимость всех пластин.

Число режущих кромок: принимается равным числу режущих кромок на используемой пластине, либо уточняется при наличии достоверных статистических данных о поломках.

Число переточек: принимается равным характерному числу переточек напайного или цельного инструмента при использовании на данной операции. Учитывается первоначальная заточка, если новый инструмент не заточен.

Стоимость машинного времени заточного оборудования: определяется по данным финансовых служб предприятия либо рассчитывается по приведенной ниже методике.

Время на переточку: зависит от процедуры переточки, принятой на предприятии, и вида заточного оборудования.

Стоимость алмазного круга: указывается суммарная стоимость алмазного и абразивного инструмента, используемого по принятой процедуре заточки. В расчетах принимается один комплект абразивных инструментов на 1000 переточек.

Стоимость режущей кромки: определяется экспериментально или вычисляется.

Основное машинное время обработки детали: принимается равным времени выполнения операции (или перехода) данным инструментом при выбранных режимах резания; для уточненных расчетов может быть дополнено частью вспомогательного времени на холостые ходы инструмента.

Вспомогательное время на смену режущей кромки: для резцов с СМП всех видов крепления принимается равным 1 мин; для фрез с СМП принимается равным 1 мин в расчете на каждую пластину; для напайного резца зависит от способа крепления, учитывается время настройки по высоте центров и на угол в плане (для отрезных, профильных и резьбовых резцов). Если резец перетачивает станочник, то

время на заточку учитывается и в этом случае, так как основное оборудование во время заточки простаивает.

Вспомогательное время на размерную наладку: для инструмента с СМП не учитывается при выполнении черновых операций (12 – 14 квалитет), так как замена пластины гарантирует попадание в поле допуска. В остальных случаях зависит от ширины поля допуска и процедуры настройки.

Стоимость машинного часа основного оборудования: определяется по данным финансовых служб предприятия либо рассчитывается по приведенной ниже методике.

Определение стойкости для данного примера:

1. Находим стойкость в минутах.

а) для цельного инструмента: нам известно сколько раз перетачивают инструмент за смену (8 часов), необходимо определить сколько раз перетачивают за 1 час работы – 0,375 переточек. $T=0,375 \cdot T_n=0,375 \cdot 60=22,5$ мин. T_n – нормативная стойкость из справочника инструментальщика.

б) для инструмента со сменной пластиной: $T=T_n \cdot t_{px}/t_p$, где t_{px} – время рабочего хода инструмента, t_p – время резания.

$$t_p=3,06 \cdot 30\%=0,918 \text{ мин};$$

$$t_{px}=3,06-0,918=2,142 \text{ мин};$$

$$T=60 \cdot 2,142/0,918=140 \text{ мин}.$$

3,06 мин – это время работы инструмента на операции.

2. Определяем стойкость в деталях.

$3,06 \cdot 40=122,29$ мин – общее время на обработку данным инструментом годовой программы выпуска деталей ($N_{год}=40$ шт). Далее с помощью пропорции определяем сколько деталей можно обработать до следующей переточки или смены пластины.

а) для цельного инструмента:

$$122,29 \text{ мин} - 40 \text{ дет}$$

$$22,5 \text{ мин} - 7 \text{ дет}$$

б) для инструмента со сменной пластиной:

$$122,29 \text{ мин} - 40 \text{ дет}$$

$$140 \text{ мин} - 40 \text{ дет}$$

Вспомогательное время на смену режущей кромки, вспомогательное время на размерную наладку: узнается у рабочего или из нормативов вспомогательного времени.

10.3. Расчет стоимости машинного времени оборудования

Стоимость 1 ч машинного времени существенно влияет на результаты расчета суммарной стоимости обработки детали.

В частности, искусственно уменьшенная стоимость машино-часа влечет за собой абсурдный вывод о выгодности работы на заниженных режимах, необходимости сокращения только инструментальных затрат и бесполезности повышения эффективности использования металлорежущего оборудования.

Расчет реальной стоимости машино-часа можно выполнить даже при отсутствии или невозможности получения надежных данных от финансовых служб предприятия.

Стоимость машино-часа может быть отнесена только к каждой конкретной единице металлорежущего оборудования, так как она зависит от многих факторов, которые невозможно усреднить.

Для дорогостоящего оборудования расчет стоимости машино-часа рекомендуется проводить перед принятием окончательного решения об инструментальном оснащении: только в этом случае возможно определить сроки окупаемости оборудования, которые в наибольшей степени зависят от *качества используемого инструмента*.

Методика расчета стоимости машинного времени оборудования сведена в табл. 7 и 8. В столбце А собраны данные в натуральном выражении (часы, дни, квадратные метры), в столбце В – данные, которые в практике бухгалтерского учета принято выражать в процентном выражении. Формулы для вычисления расчетных параметров приведены в столбце справа; данные, являющиеся исходными, подчеркнуты.

При соответствующем выборе исходных данных по предложенной методике можно выполнять расчет стоимости машинного времени как основного, так и вспомогательного заточного оборудования.

Методика изложена в форме, удобной для автоматизации расчетов с использованием распространенных прикладных компьютерных программ.

Стоимость станка: для новых станков указывается стоимость приобретения, для оборудования, бывшего в употреблении, - реальная рыночная цена аналогичного оборудования, но с учетом износа.

Покупная стоимость оснастки: стоимость необходимой для работы оснастки; для универсальных станков приблизительно 10% от стоимости станка.

Число рабочих часов в смену: принятая на предприятии продолжительность рабочей смены.

Число рабочих дней за год: продолжительность года, за вычетом выходных и праздничных дней, а также периодов, когда оборудование выводилось из эксплуатации.

Число смен: число рабочих смен в сутки при эксплуатации данной единицы оборудования.

Коэффициент использования оборудования: отношение основного машинного времени (времени снятия стружки) к полному фонду рабочего времени; в развитых европейских странах для универсальных станков равен 0,2...0,3, а для станков с ЧПУ – 0,3...0,4.

Период амортизации: принимается равным установленному на предприятии для конкретных типов оборудования; по международным нормам – 5...6 лет; для станков, бывших в употреблении, указывается плановое время, оставшееся до замены на новое оборудование.

Выплаты по кредиту: указывается процентная ставка банка, если на приобретение оборудования брался кредит.

Площадь под оборудование: часть площади производственного здания, приходящаяся на данный станок.

Стоимость аренды 1 м² площади в месяц: месячная арендная плата и налоговые платежи за 1 м² производственной площади.

Электроэнергия: паспортное значение часового энергопотребления станка.

Стоимость 1 кВт·ч: стоимость 1 кВт·ч электроэнергии для промышленных предприятий.

Заработная плата персонала: годовой фонд заработной платы основного рабочего или рабочих; при многосменной работе определяется по сумме заработных плат всех сменщиков.

Социальные платежи: норматив отчислений на социальные нужды с фонда заработной платы.

Административные затраты: норматив административных расходов предприятия. Вычисляется в процентном отношении к фонду заработной платы.

Прочие затраты: норматив непредвиденных или трудноучитываемых расходов предприятия; вычисляется в процентном отношении к фонду заработной платы.

Таким образом, внедрение указанных выше средств и способов обеспечения эффективности инструментального производства позволяет в кратчайшие сроки с минимальным риском и затратами разрабатывать инструмент различного назначения и любой сложности.

Таблица 7

Стоимость машинного времени заточного оборудования

Показатель	A	B (%)	C (р.)	Расчетные формулы
1. Покупная стоимость станка			62050,00	
2. Покупная стоимость оснастки			6205,00	
3. Итого			68255,00	$C3=C1+C2$
<i>Износ здания и оборудования</i>				
4. Число рабочих часов в станку	8			
5. Число рабочих дней в год	249			
6. Число станков	1			
7. Коэффициент использования оборудования	0,2			
8. Итого время работы в год, ч <i>Годовые затраты</i>	398,4			$A8=A4.A5.A6.A7$
9. Период амортизации, лет	5			
10. Амортизационные отчисления		20	13651,00	$B10=100.A9;$ $C10=C3.B10/100$
11. Выплата по кредиту				$C11=C3.B11/100$
12. Площадь оборудования, м ²	4,94			
13. Стоимость 1м ² площади в месяц				
14. Арендная плата за производственные площади				$C14=12.A12.C13$
15. Электроэнергия	6,5			
16. Стоимость 1кВтч			1,20	
17. Расход на электро энергию			3107,52	$C17=A15.C16.A8$
18. Заработная плата персонала, руб./год			96000,00	
19. Социальные платежи		26	24960,00	$C19=C18.B19/100$
20. Административные затраты		4	3840,00	$C20=C18.B20/100$
21. Прочие затраты		5	4800,00	$C21=C18.B21/100$
22. Итого годовых затрат			146538,52	$C22=C10+C11+C14+$ $+C17+C18+C19+C20+$ $+C21$
23. Стоимость 1ч машинного времени			1,52	$C23=C22/C18$

Стоимость машинного времени оборудования

Показатели	A	B (%)	C (р.)	Расчетные формулы
1. Покупная стоимость станка			830200,00	
2. Покупная стоимость оснастки			83020,00	
3. Итого <i>Итого затраты на оборудование</i>			913220,00	$C3=C1+C2$
4. Число рабочих часов в смену	8			
5. Число рабочих дней за год	249			
6. Число смен	1			
7. Коэффициент использования оборудования	0,2			
8. Итого времени работы год, ч <i>Годовые затраты</i>	3984			$A8=A4 \cdot A5 \cdot A6 \cdot A7$
9. Период амортизации, лет	6			
10. Амортизационные отчисления		16,67	152203,33	$B10=100/A9$ $C10=C3 \cdot B10/100$
11. Выплата по кредиту				$C11=C3 \cdot B11/100$
12. Площадь оборудования, м ²	3,6			
13. Стоимость 1м ² площади в месяц				
14. Арендная плата за производственные площади				$C14=13 \cdot A13 \cdot C13$
15. Электроэнергия	5,5			
16. Стоимость кВт*ч			1,20	
17. Расход на электроэнергию			2629,44	$C17=A15 \cdot C16 \cdot A8$
18. Заработная плата персонала, руб./год			120000,00	
19. Социальные платежи	26		31200,00	$C19=C18 \cdot B19/100$
20. Административные затраты	4		4800,00	$C20=C18 \cdot B20/100$
21. Прочие затраты	5		6000,00	$C21=C18 \cdot B21/100$
22. Итого годовых затрат			316832,77	$C22=C10+C11+C14+$ $+C17+C18+C19+C20+$ $C21$
23. Стоимость 1 ч машинного времени			2,64	$C23=C22/C18$

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

По разделу «Технологический анализ чертежа детали»

1. Технологический анализ рабочего чертежа детали: Метод, указания (Сост.: - Крашенинников К.П., Курбатов В.П.) — Куйбышев: КуАИ, 1980.

2. Технологичность конструкции изделий: Справочник / Под ред. Ю. Д. Амброва.— М.: Машиностроение, 1990, 768 с.

3. Серебrenицкий П.П. Общетехнический справочник. – СПб.: Политехника, 2004. – 445 с.: ил. – (Серия: В помощь технологу-машиностроителю. Выпуск 1).

По разделу "Получение заготовок"

4. Афонькин М. Г., Матьцкая М. В. Производство заготовок в машиностроении.— Л.: Машиностроение 1987, 256 с.

5. Аверкиев Ю.А., Аверкиев А.Ю. Технология холодной штамповки: Учебник. — М.: Машиностроение, 1989, 304 с.

6. Ковка и штамповка: Справочник в 4-х томах / Под ред. Е. И. Семенова. — М.: Машиностроение, 1986—1987.

7. Ковка и штамповка цветных металлов: Справочник /Под ред. Я. И. Корнеева и др. — М.: Машиностроение, 1972.

8. Шулепов А.П., Трухман И.М., Шитарев И.Л. Проектирование заготовок деталей авиационных двигателей, получаемых методами горячего объемного деформирования. Учебное пособие: - Самара, СГАУ, 1998, 50 с.

По разделу "Проектирование технологических процессов"

9. Демин Ф. И. и др. Проектирование технологических маршрутов изготовления деталей /Демин Ф. И., Крашенинников К. П., Филимошин В. Г., Шитарев И. Л. Самара: СГАУ, 1994

10. Иващенко И. А. Проектирование технологических процессов производства двигателей летательных аппаратов. Учебное пособие. М.: Машиностроение, 1981, 224 с.

11. Иващенко И. А., Трухман И. М. Расчет размерно-точных параметров механической обработки заготовок; Учеб. пособие. Самара: СГАУ, 1993.

12. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах /Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мецержкова. М.: Машиностроение, 1955.

13. Краткий справочник металлиста /Под ред. П. И. Орлова. М.: Машиностроение, 1986.

14. Обработка металлов резанием: Справочник технолога/ А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А.А. Панова. – Машиностроение. 1988. – 736 с.: ил.

По разделу "Режимы резания и нормирование операций"

15. *Зайцев В. М., Летшин В. И.* Расчет наивыгоднейшего режима резания при точении. Куйбышев: КуАИ, 1984.

16. Нормативы времени на слесарно-сборочные работы. М.: Машиностроение, 1974.

17. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования станочных работ. М.: Машиностроение, 1974. Ч.1 и 2.

18. Режимы резания труднообрабатываемых металлов: Справочник (*Гуревич Я. А., Горелов М. В.*). М.: Машиностроение, 1986.

19. Общемашиностроительные нормативы режимов резания: Справочник: В 2-х т. / А.Д. Локтев, И.Ф. Гущин, В.А. Батуев и др. – Машиностроение, 1991.

По разделу "Эскизы графических операционных карт"

20. Проектирование схем технологических наладок на операции механической обработки резанием: Учеб. пособие/ Е.И. Федин, В.П. Кузнецов, А.С. Ямников. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2003. – 116 с.

21. Фельдштейн Е.Э., Корниевич М.А.

Обработка отверстий. Справочник сверловщика – Мн.: Дизайн ПРО, 2000. – 272 с., ил.

22. Махаринский Е.И., Горохов В.А.

Основы технологии машиностроения: Учебник. – Мн.: Высш. шк., 1997. – 423 с.: ил.

23. Проектирование технологической оснастки: Учебник / А.П. Шулепов, В.А. Шманев, И.Л. Шитарев. Под общей редакцией А.П. Шулепова. Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 1996. - 332 с.

24. Альбомы отраслевых каталогов металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1981-1985.

25. Металлорежущие инструменты: Каталог в 4-х частях. М.: НИИМАШ, 1971.

26. Станочные приспособления: Справочник в 2-х частях / Под ред. Б.И. Вардашкина и др. М.: Машиностроение, 1984.

27. *Горошкин А. Е.* Приспособления для металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1979.

28. *Кузнецов Ю. И., Маслов А. Р., Банков А. Н.* Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1990.

29. Переналаживаемая технологическая оснастка /*В. Д. Бирюков* и др. М.: Машиностроение, 1988.

По разделу "Оценка экономической эффективности технологии"

30. *Вишняков А.Е.* Техничко-экономическое обоснование выбора способа получения заготовки. Куйбышев: КуАИ, 1980.

31. *Иващенко И. А.* и др. Оптимизация технологического процесса обработки поверхностей заготовки по экономическим критериям: Метод, указания / *Иващенко И. А., Мартынов В. А., Трухман И. М., Иванов Г. В.* Самара: СГАУ, 1991, 23 с.

32. Определение технологической себестоимости операции по элементам затрат: Метод, указания / Самар. гос. аэрокосм. унт.; Сост. А.П. Шулепов, Н.Д. Проничев, О.С. Сурков. Самара, 2004, 60 с.

33. Расчет себестоимости механической обработки деталей по статьям калькуляции: Метод, указания к курсовой работе / Самар. гос. аэрокосм. ун-т; Сост. А.В. Мещеряков. Самара, 2005, 39 с.