

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Г. Р. МУСЛИНА, Ю. М. ПРАВИКОВ

**МЕТОДЫ ОЦЕНКИ
ЭКОНОМИЧЕСКОЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ НОВОЙ
ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

Учебное пособие

Ульяновск
УлГТУ
2017

УДК 658.004.15 (075)

ББК

М 91

Рецензенты:

Кафедра «Технологии профессионального обучения» Ульяновского государственного педагогического университета им. И. Н. Ульянова;
доктор технических наук, профессор кафедры «Авиационная техника» ФГБОУ ВПО «Ульяновский институт гражданской авиации имени главного маршала авиации Б.П. Бугаева» И.В. Антоненц

Утверждено редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия

Муслина, Галина Рафаиловна

М 91

Методы оценки экономической эффективности новой техники и технологий : учебное пособие / Г. Р. Муслина, Ю. М. Правиков. – Ульяновск : УлГТУ, 2017. – 100 с.

ISBN 978-5-9795

Приведены критерии и методы оценки эффективности новой техники и технологий, внедряемых в технологические процессы механической обработки заготовок в машиностроении. Рассмотрены примеры применения изложенных методов для оценки эффективности принимаемых решений.

Содержание учебного пособия соответствует требованиям федерального государственного образовательного стандарта и рабочей программе дисциплины «Методы оценки экономической эффективности новой техники и технологии» для студентов, обучающихся по направлению подготовки магистров 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств». Пособие подготовлено также с учетом требований образовательного модуля «Подготовка высококвалифицированных магистров в области разработки технологических процессов машиностроительных производств и средств их технологического обеспечения» для предприятий оборонно-промышленного комплекса.

УДК 658.004.15 (075)

ББК

ISBN 978-5-9795

© Муслина Г. Р., Правиков Ю. М., 2017
© Оформление. УлГТУ, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| ОСНОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И АББРЕВИАТУРЫ | 5 |
| ПРЕДИСЛОВИЕ | 7 |
| 1. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ОПЕРАЦИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ | 9 |
| Контрольные вопросы | 15 |
| 2. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НОВОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ ПО МЕТОДУ РАССТАНОВКИ ПРИОРИТЕТА | 16 |
| Контрольные вопросы | 23 |
| 3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НОВОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ | 24 |
| 3.1. Общие положения | 24 |
| 3.2. Методика расчета годового экономического эффекта от внедрения новых СОТС и техники их применения | 26 |
| Контрольные вопросы | 41 |
| 4. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК | 42 |
| 4.1. Общие положения | 42 |
| 4.2. Методика расчета величины экономического эффекта за счет снижения технологической себестоимости механической обработки заготовок | 43 |

| | |
|--|------------|
| 4.3. Методика расчета величины экономического эффекта за счет снижения потерь на брак при механической обработке заготовок | 50 |
| 4.4. Экономический анализ действующих ТП | 53 |
| 4.5. Экономический анализ сравниваемых вариантов ТП | 59 |
| Контрольные вопросы | 66 |
| 5. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ | 67 |
| Контрольные вопросы | 70 |
| 6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ | 71 |
| Контрольные вопросы | 81 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 82 |
| ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ | 83 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ 1 – 4 | 85 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | 100 |

ОСНОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И АББРЕВИАТУРЫ

| | |
|-----------------|--|
| ИД | – индекс доходности; |
| КШК | – комбинированный шлифовальный круг; |
| НТиТ | – новая техника и технологии; |
| РИ | – режущий инструмент; |
| СИ | – средство измерений; |
| СОЖ | – смазочно-охлаждающая жидкость; |
| СОТС | – смазочно-охлаждающее технологическое средство; |
| ТО | – технологическая операция; |
| ТП | – технологический процесс; |
| A_i | – i -й абсолютный критерий эффективности НТиТ; |
| E_n | – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений; |
| Z | – затраты на выполнение ТО; |
| $Z_{пр}$ | – приведенные затраты; |
| I | – износ РИ; |
| K | – капитальные вложения; |
| K_p | – коэффициент режущей способности шлифовального круга; |
| $K_i^{ком}$ | – комплексный показатель i -го варианта НТиТ; |
| C | – себестоимость выполнения ТО; |
| $C_{бр}$ | – составляющая себестоимости, определяющая затраты, связанные с допущением брака на ТО; |
| $C_{заг}$ | – стоимость заготовки; |
| C_T | – технологическая себестоимость; |
| $\Phi_{д.о}$ | – действительный годовой фонд времени работы оборудования (станка); |
| \mathcal{E}_1 | – экономический эффект, полученный от уменьшения количества неправильно забракованных деталей; |
| \mathcal{E}_2 | – экономический эффект, полученный от уменьшения количества неправильно принятых деталей; |
| $\mathcal{E}_Г$ | – годовой экономический эффект; |
| $\mathcal{E}_и$ | – годовой экономический эффект, полученный за счет повышения стойкости РИ; |

| | |
|-----------------|--|
| \mathcal{E}_T | – суммарный экономический эффект за расчетный период T ; |
| \mathcal{E}_t | – экономический эффект, достигнутый в t -м расчетном году; |
| IT | – допуск линейного размера; |
| M | – количество принятых критериев оценки эффективности НТиТ; |
| N | – количество сравниваемых вариантов НТиТ; |
| $N_p (N_{ш})$ | – мощность резания (шлифования); |
| P | – норма амортизационных отчислений; |
| $P_{ij}^{отн}$ | – нормированное значение приоритета j -го частного критерия эффективности i -го варианта НТиТ; |
| P_y, P_z | – составляющие силы резания; |
| Q | – годовой расход СОТС; |
| Q_a | – расход шлифовального круга; |
| Q_m | – режущая способность шлифовального круга; |
| Q_c | – расход смазочного материала; |
| Ra, Rz | – параметры шероховатости поверхности; |
| $R_j^{отн}$ | – нормированная величина значимости j -го критерия эффективности НТиТ; |
| m | – количество неправильно принятых деталей; |
| n | – количество неправильно забракованных деталей; |
| q | – удельный расход СОТС на одну заготовку; |
| y_{ij} | – числовое значение j -го критерия эффективности i -го варианта НТиТ; |
| $\alpha_{и}$ | – коэффициент предпочтительности; |
| τ | – период стойкости РИ; |
| ΔC | – абсолютное значение изменения себестоимости; |
| ΔC_o | – относительное значение изменения себестоимости; |
| Δ_{lim} | – предельная погрешность измерения выбранным СИ; |
| δ | – допускаемая погрешность измерения линейного размера; |
| I, II | – индексы, относящиеся к значениям параметров в сравниваемых вариантах. |

ПРЕДИСЛОВИЕ

В машиностроении технические работники высшей квалификации, а именно к таким относятся выпускники магистратуры, часто являются не только техническими специалистами, но и руководителями производства и его подразделений. В связи с этим на них возлагаются задачи принятия решений в области создания и освоения производства новых изделий, в целесообразности технического переоснащения тех или иных производств предприятия, в области совершенствования технологических процессов (ТП) изготовления и контроля качества изделий и в ряде других вопросов.

Принятие таких решений невозможно без тщательного экономического анализа и обоснования эффективности использования новой техники и технологий (НТиТ).

В этих условиях подготовка магистрантов по направлению «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» невозможна без изучения вопросов, связанных с оценкой эффективности НТиТ. В учебном пособии рассмотрены вопросы оценки эффективности конструкторских и технологических решений, направленных на совершенствование ТП механической обработки заготовок деталей машин. В связи с этим под термином «новая техника» здесь и далее понимают новые средства технологического оснащения таких ТП.

Материал, изложенный в учебном пособии, позволяет решить следующие задачи:

- выбрать критерии оценки эффективности НТиТ;
- выполнить оценку эффективности НТиТ по методу расстановки приоритета;
- рассчитать показатели экономической и экологической эффективности НТиТ;

– выполнить экономический анализ ТП механической обработки заготовок на основе использования системы единых для всех операций технологических критериев;

– рассчитать экономический эффект от применения средств измерений высокой точности для контроля геометрических параметров деталей.

Учебное пособие содержит основные положения дисциплины «Методы оценки экономической эффективности новой техники и технологий», примеры решения задач по разделам дисциплины, контрольные вопросы и тестовые задания (приложение 1) для самоконтроля остаточных знаний магистрантов, исходные данные к заданиям, выполняемым на практических занятиях (приложения 2 – 4).

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование у магистрантов следующих компетенций:

– способность анализировать тенденции повышения эффективности ТП изготовления деталей;

– способность формулировать цели и задачи исследований в области конструкторско-технологической подготовки машиностроительных производств, выявляя приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки эффективности принятых решений;

– способность руководить подготовкой заявок на изобретения и промышленные образцы в области конструкторско-технологической подготовки машиностроительных производств, оценивать стоимость интеллектуальных объектов.

1. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ОПЕРАЦИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ

Для оценки эффективности технологических операций (ТО) и ТП механической обработки заготовок используют различные критерии. Выбор тех или иных критериев определяется целями и задачами выполняемых исследований и осуществляется с учетом следующих требований:

- принятая система критериев должна оценивать технологический потенциал отдельных операций и технологической линии механической обработки в целом с разных точек зрения: по производительности; по работоспособности режущего инструмента, по энергозатратам на процесс обработки, по обеспечению требуемого качества (и эксплуатационных характеристик) деталей;

- критерии должны быть доступными, т. е. сведения об их значениях для разных операций должны содержаться в научно-технической литературе или могут быть легко получены в производственных (лабораторных) условиях;

- критерии должны обладать универсальностью и относительностью, что позволит в итоге свести их число к минимуму;

- критерии должны быть репрезентативными для оценки влияния технологических параметров (режима обработки, материала режущей части режущего инструмента (РИ), состава смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) и др.) на процесс обработки заготовок.

Критерии оценки эффективности ТО механической обработки заготовок можно классифицировать в соответствии со схемой на рис. 1.1 на абсолютные и относительные.

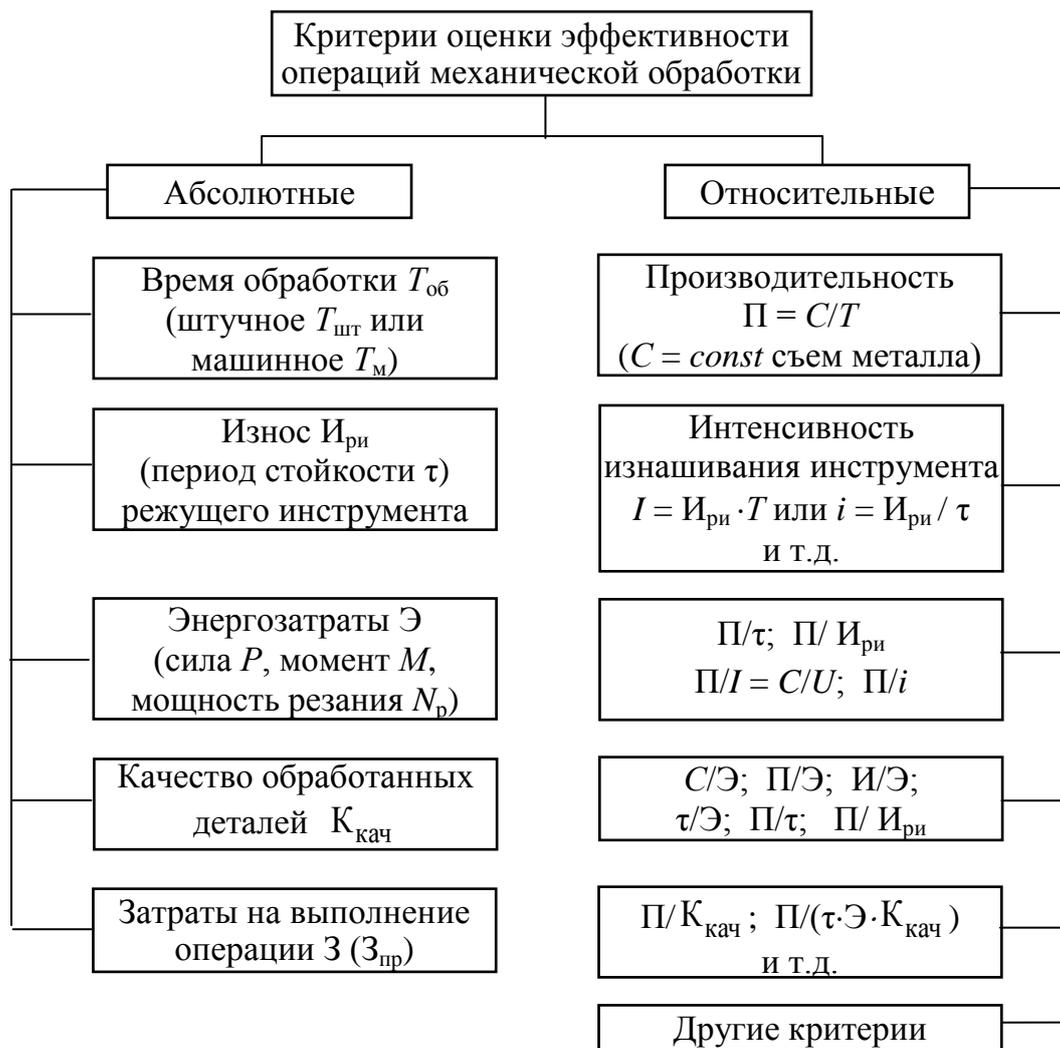


Рис. 1.1. Классификация критериев оценки эффективности операций механической обработки

К абсолютным критериям можно отнести например критерии, характеризующие штучное или машинное время обработки; величину износа или период стойкости РИ; силу, момент или мощность резания, параметры качества обработанных деталей, затраты на выполнение операции. На рис. 1.1 качество обработанных деталей характеризуется обобщенным критерием $K_{кач}$, под которым понимают тот или иной показатель геометрической точности детали или ту или иную физико-механическую характеристику поверхностного слоя детали (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Показатели качества поверхностей деталей

Относительные критерии образуются как произведение или отношение двух или нескольких абсолютных критериев, т. е. в общем случае относительный критерий можно записать в виде

$$O = \prod_{i=1}^n A_i^{\alpha_i},$$

где A_i – i -й абсолютный критерий; α_i – показатель степени при целом i -м абсолютном критерии (α_i – целое число); n – число абсолютных критериев, образующих относительный критерий ($n > 1$).

Таким образом, для нахождения какого-либо относительного критерия оценки эффективности операций механической обработки необходимо предварительно определить значения входящих в него абсолютных критериев.

Относительные критерии, как и абсолютные, могут характеризовать процесс обработки с одной стороны, например, с точки зрения производительности обработки (критерий $\Pi = C/T$) (см. рис. 1.1) или работоспособности режущего инструмента (критерий $I = I_{\text{ри}}/T$). Достаточно часто (особенно в научных исследованиях) эффективность ТО оценивают относительными критериями, характеризующими процесс обработки одновременно с разных сторон, например с точки зрения производительности обработки и работоспособности режущего инструмента (критерий Π/τ , $\Pi/I_{\text{ри}}$) или производительности обработки и качества обработанных поверхностей (критерий $\Pi/K_{\text{кач}}$).

В научных исследованиях и практике машиностроения эффективность различных операций механической обработки заготовок оценивают, в принципе, разными системами критериев, хотя в отдельных случаях некоторые критерии используют для оценки эффективности различных операций.

В подавляющем большинстве случаев основными критериями для оценки эффективности операций лезвийной обработки (токарных, фрезерных, сверлильных и т. д.) служат абсолютные критерии: износ и (чаще) период стойкости режущего инструмента; параметр шероховатости Ra (или Rz). В отдельных случаях эффективность операций оценивают абсолютными критериями, характеризующими энерго-

затраты на операцию: составляющими силы резания P_z и P_y , моментом резания M_p (в основном при сверлении, зенкеровании, развертывании отверстий), температурой в зоне обработки T . Относительные критерии для оценки эффективности операций обработки лезвийными инструментами используют крайне редко.

При оценке эффективности операций абразивной обработки используют и абсолютные (Ra , Rz , P_y , P_z , мощность резания N , T и др.), и относительные критерии. Для операций шлифования разработана система относительных критериев, характеризующих процесс обработки с разных сторон. К ним относятся:

– коэффициент режущей способности шлифовального круга, $\text{мм}^3/(\text{мин}\cdot\text{м})$

$$K_p = \frac{Q_m}{P_y},$$

где Q_m – режущая способность шлифовального круга, $\text{мм}^3/\text{мин}$;
 P_y – радиальная составляющая силы резания, Н;

– коэффициент шлифования

$$K_{ш} = \frac{Q_m}{Q_a},$$

где Q_a – расход шлифовального круга, $\text{мм}^3/\text{мин}$;

– удельная мощность шлифования, $\text{Вт}\cdot\text{мин}/\text{мм}^3$

$$N_y = \frac{N_{ш}}{Q_m},$$

где $N_{ш}$ – мощность шлифования, Вт;

– комплексный критерий, $\text{мм}^3/(\text{мин}\cdot\text{Вт}\cdot\text{мкм})$;

$$K_M = \frac{Q_M}{N_{ш} \cdot Ra},$$

где Ra – среднее арифметическое отклонение профиля, мкм.

Однако, как показал анализ, использовать эту систему для других операций механической обработки (например, операций лезвийной обработки, обработки поверхностно-пластическим упрочнением) практически невозможно, да и во многих случаях нецелесообразно.

Таким образом, можно сказать, что универсальных критериев оценки технологического потенциала операций механической обработки практически не существует, за исключением таких абсолютных критериев, как время обработки $T_{об}$, износ и (или) период τ стойкости инструмента, мощность резания N_p , параметры качества обработанных деталей. Этими критериями (показателями) определяются в итоге затраты на выполнение операции Z .

Часто для оценки эффективности вариантов ТО или ТП используют критерии вида

$$K_i = A_i^{\text{II}} / A_i^{\text{I}}$$

или

$$K'_i = O_i^{\text{II}} / O_i^{\text{I}},$$

где $A_i^{\text{I}}, A_i^{\text{II}}$ – i -й абсолютный критерий, характеризующий эффективность сравниваемых (I и II) вариантов ТО или ТП; $O_i^{\text{I}}, O_i^{\text{II}}$ – i -й относительный критерий, характеризующий эффективность сравниваемых (I и II) вариантов ТО или ТП.

Такие критерии называют коэффициентами технологической эффективности того или иного варианта ТО или ТП.

Несомненным достоинством таких критериев – коэффициентов является простота их определения на основе известных данных о показателях тех или иных ТО или ТП, полученных при обработке заготовок по базовому (I) варианту и данных об аналогичных показателях, полученных при обработке заготовок по новому (II) варианту в ходе опытно-промышленных испытаний.

Контрольные вопросы

1. Назовите требования, предъявляемые к критериям оценки эффективности НТиТ.
2. Каким критериям – абсолютным или относительным – следует отдавать предпочтение при выборе системы критериев?
3. Приведите примеры абсолютных и относительных критериев.
4. Перечислите показатели геометрической точности деталей.
5. Назовите физико-механические характеристики качества поверхностных слоев деталей.
6. Как определяются коэффициенты технологической эффективности НТиТ?

2. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НОВОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ ПО МЕТОДУ РАССТАНОВКИ ПРИОРИТЕТА

Метод расстановки приоритета [9] предполагает сравнительную оценку эффективности НТиТ по величине комплексных показателей, рассчитанных для каждого конкурирующего варианта.

Для получения комплексных показателей согласно этому методу необходимо:

– перевести абсолютные значения частных критериев эффективности НТиТ в относительные величины при одновременном и однообразном их нормировании;

– учесть значимость (вес) каждого частного критерия.

При соблюдении этих условий комплексный показатель i -го варианта НТиТ рассчитывают по формуле

$$K_i^{\text{КОМ}} = \sum_{j=1}^M P_{ij}^{\text{ОТН}} \cdot R_j^{\text{ОТН}}, \quad (2.1)$$

где $P_{ij}^{\text{ОТН}}$ – нормированное значение приоритета j -го частного критерия эффективности i -го варианта НТиТ ($j = \overline{1, M}$, $i = \overline{1, N}$); M – количество принятых критериев оценки эффективности НТиТ; N – количество сравниваемых вариантов НТиТ; $R_j^{\text{ОТН}}$ – нормированная величина значимости (веса) j -го критерия.

Нормированное значение приоритета j -го критерия

$$P_{ij}^{\text{ОТН}} = \frac{y_{ij}}{\sum_{i=1}^N y_{ij}}, \quad (2.2)$$

где y_{ij} – числовое значение j -го критерия эффективности i -го варианта НТиТ.

Величину значимости j -го критерия эффективности определяют в последовательности, приведенной ниже.

– Разрабатывают с помощью экспертов систему сравнения критериев по их значимости, например $A_1 > A_2 > A_4 > A_3$ (где $A_1 - A_4$ – частные критерии оценки эффективности НТиТ, $M = 4$).

– Получив от экспертов систему сравнения, строят квадратную матрицу смежности, где знаки « $>$ », « $<$ » и « $=$ » заменяют коэффициентами предпочтительности α_{Π} (табл. 2.1). При сравнении двух критериев (например A_j и A_{j+1}) принимают

$$\alpha_{\Pi} = \begin{cases} 1 + \alpha', & \text{если } A_j > A_{j+1}; \\ 1 & , \text{если } A_j = A_{j+1}; \\ 1 - \alpha', & \text{если } A_j < A_{j+1}, \end{cases} \quad (2.3)$$

где $0 < \alpha' < 1$.

Таблица 2.1

Матрица смежности для оценки значимости критериев эффективности НТиТ

| Критерий оценки эффективности НТиТ | Критерий оценки эффективности НТиТ | | | | | | $\sum_{j=1}^M \alpha_{\Pi j}^*$ | Значимость критерия R_j | Нормируемая величина значимости критерия $R_j^{\text{отн}}$ |
|---|---|-------|-----|-------|-----|-------|---------------------------------|---------------------------|---|
| | A_1 | A_2 | ... | A_j | ... | A_M | | | |
| | Коэффициент предпочтительности α_{Π} | | | | | | | | |
| A_1 | | | | | | | | | |
| A_2 | | | | | | | | | |
| ... | | | | | | | | | |
| A_j | | | | | | | | | |
| ... | | | | | | | | | |
| A_M | | | | | | | | | |
| $\sum_{j=1}^M \alpha_{\Pi j}$ для строки определяется как сумма членов этой строки. | | | | | | | | | |

– Определяют значимость критериев R_j , для чего каждую строку матрицы умножают на вектор-столбец $\sum_{j=1}^M \alpha_{пj}$.

– Определяют нормированную величину значимости каждого критерия $R_j^{\text{отн}}$ по формуле

$$R_j^{\text{отн}} = \frac{R_j}{\sum_{j=1}^M R_j}. \quad (2.4)$$

Для определения по формуле (2.1) комплексных показателей, позволяющих ранжировать варианты НТиТ, заполняют таблицу, выполненную по форме табл. 2.2.

Таблица 2.2

**Исходные данные и результаты расчета
комплексных показателей эффективности НТиТ**

| Номер варианта НТиТ | Критерий оценки эффективности НТиТ | | | | | | Комплексный показатель $K_i^{\text{ком}}$ |
|---------------------|---|---|-----|-----|-----|-----|---|
| | 1 | 2 | ... | j | ... | M | |
| | Нормированная величина значимости критерия $R_j^{\text{отн}}$ | | | | | | |
| | Нормированное значение приоритета $R_{ij}^{\text{отн}}$ | | | | | | |
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| ... | | | | | | | |
| i | | | | | | | |
| ... | | | | | | | |
| N | | | | | | | |

Лучшим считают вариант, для которого комплексный показатель $K_i^{\text{ком}}$ имеет большее значение.

Пример 1 [9]

По приведенной выше методике необходимо выбрать конструкцию комбинированного шлифовального круга (КШК).

Сравнивали три КШК 1-250×25×76 24A25НСМ17К5, различающихся количеством радиальных пазов, выполненных на каждом их торце и заполненных твердым смазочным материалом. Образцы шлифовали на круглошлифовальном станке при окружной скорости круга 35 м/с. Режим шлифования: скорость врезной подачи 0,35 мм/мин, время шлифования 33 с, время выхаживания 5 с. Круг правили алмазным карандашом С1 перед каждым опытом. В качестве критериев оценки работоспособности КШК использовали: режущую способность шлифовального круга Q_M , удельную мощность шлифования K_N , расход смазочного материала Q_C , период стойкости шлифовального круга τ , коэффициент шлифования $K_{ш}$, среднее арифметическое отклонение профиля Ra .

Результаты шлифования приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Результаты шлифования КШК

| Номер КШК | Количество радиальных пазов на каждом торце КШК | Критерий оценки работоспособности КШК | | | | | |
|-----------|---|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|--------------|---------|------------|
| | | Q_M , мм/мин | K_N , мм ³ /(кВт·мин) | Q_C , мм ³ | τ , мин | $K_{ш}$ | Ra , мкм |
| 1 | 4 | 686 | 686 | 5470 | 7,98 | 37,6 | 0,42 |
| 2 | 8 | 659 | 533 | 10508 | 15,15 | 79,9 | 0,42 |
| 3 | 12 | 640 | 278 | 17877 | 27,12 | 128,2 | 0,42 |

– Определяем нормированные значения приоритетов принятых критериев для каждого КШК по формуле (2.2), например,

$$P_{1.1}^{\text{отн}} = 686 / (686 + 659 + 640) = 0,35,$$

$$P_{2.1}^{\text{отн}} = 659 / (686 + 659 + 640) = 0,33,$$

$$P_{3.1}^{\text{отн}} = 640 / (686 + 659 + 640) = 0,32,$$

$$P_{1.2}^{\text{отн}} = 686 / (686 + 533 + 278) = 0,46,$$

$$P_{2.2}^{\text{отн}} = 533 / (686 + 533 + 278) = 0,36,$$

$$P_{3.2}^{\text{отн}} = 278 / (686 + 533 + 278) = 0,18.$$

– Результаты расчета представляем в табличном виде (табл. 2.4).

Таблица 2.4

**Нормированные значения приоритетов критериев
оценки работоспособности КШК**

| Номер КШК | Критерий оценки работоспособности КШК | | | | | |
|--------------|---|---------------------------------------|----------------------------|-----------------|-----------|---------------|
| | Q_M , мм/мин | K_N , мм ³ /(кВт·мин) | Q_C , мм ³ | τ , мин | K_{III} | Ra , мкм |
| | Нормированное значение приоритета $R_{ij}^{\text{отн}}$ | | | | | |
| 1 | 0,35 | 0,46 | 0,16 | 0,16 | 0,15 | 0,33 |
| 2 | 0,33 | 0,36 | 0,31 | 0,30 | 0,33 | 0,33 |
| 3 | 0,32 | 0,18 | 0,53 | 0,54 | 0,52 | 0,33 |

– С помощью экспертов разрабатываем систему сравнения критериев по их значимости:

$$Q_M > K_N, \quad Q_M > Q_C, \quad Q_M > \tau, \quad Q_M > K_{III}, \quad Q_M > Ra;$$

$$K_N < Q_C, \quad K_N < \tau, \quad K_N = K_{III}, \quad K_N < Ra;$$

$$Q_C = \tau, \quad Q_C > K_{III}, \quad Q_C = Ra;$$

$$K_{III} < Ra.$$

– Строим квадратную матрицу смежности (табл. 2.5), сравнивая критерии, записанные в левом столбце, с критериями, записанными в верхней строке, и заменяя знаки « > », « < », « = » коэффициентами

предпочтительности α_{Π} (см. зависимости (2.3), $\alpha' = 0,5$ [9]. Например, $Q_M = Q_M$, $\alpha_{\Pi} = 1$; $Q_M > K_N$, $\alpha_{\Pi} = 1,5$; $Q_M < Q_c$, $\alpha_{\Pi} = 0,5$.

Таблица 2.5

Матрица смежности для оценки значимости критериев работоспособности КШК

| Критерий оценки работоспособности КШК | Критерий оценки работоспособности КШК | | | | | | $\sum_{j=1}^M \alpha_{\Pi j}$ | Значимость критерия R_j | Нормированная величина значимости критерия $R_j^{отн}$ |
|---------------------------------------|---|-------|-------|--------|-----------|------|-------------------------------|---------------------------|--|
| | Q_M | K_N | Q_c | τ | K_{III} | Ra | | | |
| | Коэффициент предпочтительности α_{Π} | | | | | | | | |
| Q_M | 1,0 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 5,5 | 28,75 | 0,143 |
| K_N | 0,5 | 1,0 | 0,5 | 0,5 | 1,0 | 0,5 | 4,0 | 22,00 | 0,109 |
| Q_c | 1,5 | 1,5 | 1,0 | 1,0 | 1,5 | 1,0 | 7,5 | 42,75 | 0,213 |
| τ | 1,5 | 1,5 | 1,0 | 1,0 | 1,5 | 1,0 | 7,5 | 42,75 | 0,213 |
| K_{III} | 0,5 | 1,0 | 0,5 | 0,5 | 1,0 | 0,5 | 4,0 | 22,00 | 0,109 |
| Ra | 1,5 | 1,5 | 1,0 | 1,0 | 1,5 | 1,0 | 7,5 | 42,75 | 0,213 |

– Определяем для каждой строки матрицы сумму коэффициентов предпочтительности. Например, для первой строки

$$\sum_{j=1}^6 \alpha_{\Pi j} = 1,0 + 1,5 + 0,5 + 0,5 + 1,5 + 0,5 = 5,5.$$

– Определяем значимость критериев R_j , для чего каждую строку умножаем на вектор-столбец $\sum_{j=1}^6 \alpha_{\Pi j}$. Например

$$R_1 = 1,0 \times 5,5 + 1,5 \times 4 + 0,5 \times 7,5 + 0,5 \times 7,5 + 1,5 \times 4 + 0,5 \times 7,5 = 28,75.$$

Результаты расчетов заносим в табл. 2.5.

– Определяем нормируемую величину значимости каждого критерия $R_j^{\text{отн}}$ по формуле (2.4). Например,

$$R_1^{\text{отн}} = \frac{28,75}{28,75 + 22,00 + 42,75 + 42,75 + 22,00 + 42,75} = \frac{28,75}{201} = 0,143 ;$$

$$R_2^{\text{отн}} = \frac{22,00}{201} = 0,109 ; R_3^{\text{отн}} = \frac{42,75}{201} = 0,213 .$$

– Заполняем табл. 2.6, выписывая значения $P_{ji}^{\text{отн}}$ и $R_j^{\text{отн}}$ соответственно из табл. 2.4 и табл. 2.5.

– Рассчитываем для каждого КШК комплексный показатель эффективности по формуле (2.1), используя данные табл. 2.6. Например, комплексный показатель эффективности первого КШК равен

$$K_1^{\text{ком}} = 0,35 \times 0,143 + 0,46 \times 0,109 + 0,16 \times 0,213 + \\ + 0,16 \times 0,213 + 0,15 \times 0,109 + 0,33 \times 0,213 = 0,25 .$$

Таблица 2.6

Комплексные показатели работоспособности КШК

| Номер КШК | Критерий оценки работоспособности КШК | | | | | | Комплексный показатель $K_i^{\text{ком}}$ |
|---|---|-------|-------|--------|----------------|-------|---|
| | Q_M | K_N | Q_c | τ | $K_{\text{ш}}$ | Ra | |
| | Нормированная величина значимости критерия $R_j^{\text{отн}}$ | | | | | | |
| | 0,143 | 0,109 | 0,213 | 0,213 | 0,109 | 0,213 | |
| Нормированное значение приоритетов $R_j^{\text{отн}}$ | | | | | | | |
| 1 | 0,35 | 0,46 | 0,16 | 0,16 | 0,15 | 0,33 | 0,25 |
| 2 | 0,33 | 0,36 | 0,31 | 0,30 | 0,33 | 0,33 | 0,33 |
| 3 | 0,32 | 0,18 | 0,53 | 0,54 | 0,52 | 0,33 | 0,42 |

– Сравнивая комплексные показатели $K_i^{\text{КОМ}}$, рассчитанные для каждого КШК (см. табл. 2.6), можно сделать вывод о предпочтительности использования в указанных условиях КШК № 3.

Контрольные вопросы

1. Как рассчитывают комплексный показатель при оценке эффективности НТиТ по методу расстановки приоритета ?
2. Как устанавливают систему сравнения критериев по их значимости ?
3. Как определяют коэффициент предпочтительности α_{Π} ?
4. Может ли коэффициент предпочтительности α_{Π} иметь значение, равное 2 ?
5. Чему равна сумма комплексных показателей всех рассматриваемых вариантов НТиТ ?

3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НОВОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ

3.1. Общие положения

Экономическая эффективность НТиТ может быть обусловлена факторами трех категорий (рис. 3.1):

1) интенсификацией процессов обработки заготовок путем совершенствования технологии обработки, технологической оснастки, в том числе режущего инструмента, составов и техники применения смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС); это позволяет снизить штучное время обработки заготовки и (или) повысить работоспособность режущего инструмента, а следовательно, уменьшить большинство затрат по статьям технологической себестоимости детали, цеховые и общепроизводственные расходы;

2) экономией средств предприятия, связанных с уменьшением затрат на приобретение, приготовление, восстановление, утилизацию СОТС, на эксплуатацию систем их применения, а также отчислений на природопользование и некоторых других затрат, связанных с рационализацией технологий применения СОТС;

3) повышением качества обработанных деталей.

Экономический эффект от применения НТиТ может быть получен за счет источников одной категории. Однако гораздо чаще экономический эффект обусловлен одновременным действием факторов двух или трех категорий: например, повышением срока функционирования СОТС при одновременном повышении работоспособности режущего инструмента и снижении количества бракованных деталей.

Для оценки экономической эффективности НТиТ используют систему технико-экономических показателей, включающую частные показатели, например: трудоемкость ТО или ТП; производительность

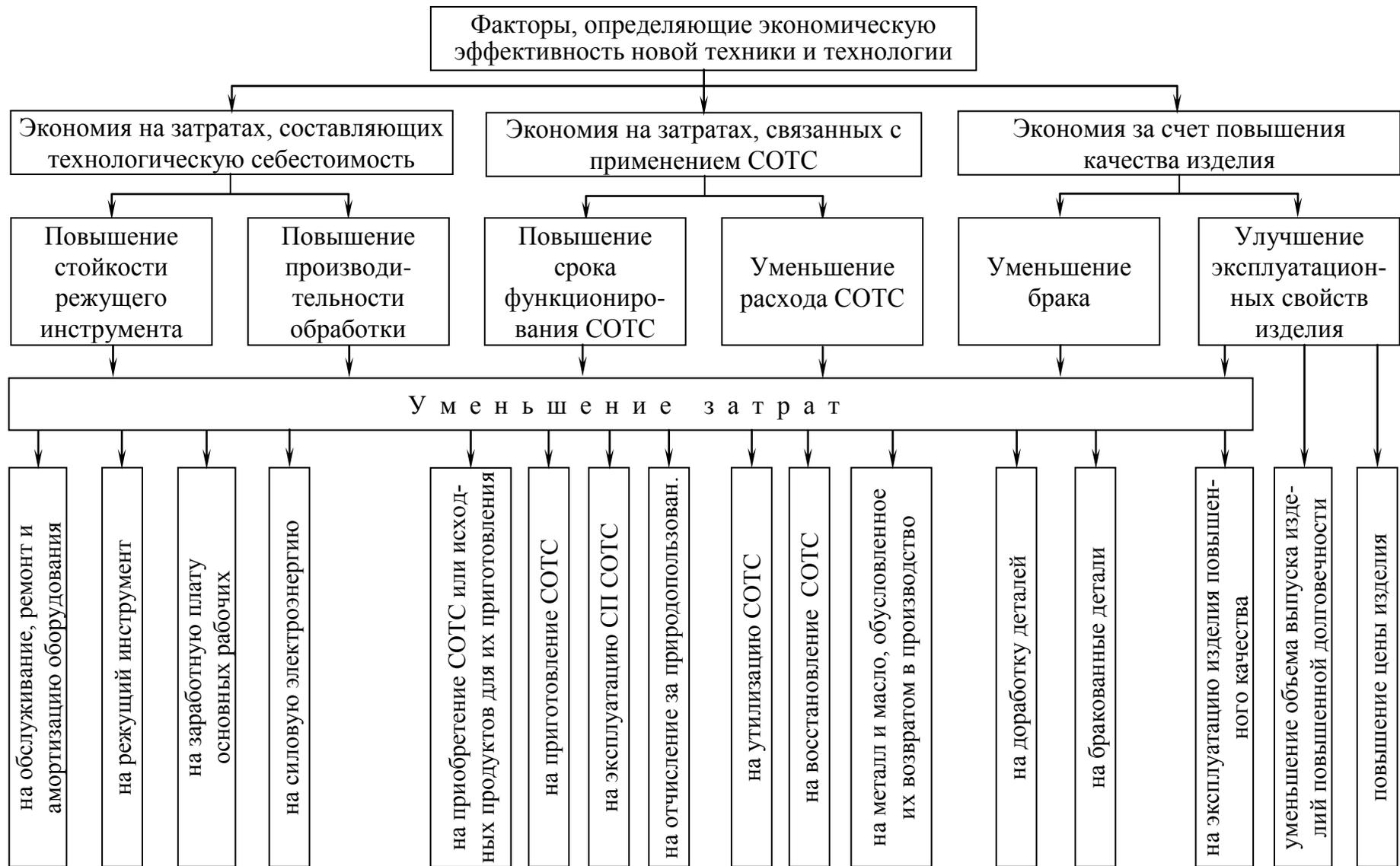


Рис. 3.1. Основные источники экономической эффективности новой техники и технологии в металлообработке

обработки или системы применения СОТС; энергоемкость ТО, материалоемкость ТП и др.; обобщающие показатели: себестоимость детали, капитальные вложения, приведенные затраты, прибыль, рентабельность и др.; результирующие показатели, отражающие изменение частных и обобщающих показателей по сравнению с базовым вариантом, – прирост объемов производства и продаж, экономия приведенных затрат, годовой экономический эффект, срок окупаемости и др.

Как правило, в качестве результирующего показателя экономической эффективности НТиТ используют годовой экономический эффект \mathcal{E}_r .

Ниже в качестве примера приведена методика расчета годового экономического эффекта, обусловленного внедрением в ТП механической обработки заготовок новых составов и техники применения СОТС.

Аналогичные зависимости могут быть использованы и при расчетах \mathcal{E}_r , обусловленных внедрением в производство других вариантов НТиТ.

3.2. Методика расчета годового экономического эффекта от внедрения новых СОТС и техники их применения

При внедрении новых составов СОТС [8]

$$\mathcal{E}_r = \left(3_1^I \cdot \frac{q^I}{q^II} - 3_1^{II} \right) \cdot Q^{II} + (И_1^I - И_1^{II}) - E_H \cdot (K_1^{II} - K_1^I) + \mathcal{E}_{э.с}; \quad (3.1)$$

при внедрении новой техники применения СОТС

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_r = & \left[3_2^I \cdot (P^I + E_H) \cdot \frac{B^{II}}{B^I} - 3_2^{II} \cdot (P^{II} + E_H) \right] \cdot A^{II} + \\ & + (И_2^I - И_2^{II}) - E_H \cdot (K_2^{II} - K_2^I) + \mathcal{E}_{э.с}; \end{aligned} \quad (3.2)$$

при одновременном внедрении новых составов и техники применения СОТС

$$\begin{aligned} \Delta_{\Gamma} = & \left(Z_1^I \cdot \frac{q^I}{q^{\text{II}}} - Z_1^{\text{II}} \right) \cdot Q^{\text{II}} + \left[Z_2^I \cdot (P^I + E_{\text{H}}) \cdot \frac{B^{\text{II}}}{B^I} - Z_2^{\text{II}} \cdot (P^{\text{II}} + E_{\text{H}}) \right] \cdot A^{\text{II}} + \\ & + (I_3^I - I_3^{\text{II}}) - E_{\text{H}} \cdot (K_3^{\text{II}} - K_3^I) + \Delta_{\text{э.с}}, \end{aligned} \quad (3.3)$$

где Z_1 – стоимость 1 т СОТС или исходных продуктов для приготовления 1 т СОТС*, руб./т; Z_2 – стоимость или приведенные затраты на изготовление единицы техники применения СОТС, руб./шт.; q – удельный расход СОТС на одну заготовку, т/шт.; Q – годовой расход СОТС, т/год; I_1, I_2, I_3 – годовые эксплуатационные издержки потребителя соответственно СОТС, техники его применения, одновременно того и другого в расчете на годовой объем деталей, изготавливаемых с их помощью, руб./год (без учета затрат на реновацию новой техники; при использовании нового СОТС – без учета затрат на приобретение СОТС или исходных продуктов для его приготовления); K_1, K_2, K_3 – сопутствующие капитальные вложения потребителя соответственно СОТС, техники его применения, одновременно того и другого в расчете на объем деталей, изготавливаемых с их помощью, руб. (при внедрении новой техники – без учета затрат на приобретение (изготовление) этой техники); E_{H} – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений; A^{II} – количество единиц новой техники, шт.; B – годовой объем деталей, изготавливаемых при использовании единицы техники, шт./год; P – норма амортизационных

* Для газообразного СОТС все затраты относят к 1 м³ СОТС (руб./м³), а расход СОТС измеряют в м³/шт.

отчислений от балансовой стоимости техники применения СОТС на полное восстановление (реновацию); $\mathcal{E}_{э.с}$ – годовой экономический эффект, полученный в смежной сфере за счет улучшения эксплуатационных свойств деталей, руб./год; индексы « I » « II » относятся к значениям параметров в сравниваемых вариантах (в качестве сравниваемых вариантов могут рассматриваться действующий на предприятии и проектный, либо два проектных варианта).

Экономический эффект \mathcal{E}_r рассчитывают на основании данных о технологических и сопутствующих эксплуатационных свойствах СОТС, определенных в конкретных условиях предприятия-потребителя СОТС или техники их применения при обработке заготовок деталей-представителей, которые по своим основным геометрическим и технологическим параметрам составляют не менее (70 ... 80)% общего объема деталей, изготавливаемых на данном оборудовании.

Годовые эксплуатационные издержки I_1, I_2, I_3 представляют собой сумму затрат, связанных с обработкой заготовок (технологическую себестоимость обработки заготовок), приобретением и приготовлением СОТС, эксплуатацией техники применения СОТС, получением бракованных деталей и их доработкой и др., а также косвенные затраты, например, цеховые и общезаводские расходы. На практике при внедрении новых СОТС и техники их применения цеховые и общезаводские расходы, определяемые пропорционально сумме затрат на основную заработную плату производственных рабочих и на содержание и эксплуатацию оборудования, могут не измениться, а иногда и увеличиться, несмотря на снижение рассмотренных прямых затрат. В этом случае цеховые и общезаводские расходы устанавливают по смете затрат с отнесением их доли на соответствующие детали [2].

Затраты, определяющие годовые эксплуатационные издержки предприятия-потребителя СОТС и техники их применения можно рассчитать по зависимостям, приведенным ниже.

Зависимости для расчета эксплуатационных затрат предприятия-потребителя СОТС и техники их применения [1, 8].

Годовые затраты на СОТС, руб./год,

$$C_{\text{СОТС}} = (\Pi_{\text{ис}} \cdot q_{\text{ис}} + \Pi_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{в}}) \cdot Q \cdot k_{\text{ис}}, \quad (3.4)$$

где $\Pi_{\text{ис}}$ – стоимость исходного продукта для приготовления СОТС, руб./т; $q_{\text{ис}}$ – удельный расход исходного продукта, т, на 1 т СОТС; $\Pi_{\text{в}}$ – стоимость воды, руб./м³; $\rho_{\text{в}}$ – удельный расход воды на 1 т СОТС, м³/т; Q – годовой расход СОТС, т/год; $k_{\text{ис}}$ – коэффициент, учитывающий затраты на хранение, транспортирование исходного продукта, приготовление СОТС, заработную плату рабочих.

Годовые затраты на эксплуатацию техники применения СОТС (если она не встроена в металлорежущее оборудование), руб./год,

$$C_{\text{тп}} = C_{\text{з.тп}} + C_{\text{а.тп}} + C_{\text{р.тп}} + C_{\text{э.тп}} + C_{\text{п.тп}} + C_{\text{р.м.тп}}, \quad (3.5)$$

где $C_{\text{з.тп}}$, $C_{\text{а.тп}}$, $C_{\text{р.тп}}$, $C_{\text{э.тп}}$, $C_{\text{п.тп}}$, $C_{\text{р.м.тп}}$ – годовые затраты соответственно на заработную плату рабочих, обслуживающих технику, амортизационные отчисления на полное восстановление затрат по доставке и монтажу техники, ремонт и техническое обслуживание техники, электроэнергию, амортизацию и содержание производственных площадей, занимаемых техникой, расходные материалы (фильтроматериалы, газ, пар и т. п.), руб./год;

$$C_{\text{з.тп}} = \Pi_{\text{ч.с}} \cdot Z_{\text{вр}} \cdot N_{\text{р}} \cdot k_{\text{доп}} \cdot k_{\text{пр}} \cdot k_{\text{нач}}, \quad (3.6)$$

где $\Pi_{\text{ч.с}}$ – средняя часовая тарифная ставка рабочих, руб./ч; $Z_{\text{вр}}$ – годовые затраты времени одного рабочего на обслуживание техники, ч/год; N_p – число рабочих; $k_{\text{доп}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату; $k_{\text{пр}}$ – коэффициент, учитывающий премии; $k_{\text{нач}}$ – коэффициент, учитывающий отчисления от заработной платы в единый социальный налог;

$$C_{\text{а.тп}} = Z_y \cdot N_{\text{а.у}} / 100, \quad (3.7)$$

Z_y – затраты на доставку и установку техники, руб./год; $N_{\text{а.у}}$ – норма годовых амортизационных отчислений на восстановление этих затрат, %;

$$C_{\text{р.тп}} = C_{\text{м.ч}} \cdot R_{\text{м.ч}} + C_{\text{э.ч}} \cdot R_{\text{э.ч}}, \quad (3.8)$$

$C_{\text{м.ч}}$, $C_{\text{э.ч}}$ – годовые затраты на все виды ремонтов и техническое обслуживание единицы ремонтной сложности соответственно механической и электрической части техники применения СОТС, руб./год; $R_{\text{м.ч}}$, $R_{\text{э.ч}}$ – группа ремонтной сложности соответственно механической и электрической части техники;

$$C_{\text{э.тп}} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot \Phi_{\text{дi}} \cdot k_{\text{врi}} \cdot k_{\text{Ni}} \cdot k_{\text{пи}} \cdot \Pi_{\text{эли}} / \eta_i, \quad (3.9)$$

n – число электродвигателей; N_i – установленная мощность электродвигателей, кВт; $\Phi_{\text{дi}}$ – годовой фонд времени работы техники, ч/год; $k_{\text{врi}}$, k_{Ni} – коэффициент использования электродвигателей соответственно по времени и по мощности; $k_{\text{пи}}$ – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сетях; $\Pi_{\text{эли}}$ – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб./ (кВт·ч); η_i – КПД электродвигателей;

$$C_{\text{п.тп}} = C_0 \cdot S_{\text{тп}} \cdot k_{\text{п.п}}, \quad (3.10)$$

C_0 – годовые затраты на содержание 1 м² производственной площади, руб./ (м²·год); $S_{\text{тп}}$ – площадь, занимаемая техникой, м²; $k_{\text{п.п}}$ – коэффициент, учитывающий проходы и проезды;

$$C_{\text{р.м.тп}} = \sum_{i=1}^{n_{\text{р.м}}} Q_{\text{р.ми}} \cdot Ц_{\text{р.ми}}, \quad (3.11)$$

$Q_{\text{р.ми}}$ – годовое потребление расходного материала i -го наименования, условные единицы/год; $Ц_{\text{р.ми}}$ – стоимость условной единицы i -го наименования расходного материала, руб./условная единица; $n_{\text{р.м}}$ – число наименований расходного материала. (Условной единицей в зависимости от вида расходного материала является м², м³, Дж и др.).

Годовые затраты на утилизацию СОТС, руб./год,

$$C_y = Ц_y \cdot V_y, \quad (3.12)$$

где $Ц_y$ – затраты на утилизацию 1 м³ отработанного СОТС, руб./м³;

V_y – годовой объем утилизируемого СОТС, м³/год.

Годовые затраты на восстановление СОТС, руб./год,

$$C_{\text{вс}} = Ц_{\text{вс}} \cdot V_{\text{вс}}, \quad (3.13)$$

где $Ц_{\text{вс}}$ – затраты на восстановление 1 м³ отработанного СОТС, руб./м³; $V_{\text{вс}}$ – годовой объем восстанавливаемого СОТС, м³/год.

Годовые затраты, связанные с возвратом отработанных масел, руб./год,

$$C_M = V_M \cdot (Ц_M - c_M), \quad (3.14)$$

где V_M – годовой объем регенерируемого минерального масла, м³/год;
 Π_M – стоимость отработанного масла, руб./м³; c_M – себестоимость
 регенерации минерального масла, руб./м³.

Годовые затраты, связанные с возвратом металла, извлеченного
 из шлама, руб./год,

$$C_{MT} = M_{MT} \cdot (\Pi_{MT} - c_{MT}), \quad (3.15)$$

где M_{MT} – годовой объем металла, извлекаемого из шлама и перера-
 батываемого в брикеты, т/год; Π_{MT} – стоимость извлеченного метал-
 ла, руб./т; c_{MT} – себестоимость извлечения металла из шлама и пере-
 работки его в брикеты, руб./т.

Годовая плата за сбросы отработанного СОТС в природные во-
 доемы, руб./год:

в пределах допустимых концентраций (ПДК)

$$C_{сб} = k_{э1} \cdot \sum_{i=1}^m H_{1i} \cdot M_{1i}; \quad (3.16)$$

при превышении ПДК

$$C_{сб} = k_{э1} \cdot \sum_{i=1}^m L_{1i} \cdot (M_{1i} - M_{лi}), \quad (3.17)$$

где $k_{э1}$ – коэффициент экологической ситуации и экологической зна-
 чимости водного объекта в регионе; m – число различных загрязняю-
 щих веществ в стоках; H_{1i} – базовый норматив платы за сбросы
 1 т i -го загрязняющего вещества, руб./т; M_{1i} – фактический сброс
 i -го загрязняющего вещества, т/год; L_{1i} – норматив платы за сбросы
 1 т i -го загрязняющего вещества при превышении ПДК, руб./т;

$M_{ли}$ – лимит сброса i -го загрязняющего вещества, т/год (здесь и далее норматив с учетом коэффициента инфляции).

Годовая плата за размещение отходов (шлама, отработанного масла) СОТС в недрах в пределах нормативов, руб./год,

$$C_{p.o} = k_{э2} \cdot \sum_{i=1}^m N_{2i} \cdot M_{2i}, \quad (3.18)$$

при превышении ПДК

$$C_{p.o} = k_{э2} \cdot \sum_{i=1}^m Л_{2i} \cdot (M_{2i} - M_{ли}), \quad (3.19)$$

где $k_{э2}$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости почв в регионе; m – число различных загрязняющих отходов; N_{2i} – базовый норматив платы за размещение 1 т отходов (в зависимости от класса токсичности), руб./т; M_{2i} – фактическое количество размещаемых отходов, т/год; $Л_{2i}$ – норматив платы за размещение 1 т i -го загрязняющего вещества при превышении ПДК, руб./т; $M_{ли}$ – лимит размещения i -го загрязняющего вещества, т/год.

Годовая плата за выбросы загрязняющих веществ из техники применения СОТС в атмосферу, руб./год:

в пределах допустимых нормативов

$$C_{вб} = k_{э3} \cdot \sum_{i=1}^m N_{3i} \cdot M_{3i}; \quad (3.20)$$

при превышении допустимых нормативов

$$C_{вб} = k_{э3} \cdot \sum_{i=1}^m Л_{3i} \cdot (M_{3i} - M_{ли}), \quad (3.21)$$

где $k_{э3}$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости атмосферы в регионе; m – число различных загрязняющих

веществ в выбросах; N_{3i} – базовый норматив за выброс 1 т i -го загрязняющего вещества, руб./т; M_{3i} – фактический выброс, т/год; L_{3i} – норматив платы за выброс 1 т i -го загрязняющего вещества при превышении ПДК, руб./т; $M_{ли}$ – лимит выброса, т/год.

Годовые затраты, связанные с доработкой бракованных деталей, руб./год,

$$C_{д.бр} = N_{д.бр} \cdot c_{д.бр}, \quad (3.22)$$

где $N_{д.бр}$ – годовое количество отбракованных деталей, параметры качества которых исправляют путем доработки (группа деталей – брак исправимый); $c_{д.бр}$ – себестоимость доработки детали, руб./шт.

Годовые затраты, связанные с наличием деталей, относящихся к неисправимому браку, руб./год,

$$C_{бр} = N_{бр} \cdot (c_{дет} - Ц_{бр}), \quad (3.23)$$

где $N_{бр}$ – годовое количество деталей, относящихся к неисправимому браку, шт./год; $c_{дет}$ – себестоимость детали после рассматриваемой операции, руб./шт.; $Ц_{бр}$ – цена лома бракованных деталей, руб./шт.

Зависимости для расчета экономии эксплуатационных затрат предприятия-потребителя СОТС и техники их применения [1, 2, 8].

Годовой экономический эффект, получаемый за счет увеличения стойкости режущего инструмента, руб./год,

$$\Theta_{и} = \sum_{i=1}^{N_{ст}} 3_{и} \cdot \frac{B^{\text{II}}}{B^{\text{I}}} \cdot \left(1 + k_{э}^{\text{I}} - \frac{1 + k_{э}^{\text{II}}}{k_{и}} \right), \quad (3.24)$$

где $N_{\text{ст}}$ – число станков, использующих СОТС или (и) технику его применения, шт.; $Z_{\text{и}}$ – годовые затраты на приобретение или изготовление инструмента, приходящиеся на один станок при работе с СОТС по первому варианту, руб./год; $k_{\text{э}}$ – коэффициент эксплуатационных расходов на РИ; $k_{\text{и}}$ – коэффициент изменения расхода РИ;

$$k_{\text{э}} = (C_{\text{пер}} \cdot n_{\text{пер}} - Ц_{\text{л}}) / Ц_{\text{и}}, \quad (3.25)$$

где $C_{\text{пер}}$ – стоимость одной переточки (правки) режущего инструмента, руб.; $n_{\text{пер}}$ – среднее число переточек (правок), выдерживаемых инструментом до полного износа; $Ц_{\text{л}}$ – стоимость лома инструмента, руб./шт.; $Ц_{\text{и}}$ – стоимость инструмента, руб./шт.;

$$k_{\text{и}} = \frac{n_{\text{пер}}^{\text{II}} + 1}{n_{\text{пер}}^{\text{I}} + 1} \cdot k_{\tau}, \quad (3.26)$$

k_{τ} – коэффициент увеличения периода стойкости режущего инструмента при работе с новым СОТС или техникой его применения;

$$k_{\tau} = \tau^{\text{II}} / \tau^{\text{I}}, \quad (3.27)$$

τ – стойкость инструмента, определяемая количеством обработанных деталей до его полного износа (в условиях автоматизированного производства учитывают не среднюю, а гарантированную стойкость), шт./год. Если применение нового СОТС не влияет на износ инструмента (т. е. количество переточек по новому $n_{\text{пер}}^{\text{II}}$ и базовому $n_{\text{пер}}^{\text{I}}$ вариантам одинаковое), то $k_{\text{и}} = k_{\tau}$.

Годовой экономический эффект, получаемый за счет уменьшения времени обработки заготовки (повышения производительности обработки), руб./год,

$$\mathcal{E}_{\text{II}} = \sum_1^{N_{\text{CT}}} C_{\text{CT}} \cdot (T_{\text{шт}}^{\text{I}} - T_{\text{шт}}^{\text{II}}) \cdot B^{\text{II}}, \quad (3.28)$$

где C_{CT} – себестоимость 1 ч работы металлорежущего оборудования (станка) за вычетом затрат на силовую электроэнергию, режущий инструмент и СОТС, руб./ч; $T_{\text{шт}}$ – штучное время операции, ч;

$$\Delta T_{\text{шт}} = T_{\text{шт}}^{\text{I}} - T_{\text{шт}}^{\text{II}} = (T_{\text{M}}^{\text{I}} - T_{\text{M}}^{\text{II}}) + (T_{\text{и}}^{\text{I}} - T_{\text{и}}^{\text{II}}) + (T_{\text{о.с}}^{\text{I}} - T_{\text{о.с}}^{\text{II}}), \quad (3.29)$$

T_{M} – машинное время операции, ч; $T_{\text{и}}$, $T_{\text{о.с}}$ – время на замену соответственно затупившегося инструмента и отработанного СОТС (при использовании индивидуальных систем применения), отнесенное к одной операции, ч;

$$T_{\text{M}}^{\text{II}} = T_{\text{M}}^{\text{I}} / k_{\text{p}}; \quad (3.30)$$

k_{p} – коэффициент интенсификации режима резания, обусловленной внедрением нового СОТС или техники его применения;

$$k_{\text{p}} = k_{\text{v}} \cdot k_{\text{s}} \cdot k_{\text{t}}; \quad (3.31)$$

$$k_{\text{v}} = v^{\text{II}} / v^{\text{I}}; \quad k_{\text{s}} = s^{\text{II}} / s^{\text{I}}; \quad k_{\text{t}} = t^{\text{II}} / t^{\text{I}}; \quad (3.32)$$

v – скорость резания, м/мин; s – скорость подачи, мм/мин, мм/об, мм/зуб; t – глубина резания, мм;

$$T_{\text{и}}^{\text{II}} = T_{\text{и}}^{\text{I}} / k_{\text{т}}; \quad (3.33)$$

$$T_{\text{о.с}}^{\text{II}} = n_{\text{з}} \cdot T_{\text{с}} / B; \quad (3.34)$$

$n_{\text{з}}$ – число замен СОТС в год; $T_{\text{с}}$ – время на замену СОТС, ч;

$$n_{\text{з}} = 12 / \tau_{\text{с}} \quad (3.35)$$

или

$$n_{\text{з}} = \Phi_{\text{д.о}} / \tau_{\text{с}}, \quad (3.36)$$

где τ_c – технологическая стойкость СОТС, (мес.) – в зависимости (3.35) и (ч) – в зависимости (3.36).

При укрупненных расчетах

$$\Theta_{\Pi} = \sum_1^{N_{\text{ст}}} \frac{C_{\text{ст}} \cdot \Phi_{\text{д.о}} \cdot k_3 \cdot B_{\text{T}}}{100}, \quad (3.37)$$

где $\Phi_{\text{д.о}}$ – действительный годовой фонд времени работы станка при двухсменном режиме, ч; k_3 – коэффициент загрузки станка; B_{T} – процент повышения производительности работы станка;

$$B_{\text{T}} = \frac{T_{\text{шт}}^{\text{I}} - T_{\text{шт}}^{\text{II}}}{T_{\text{шт}}^{\text{II}}} \cdot 100 \quad (3.38)$$

или

$$B_{\text{T}} = \frac{B^{\text{II}} - B^{\text{I}}}{B^{\text{II}}} \cdot 100\% . \quad (3.39)$$

Годовой экономический эффект, получаемый за счет снижения затрат на силовую электроэнергию, руб./год,

$$\Theta_{\text{с.э}} = \sum_1^{N_{\text{ст}}} \Pi_{\text{эл}} \cdot (N^{\text{I}} \cdot T_{\text{м}}^{\text{I}} - N^{\text{II}} \cdot T_{\text{м}}^{\text{II}}) \cdot B^{\text{II}}, \quad (3.40)$$

где N – мощность резания, кВт.

Разность годовых эксплуатационных издержек предприятия по сравниваемым вариантам

$$И^{\text{I}} - И^{\text{II}} = \Theta_{\text{и}} + \Theta_{\Pi} + \Theta_{\text{с.э}} + \Theta_{\text{сотс}} + \Theta_{\text{тп}} + \Theta_{\text{бр}} + \Theta_{\text{э}} + \Theta_{\text{др}}, \quad (3.41)$$

где $\Theta_{\text{сотс}}$, $\Theta_{\text{тп}}$, $\Theta_{\text{бр}}$ – годовая экономия средств предприятия соответственно за счет уменьшения затрат на СОТС, эксплуатацию техники его применения, доработку и отбраковку деталей, являющихся исправным и неисправным браком, руб./год; например,

$\mathcal{E}_{\text{бр}} = C_{\text{д.б}}^{\text{I}} + C_{\text{бр}}^{\text{I}} - C_{\text{д.б}}^{\text{II}} - C_{\text{бр}}^{\text{II}}$; $\mathcal{E}_{\text{э}}$ – годовая экономия средств предприятия, обусловленная лучшими сопутствующими эксплуатационными свойствами новых СОТС, руб./год (например, антикоррозионными, что исключает необходимость дополнительных затрат на консервацию изделий); $\mathcal{E}_{\text{др}}$ – годовая экономия за счет других источников, руб./год.

В условиях серийного производства

$$(\text{I}^{\text{I}} - \text{I}^{\text{II}}) = (\text{I}^{\text{I}} - \text{I}^{\text{II}})_{\text{пр}} \cdot \Phi_{\text{д.о}} \cdot k_3 / T_{\text{пр}}, \quad (3.42)$$

где $(\text{I}^{\text{I}} - \text{I}^{\text{II}})_{\text{пр}}$ – разность годовых эксплуатационных издержек предприятия на изготовление деталей определенного наименования, руб./год; определяется по зависимостям, аналогичным (3.4) – (3.40); $T_{\text{пр}}$ – время, необходимое для изготовления деталей определенного наименования, ч.

Внедрение новых СОТС или (и) техники их применения в цехах, на участках, технологических линиях, как правило, состоящих из станков различного назначения, не всегда эффективно на всех операциях (позициях, переходах). В этом случае принимают [10]

$$(\text{I}^{\text{I}} - \text{I}^{\text{II}}) = (\text{I}^{\text{I}} - \text{I}^{\text{II}})_{\text{св}} = k_{\text{тех}} \cdot \sum (\text{I}^{\text{I}} - \text{I}^{\text{II}})_i \cdot k_i, \quad (3.43)$$

где $(\text{I}^{\text{I}} - \text{I}^{\text{II}})_{\text{св}}$ – годовая средневзвешенная экономия средств предприятия, руб./год; $(\text{I}^{\text{I}} - \text{I}^{\text{II}})_i$ – годовая экономия средств предприятия в i -х условиях обработки (тип производства, материал заготовки, условия резания и др.), руб./год; $k_i = Q_i / Q$; Q_i – годовой объем СОТС, расходуемого в данных условиях обработки, т/год;

$k_{\text{тех}} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{\sum_{i=1}^k Q_i}$; n – число операций, давших экономический

эффект от применения нового СОТС или техники его применения; k – общее число операций, выполняемых с применением данного СОТС.

К дополнительным сопутствующим капитальным вложениям (разности $(K^{\text{II}} - K^{\text{I}})$) в зависимостях (3.1) – (3.3) относят:

- стоимость строительства или реконструкции зданий и сооружений, необходимых для хранения новых СОТС, установки новой техники;
- затраты по доставке и установке новой техники;
- затраты, связанные с работами по внедрению новых СОТС и освоением новой техники;
- оборотные средства, связанные с СОТС и находящиеся в незавершенном производстве.

Для оценки экономической эффективности применения СОТС используют и относительные показатели: частные, обобщающие и результирующие. Для оценки эффективности функционирования основных подсистем системы применения СОТС можно воспользоваться относительными критериями, например:

$$K_{\text{уд1}} = K_{\text{пс}} / K_{\text{сп}}; \quad K_{\text{уд2}} = K_{\text{пс}} / Q_{\text{сп}};$$
$$И_{\text{уд1}} = И_{\text{пс}} / И_{\text{сп}}; \quad И_{\text{уд2}} = И_{\text{пс}} / Q_{\text{сп}} \text{ и др.},$$

где $K_{\text{уд1}}$, $K_{\text{уд2}}$ – удельные капитальные затраты, руб.·ч/м³; $И_{\text{уд1}}$, $И_{\text{уд2}}$ – удельные эксплуатационные издержки, руб.·ч/м³; $K_{\text{пс}}$, $K_{\text{сп}}$ – капитальные затраты соответственно на подсистему и всю систему применения СОТС, руб.; $И_{\text{пс}}$, $И_{\text{сп}}$ – эксплуатационные издержки на подсистему и всю систему применения СОТС, руб.; $Q_{\text{сп}}$ – производительность системы, м³/ч.

В качестве обобщающего относительного показателя эффективности применения СОТС может служить уровень рентабельности, %, рассчитываемый как отношение экономии эксплуатационных затрат к среднегодовой стоимости техники применения СОТС и нормируемых оборотных средств. Часто в качестве результирующего относительного показателя эффективности используют срок окупаемости капитальных вложений

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{(c^I - c^{\text{II}}) \cdot B^{\text{II}}}, \quad (3.44)$$

где c – себестоимость единицы продукции, руб.; K – авансированные капитальные вложения, руб.

Годовой экономический эффект от внедрения новых СОТС и техники их применения определяют по зависимостям (3.1) – (3.3) в следующих случаях:

- при наличии базового варианта применения СОТС, позволяющего выполнить сравнительный анализ стоимостных оценок затрат и результатов внедрения по вариантам;
- при стабильных технико-экономических показателях производства (объеме производства, показателях качества, затратах и результатах).

В противном случае суммарный за все годы расчетного периода T экономический эффект (чистый дисконтированный доход) определяют по зависимости [2]

$$\mathcal{E}_T = \sum_{t=1}^{N_T} \frac{(R_t - Z_t)}{(1 + E)^t}, \quad (3.45)$$

где R_t – стоимостная оценка результатов, достигаемых в t -м расчетном году, руб./год; Z_t – стоимостная оценка затрат, осуществляемых в t -м расчетном году, руб./год; N_T – число лет в расчетном периоде T (от начала финансирования НИОКР по применению СОТС до ликви-

дации внедрения); E – норма дисконта, равная приемлемой для предприятия норме дохода на капитал.

Экономический эффект, достигаемый в t -м расчетном году,

$$\mathcal{E}_t = (R_t - Z_t). \quad (3.46)$$

Еще одним показателем экономической эффективности применения СОТС в этом случае является индекс доходности, представляющий собой суммарный экономический эффект, приходящийся на 1 руб. авансированных капитальных вложений:

$$\text{ИД} = \frac{\mathcal{E}_T}{K_T} = \frac{1}{K_T} \cdot \sum_{t=1}^{N_T} \frac{(R_t - Z_t)}{(1 + E)^t}, \quad (3.47)$$

где K_T – сумма авансированных капитальных вложений;

$$K_t = \sum_{t=1}^{N_T} \frac{K_t}{(1 + E)^t}, \quad (3.48)$$

где K_t – капитальные вложения в t -м шаге расчетного периода, руб.

Контрольные вопросы

1. Назовите факторы, обуславливающие экономическую эффективность НТиГ.
2. Приведите примеры частных, обобщающих и результирующих показателей экономической эффективности НТиГ.
3. Назовите затраты, представляющие годовые эксплуатационные издержки предприятия-потребителя СОТС и техники его применения.
4. Какие затраты относят к дополнительным капитальным вложениям ?
5. Назовите единицу измерения индекса доходности.
6. В каких случаях рассчитывают чистый дисконтированный доход ?

4. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК

4.1. Общие положения

Экономический анализ ТП механической обработки выполняют путем сопоставления тех или иных затрат в анализируемом действующем и (или) в сравниваемых проектных вариантах.

Экономический анализ двух или нескольких сравниваемых вариантов ТП механической обработки заготовок позволяет выбрать вариант, удовлетворяющий требованию минимальных затрат на обработку детали при обеспечении заданных характеристик качества последней.

Годовой экономический эффект от применения НТиТ на операции технологической линии определяют как разность приведенных затрат сравниваемых (I и II) вариантов:

$$\mathcal{E}_T = Z^I - Z^{II} = (C^I - C^{II}) \cdot A_T - E_H \cdot (K^I - K^{II}), \quad (4.1)$$

где C^I, C^{II} – себестоимость выполнения операции по сравниваемым вариантам, руб.; K^I, K^{II} – капитальные затраты на операцию в сравниваемых вариантах, руб.; A_T – годовое количество заготовок, обрабатываемых на операции; E_H – нормативный коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений.

В свою очередь себестоимость выполнения операции можно представить в виде двух составляющих

$$C^{I,II} = C_T^{I,II} + C_{бр}^{I,II}, \quad (4.2)$$

где $C_T^{I,II}$ – себестоимость обработки заготовки на операции (технологическая себестоимость), определяющая затраты, связанные непо-

средственно с обработкой, например, затраты на заработную плату оператора, инструмент, оборудование и т. д.), руб.; $C_{\text{бр}}^{\text{I,II}}$ – составляющая себестоимости, определяющая затраты, связанные с допущением брака на операции.

Тогда

$$\mathcal{E}_{\Gamma} = \left[(C_{\Gamma}^{\text{I}} - C_{\Gamma}^{\text{II}}) + (C_{\text{бр}}^{\text{I}} - C_{\text{бр}}^{\text{II}}) \right] \cdot A_{\Gamma} - E_{\text{н}} \cdot (K^{\text{I}} - K^{\text{II}})$$

или

$$\mathcal{E}_{\Gamma} = (\Delta C_{\Gamma} + \Delta C_{\text{бр}}) \cdot A_{\Gamma} - E_{\text{н}} \cdot \Delta K. \quad (4.3)$$

4.2. Методика расчета величины экономического эффекта за счет снижения технологической себестоимости механической обработки заготовок

Согласно методике расчетов экономической эффективности [3, 7]

$$C_{\Gamma} = C_{\text{з}} + C_{\text{об}} + C_{\text{осн}} + C_{\text{п}} + C_{\text{пр}}, \quad (4.4)$$

где $C_{\text{з}}$ – затраты на заработную плату, руб.; $C_{\text{об}}$ – затраты на содержание и эксплуатацию оборудования, руб.; $C_{\text{осн}}$ – затраты на эксплуатацию приспособлений, инструментов и прочей технологической оснастки, руб.; $C_{\text{п}}$ – затраты на содержание зданий и сооружений, руб.; $C_{\text{пр}}$ – прочие затраты на хозяйственный инвентарь, сантехнику и другие, относящиеся к данному изделию (детали), руб.

$$C_{\text{з}} = C_{\text{з.о}} + C_{\text{з.в}} + C_{\text{з.н}} = C_{\text{з.о}} \cdot (1 + k_{\text{в.р}} \cdot 100), \quad (4.5)$$

где $C_{з.о}, C_{з.в}, C_{з.н}$ – соответственно затраты на заработную плату основных, вспомогательных рабочих, наладчиков, руб.; $k_{в.р}$ – процент заработной платы вспомогательных рабочих и наладчиков от заработной платы основных рабочих.

$$C_{з.о} = \Pi_{ч.с} \cdot k_{доп} \cdot k_{пр} \cdot k_{нач}, \quad (4.6)$$

где $\Pi_{ч.с}$ – часовая тарифная ставка рабочего, руб.; $k_{доп}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату; $k_{пр}$ – коэффициент, учитывающий премии; $k_{нач}$ – коэффициент, учитывающий отчисления от заработной платы в единый социальный налог.

$T_{шт}$ – штучное время на выполнение операции, мин.

Затраты на оборудование в расчете на один час его работ

$$C_{об} = C_{э.с} + C_{э.т} + C_{э.н} + C_{в.м} + C_a + C_{р.о}, \quad (4.7)$$

где $C_{э.с}, C_{э.т}, C_{э.н}, C_{в.м}, C_a, C_{р.о}$ – соответственно затраты на силовую электроэнергию, технологическую электроэнергию, энергоносители, вспомогательные материалы, амортизацию и ремонт оборудования, руб./ч

$$C_{э.с} = \sum_{i=1}^n \frac{N_i \cdot k_{врi} \cdot k_{Ni} \cdot k_{\Pi i} \cdot \Pi_{эл}}{\eta_i} \cdot T_M, \quad (4.8)$$

где N_i – установленная мощность электродвигателей, кВт; $k_{врi}, k_{Ni}$ – соответственно коэффициенты использования электродвигателя по времени и мощности; $k_{\Pi i}$ – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сетях; $\Pi_{эл}$ – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб.; T_M – машинное время операции, мин; η_i – коэффициент полезного действия электродвигателей.

$$C_{\text{э.т}} = \frac{N_{\text{п}} \cdot k_{\text{в.п}} \cdot k_{N_{\text{п}}} \cdot k_{\text{п}} \cdot k_{\text{од}} \cdot \Pi_{\text{эл}}}{\eta} \cdot T_{\text{м}}, \quad (4.9)$$

где $N_{\text{п}}$ – установленная мощность электропечи, кВт; $k_{\text{в.п}}, k_{N_{\text{п}}}$ – соответственно коэффициенты использования печи по времени и мощности; $k_{\text{од}}$ – коэффициент одновременности работы энергопотребителей печи.

$$C_{\text{э.н}} = \sum_{i=1}^{n_1} Q_{\text{э.н}i} \cdot \Pi_{\text{э.н}} \cdot T_{\text{м}}, \quad (4.10)$$

где n_1 – количество видов энергоносителей (пар, сжатый воздух, вода и т. п.); $Q_{\text{э.н}}$ – расход энергоносителя, м³/ч; $\Pi_{\text{э.н}}$ – стоимость 1 м³ энергоносителя, руб.

$$C_{\text{в.м}} = \sum_{i=1}^{n_2} Q_{\text{в.м}i} \cdot \Pi_{\text{в.м}} \cdot T_{\text{м}}, \quad (4.11)$$

где n_2 – количество видов вспомогательных материалов (обтирочные материалы, смазка, СОЖ, флюс, защитный газ и т. п.); $Q_{\text{в.м}}$ – расход вспомогательного материала, м³/ч или кг/ч; $\Pi_{\text{в.м}}$ – стоимость вспомогательного материала, руб./м³ или руб./кг.

$$C_{\text{а}} = \frac{K_{\text{о}} \cdot k_{\text{вр}} \cdot \alpha_{\text{а}} \cdot \text{О}}{100 A_{\Gamma}}, \quad (4.12)$$

где $K_{\text{о}}$ – балансовая стоимость единицы оборудования, руб.; $\alpha_{\text{а}}$ – процент амортизационных отчислений, %; О – количество технологического оборудования на операции, шт.; $k_{\text{вр}}$ – коэффициент использования оборудования по времени.

$$C_{\text{р.о}} = \frac{C_{\text{м.ч}} \cdot R_{\text{м.ч}} \cdot k_{\text{э.ч}} \cdot \text{О}}{T_{\text{р.ц}} \cdot k_{\text{р.ц}} \cdot A_{\Gamma}}, \quad (4.13)$$

где $R_{м.ч}$ – группа ремонтной сложности механической части оборудования; $C_{м.ч}$ – затраты на планово-предупредительный ремонт механической части оборудования за ремонтный цикл, руб.; $k_{э.ч}$ – коэффициент, учитывающий ремонт электрической части оборудования; $T_{р.ц}$ – длительность ремонтного цикла механической части оборудования, ч; $k_{р.ц}$ – коэффициент влияния типа производства, размера оборудования на $T_{р.ц}$.

$$C_{осн} = C_{и.р} + C_{и.м} + C_{пр}; \quad (4.14)$$

где $C_{и.р}$, $C_{и.м}$, $C_{пр}$ – соответственно затраты на режущий инструмент, мерительный инструмент, приспособление, руб.

$$C_{и.р} = \frac{((C_{и} - Ц_{и}) + n_{пер} \cdot C_{пер} + n_{вос} \cdot C_{вос}) \cdot k_{уб} \cdot k_a}{\tau \cdot (n_{пер} + 1) \cdot k_{вос} \cdot \varphi_{пер}} \cdot T_M, \quad (4.15)$$

где $C_{и}$ – стоимость единицы инструмента, руб.; $Ц_{и}$ – выручка от реализации изношенного инструмента, руб.; $n_{пер}$, $n_{вос}$ – соответственно количество переточек и восстановлений инструмента; $C_{пер}$, $C_{вос}$ – соответственно стоимость одной переточки и восстановления инструмента, руб.; $k_{уб}$ – коэффициент случайной убыли инструмента; k_a – коэффициент затрат на амортизацию вспомогательного инструмента; $k_{вос}$ – коэффициент влияния восстановлений на стойкость инструмента; $\varphi_{пер}$ – число граней для неперетачиваемого инструмента.

$$C_{и.м} = \frac{\alpha_{и.м} \cdot (Ц_{и.м} + n_{в.р} \cdot C_{в.р} + n_{пов} \cdot C_{пов}) \cdot k_{уб}}{100 A_{\Gamma}}, \quad (4.16)$$

где $\alpha_{и.м}$ – процент амортизационных отчислений; $\Pi_{и.м}$ – стоимость мерительного инструмента, руб.; $n_{в.р}$, $n_{пов}$ – соответственно количество восстановительных ремонтов и проверок мерительного инструмента; $C_{в.р}$, $C_{пов}$ – соответственно стоимость восстановительного ремонта и проверки, руб.;

$$C_{пр} = \frac{\alpha_{пр} \cdot (\Pi_{пр} - \Pi_{и.пр} + 0,4\Pi_{пр})}{100 A_T}, \quad (4.17)$$

где $\alpha_{пр}$ – процент амортизационных отчислений на приспособления; $\Pi_{пр}$ – стоимость приспособления, руб.; $\Pi_{и.пр}$ – выручка от реализации изношенного приспособления, руб.

Затраты на содержание зданий и сооружений

$$C_{п} = \frac{S_o \cdot k_{д.п} \cdot k_{вр} \cdot O \cdot C_o}{A_T}, \quad (4.18)$$

где S_o – производственная площадь, занимаемая оборудованием на операции, m^2 ; $k_{д.п}$ – коэффициент, учитывающий проходы и проезды и т. п.; C_o – годовые затраты на содержание 1 m^2 производственной площади, руб.

Затраты на прочие расходы

$$C_{пр} = C_з \cdot k_{пр}, \quad (4.19)$$

где $k_{пр}$ – коэффициент отношения прочих расходов к затратам на заработную плату.

На кафедре «Технология машиностроения» УлГТУ была разработана методика, позволяющая выполнить сравнительный экономический анализ вариантов ТП механической обработки заготовок деталей на основе данных о затратах на обработку в базовом варианте и

коэффициентах технологической эффективности НТиТ, полученных при проведении лабораторных или опытно-промышленных испытаниях этой техники или технологии.

В соответствии с этой методикой элементы затрат на обработку заготовок (см. формулы (4.6), (4.8) – (4.18)), не зависящие от варианта НТиТ, обозначили:

$$a_1 = C_{з.ч} \cdot k_{доп} \cdot k_{пр} \cdot k_{нач} \cdot (1 + k_{в.р} \cdot 100); \quad (4.20)$$

$$a_2 = \frac{k_{в.р} \cdot k_N \cdot k_{п} \cdot \Pi_{эл}}{\eta}; \quad (4.21)$$

$$a_3 = \frac{k_{вр.п} \cdot k_N \cdot k_{п} \cdot \Pi_{эл}}{\eta}; \quad (4.22)$$

$$a_4 = Q_{э.н} \cdot \Pi_{э.н}; \quad (4.23)$$

$$a_5 = Q_{в.м} \cdot \Pi_{в.м}; \quad (4.24)$$

$$a_6 = \frac{K_o \cdot k_{вр} \cdot \alpha_a}{100 A_{г} \cdot T_{л}}, \quad (4.25)$$

$$a_7 = \frac{C_{м.ч} \cdot R_{м.ч} \cdot k_{э.ч}}{T_{р.ц} \cdot k_{р.ц} \cdot A_{г} \cdot T_{л}}, \quad (4.26)$$

где $T_{л}$ – такт работы технологической линии, мин;

$$a_8 = \frac{((C_{и} + \Pi_{и}) + n_{пер} \cdot C_{пер} + n_{вос} \cdot C_{вос}) \cdot k_{уб}}{\tau_c \cdot (n_{пер} + 1) \cdot k_{вос} \cdot \varphi_{пер}}; \quad (4.27)$$

$$a_9 = \frac{\alpha_{и.м} \cdot (\Pi_{и.м} + n_{в.р} \cdot C_{в.р} + n_{пов} \cdot C_{пов}) \cdot k_{уб}}{100 A_{г} \cdot T_{л}}; \quad (4.28)$$

$$a_{10} = \frac{\alpha_{пр} \cdot (\Pi_{пр} - \Pi_{и.пр} + 0,4 \Pi_{пр})}{100 A_{г} \cdot T_{л}}, \quad (4.29)$$

$$a_{11} = \frac{S_0 \cdot k_{д.п} \cdot k_{вр} \cdot C_0}{A_T \cdot T_{л}}, \quad (4.30)$$

$$a_{12} = a_1 \cdot k_{пр}. \quad (4.31)$$

Тогда

$$C_T = (a_1 + a_6 + a_7 + a_9 + a_{10} + a_{11} + a_{12}) \cdot T_{шт} + a_2 \cdot T_M \cdot N_c + \\ + a_3 \cdot T_M \cdot T_N + a_4 \cdot T_M + a_5 \cdot T_M + a_8 \cdot T_M / \tau. \quad (4.32)$$

Так как

$$T_{шт} = T_M + T_B + T_{орг} + T_{тех} + T_{отд} = T_M + T_B + \beta_1 \cdot T_M + \\ + \beta_2 \cdot (T_M + T_B) + \beta_3 \cdot (T_M + T_B) = \\ = T_M \cdot (1 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3) + T_B \cdot (1 + \beta_2 + \beta_3), \quad (4.33)$$

где $T_M, T_B, T_{орг}, T_{тех}, T_{отд}$ – соответственно время машинное, вспомогательное, технического и организационного обслуживания, отдыха рабочего, мин; $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ – соответственно доля времени на техническое, организационное обслуживание и отдых рабочего, получили

$$C_T = a_{13} \cdot T_M \cdot (1 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3) + a_{13} \cdot T_B \cdot (1 + \beta_2 + \beta_3) + \\ + a_2 \cdot T_M \cdot N_c + a_3 \cdot T_M \cdot N_T + a_4 \cdot T_M + a_5 \cdot T_M + a_8 \cdot T_M / \tau, \quad (4.34)$$

где

$$a_{13} = a_1 + a_6 + a_7 + a_9 + a_{10} + a_{11} + a_{12}. \quad (4.35)$$

Тогда изменение технологической себестоимости обработки заготовки на операции ТП можно определить по формуле

$$\Delta C_T = Z_M \cdot (1 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3) \cdot (1 - K_M) + Z_B \cdot (1 + \beta_2 + \beta_3) \cdot (1 - K_B) +$$

$$\begin{aligned}
& + Z_{\text{Э.С}} \cdot (1 - K_M \cdot K_{N_c}) + Z_{\text{Э.Т}} \cdot (1 - K_M \cdot K_{N_T}) + Z_{\text{Э.Н}} \cdot (1 - K_M \cdot K_{\text{Э.Н}}) + \\
& + Z_{\text{В.М}} \cdot (1 - K_M \cdot K_{\text{В.М}})
\end{aligned}
\tag{4.36}$$

где

$$\begin{aligned}
Z_M &= a_{13} \cdot T_M^I; & Z_B &= a_{13_i} \cdot T_B^I; & Z_{\text{Э.С}} &= a_2 \cdot T_M^I \cdot N_c^I; \\
Z_{\text{Э.Т}} &= a_3 \cdot T_M^I \cdot N_T^I; & Z_{\text{Э.Н}} &= a_4 \cdot T_M^I \cdot Q_{\text{Э.Н}}^I; & Z_{\text{В.М}} &= a_{5_i} \cdot T_M^I \cdot Q_{\text{В.М}}^I;
\end{aligned}
\tag{4.37}$$

$$Z_{\text{р.и}} = a_8 \cdot T_M^I / \tau^I;$$

$K_M, K_B, K_{N_c}, K_{N_T}, K_{\text{Э.Н}}, K_{\text{В.М}}, K_\tau$ – коэффициенты технологической эффективности НТиТ, определяющие изменение значений машинного и вспомогательного времени, силовой и технологической мощности, потребления энергоносителей и вспомогательных материалов (СОЖ), стойкости режущего инструмента при внедрении НТиТ:

$$K_{M_i} = \frac{T_M^{\text{II}}}{T_M^{\text{I}}}, \quad K_{T_c} = \frac{N_c^{\text{II}}}{N_c^{\text{I}}}, \quad K_\tau = \frac{\tau^{\text{II}}}{\tau^{\text{I}}} \text{ и т. д.}
\tag{4.38}$$

4.3. Методика расчета величины экономического эффекта за счет снижения потерь на брак при механической обработке заготовок

Затраты, связанные с появлением брака на операции $C_{\text{бр}}$, можно определить следующим образом [6]:

$$C_{\text{бр}} = C \cdot (1 - P_{(\text{б})}), \tag{4.39}$$

где $P_{(б)}$ – вероятность безотказного выполнения операции:

$$P_{(б)} = P_{(T)} \cdot P_{(Ra)} \cdot P_{(\theta)}, \quad (4.40)$$

где $P_{(T)}, P_{(Ra)}, P_{(\theta)}$ – вероятность выполнения обработки заготовки соответственно с заданной точностью размеров (или формы), шероховатостью и без прижогов*.

$$P_{(T)} = (1 - P_{o(T)}) \cdot \exp \left(-C_T \cdot \left(\frac{\omega}{[T_r]} - 1 \right) \right); \quad (4.41)$$

$$P_{(Ra)} = (1 - P_{o(Ra)}) \cdot \exp \left(-C_{Ra} \cdot \left(\frac{Ra}{[Ra]} - 1 \right) \right); \quad (4.42)$$

$$P_{(\theta)} = (1 - P_{o(\theta)}) \cdot \exp \left(-C_{\theta} \cdot \left(\frac{\theta}{[\theta]} - 1 \right) \right); \quad (4.43)$$

где $P_{o(T)}, P_{o(Ra)}, P_{o(\theta)}$ – вероятность отказов в технологической системе на операции соответственно по параметрам T_r, Ra, θ ; ω – производственная погрешность линейного размера; $[T_r], [Ra], [\theta]$ – допускаемые значения параметров обработанной детали по точности размеров, шероховатости и контактной температуре; $C_{T_r}, C_{Ra}, C_{\theta}$ – коэффициенты, определяемые экспериментально (при выполнении сравнительных экономических расчетов можно принять $C_{T_r} = C_{Ra} = C_{\theta} \approx 0,011$ [6]).

* При необходимости вместо параметров T_r, Ra, θ (T_r – геометрический допуск размера или формы, Ra – параметр шероховатости, θ – контактная температура) в формулу (4.40) и далее по тексту можно ввести любые другие, соответствующие техническим требованиям к детали, параметры качества.

Тогда величину $\Delta C_{\text{бп}}$, равную разности затрат, связанных с наличием брака на операции ТП, в сравниваемых вариантах можно определить по формуле

$$\begin{aligned} \Delta C_{\text{бп}} = & C_{\text{заг}} \cdot B_{\text{б}} \{ \exp[-C_T (\varphi_{T_{\Gamma}} \cdot K_{T_{\Gamma}} - 1) - C_{Ra} (\varphi_{Ra} \cdot K_{Ra} - 1) - \\ & - C_{\theta} (\varphi_{\theta} \cdot K_{\theta} - 1)] - \exp[-C_T (\varphi_{T_{\Gamma}} - 1) - C_{Ra} (\varphi_{Ra} - 1) - \\ & - C_{\theta} (\varphi_{\theta} - 1)] + 3^{\text{I}} \{ 1 - B_{\text{б}} \cdot \exp[-C_T (\varphi_{T_{\Gamma}} - 1) - C_{Ra} (\varphi_{Ra} - 1) - \\ & - C_{\theta} (\varphi_{\theta} - 1)] - 3^{\text{II}} \{ 1 - B_{\text{б}} \cdot \exp[-C_T (\varphi_{T_{\Gamma}} \cdot K_{T_{\Gamma}} - 1) - \\ & - C_{Ra} (\varphi_{Ra} \cdot K_{Ra} - 1) - C_{\theta} (\varphi_{\theta} \cdot K_{\theta} - 1)] \} \}, \end{aligned} \quad (4.44)$$

где

$$\begin{aligned} \varphi_{T_{\Gamma}} = \frac{\omega^{\text{I}}}{[T_{\Gamma}]}; \quad \varphi_{Ra} = \frac{Ra}{[Ra]}, \quad \varphi_{\theta} = \frac{\theta^{\text{I}}}{[\theta]}; \\ K_T = \frac{\omega^{\text{II}}}{\omega^{\text{I}}}, \quad K_{Ra} = \frac{Ra^{\text{II}}}{Ra^{\text{I}}}, \quad K_{\theta} = \frac{\theta^{\text{II}}}{\theta^{\text{I}}}; \end{aligned} \quad (4.45)$$

$$B_{\text{б}} = (1 - P_{\text{o}(T_{\Gamma})}) \cdot (1 - P_{\text{o}(Ra)}) \cdot (1 - P_{\text{o}(\theta)}); \quad (4.46)$$

$$3^{\text{I}} = (C_{\text{тл}}^{\text{I}} - C_{\text{заг}}) \cdot P_c, \quad (4.47)$$

где $C_{\text{тл}}^{\text{I}}$ – себестоимость детали, обработанной на технологической линии в базовом варианте, руб.; $C_{\text{заг}}$ – стоимость заготовки, руб.; P_c – доля себестоимости обработки заготовки C_T на данной операции.

$$Z^{\text{II}} = (C_{\text{ТЛ}}^{\text{I}} + \sum_{i=1}^I \Delta C_{\text{T}} - C_{\text{заг}}) \cdot P_c, \quad (4.48)$$

где I – количество операций в технологической линии; i – порядковый номер операции.

4.4. Экономический анализ действующих ТП

Экономический анализ действующих ТП, выполняемый в соответствии с разработанной методикой, дает возможность установить направления совершенствования ТП, обеспечивающие существенные экономические эффекты, и избежать решений, приводящих к достижению значительных технологических эффектов, не улучшающих заметно экономические показатели производства.

Последовательность выполнения экономического анализа действующего ТП изложена ниже.

– Устанавливают реально возможные в условиях рассматриваемого производства диапазоны изменения коэффициентов $K_{\text{М}}$, $K_{\text{В}}$, K_{T} и др., определяющих технологические эффекты.

– По формулам (4.20) – (4.31), (4.35) или по данным предприятия определяют параметры $a_1 - a_{13}$, а по формулам (4.37) – затраты на операцию в базовом варианте*: $Z_{\text{М}}$, $Z_{\text{В}}$, $Z_{\text{Э.С}}$, $Z_{\text{Э.Т}}$, $Z_{\text{Э.Н}}$, $Z_{\text{В.М}}$, $Z_{\text{Р.И}}$. Определяют технологическую себестоимость обработки заготовок по операциям ТП в базовом варианте

$$C^{\text{I}} = Z_{\text{М}} + Z_{\text{В}} + Z_{\text{Э.С}} + Z_{\text{Э.Т}} + Z_{\text{Э.Н}} + Z_{\text{В.М}} + Z_{\text{Р.И}}. \quad (4.49)$$

* Анализируют затраты только по изменяющимся статьям себестоимости.

– По формулам (4.36) и (4.44) определяют для каждой операции значения ΔC_T и $\Delta C_{бр}$.

– Определяют абсолютные и относительные значения изменения себестоимости обработки заготовок на операции при внедрении НТиТ:

$$\Delta C = \Delta C_T + \Delta C_{бр}; \quad (4.50)$$

$$\Delta C_o = \Delta C / C^I; \quad (4.51)$$

$$\Delta C_{T,o} = \Delta C_T / C_T^I. \quad (4.52)$$

– Суммируя значения C^I и ΔC по всем или некоторым операциям ТП (в том случае, если внедрение НТиТ приводит к изменению затрат на всех или некоторых операциях ТП), получают соответствующие значения для технологической линии в целом.

– Анализируют полученные данные с целью определения возможных направлений совершенствования действующего ТП.

Пример 2

В качестве примера приведен анализ производства программной обработки (ППО), разделенного на три участка: токарный, фрезерный и расточной [6].

Данные о затратах по изменяющимся статьям технологической себестоимости в действующих ТП обработки заготовок на участках ППО позволили определить соответствующие удельные затраты (табл. 4.1) и рассчитать параметры $a_1, a_2, a_5 - a_8, a_{12}, a_{13}, Z_M, Z_B, Z_{э.с}, Z_{в.м}, Z_{и.р}$ для каждого участка и ППО.

По зависимостям (4.36) и (4.52) определили абсолютное ΔC_T и относительное $\Delta C_{T,0}$ изменение технологической себестоимости, обусловленное внедрением НТиГ, обеспечивающих те или иные технологические эффекты. Значения соответствующих коэффициентов технологической эффективности ($K_M, K_B, K_{Э.С}$ и т. д.) приведены в табл. 4.2.

**Удельные затраты, приходящиеся на 1 час работы
металлорежущего оборудования ППО, руб./ч
(по данным предприятия)***

| Статьи затрат | Участок ППО | | |
|---------------------------|-------------|-----------|-----------|
| | токарный | фрезерный | расточной |
| Заработная плата | 0,467 | 0,855 | 0,893 |
| Амортизация оборудования | 1,630 | 5,505 | 17,205 |
| Ремонт оборудования | 1,16 | 3,792 | 8,496 |
| Эксплуатация оборудования | 2,790 | 9,279 | 25,701 |
| Силовая электроэнергия | 0,331 | 0,353 | 0,287 |
| Режущий инструмент | 0,048 | 0,042 | 0,555 |
| Производственная площадь | 1,549 | 5,166 | 7,381 |
| СОЖ | 0,007 | 0,007 | 0,007 |

Анализ данных табл. 4.1 и 4.2 показывает, что основными затратами в структуре себестоимости механической обработки заготовок деталей, изготавливаемых на всех трех участках ППО, являются затраты на технологическое оборудование и площади, занятые им. В связи с этим получение значительных экономических эффектов в ППО в целом и на каждом участке возможно лишь при внедрении мероприятий, обеспечивающих повышение производительности обработки и соответствующее увеличение объема выпуска продукции на установленном в ППО оборудовании.

* Затраты рассчитаны, исходя из условных (принятых авторами для иллюстрации методики) цен.

Таблица 4.2

Значения коэффициентов технологической эффективности НТиТ и соответствующие им показатели экономической эффективности ППО

| № варианта | Значения коэффициентов | | | | | Снижение себестоимости | |
|------------|------------------------|-------|-----------|-----------|-----------|-------------------------------------|------------------------------------|
| | K_M | K_B | $K_{э.с}$ | $K_{в.м}$ | $K_{и.р}$ | абсолютное ΔC_T , тыс. руб. | относительное $\Delta C_{T.0}$, % |
| 1* | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 2 | 0,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9620,6 | 50 |
| 3 | 1 | 0,5 | 1 | 1 | 1 | 648,5 | 3,4 |
| 4 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 | 1 | 9944,9 | 51,7 |
| 5 | 1 | 1 | 0,5 | 1 | 1 | 405,7 | 2,1 |
| 6 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 | 1 | 9823,4 | 51,1 |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 17,5 | 0,09 |
| 8 | 0,5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 9629,3 | 50 |
| 9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 29,2 | 0,1 |
| 10 | 0,5 | 1 | 1 | 1 | 2 | 96,337 | 50 |
| 11 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2,5 | 31,5 | 0,1 |
| 12 | 0,5 | 1 | 1 | 1 | 2,5 | 9636,3 | 50,1 |
| 13 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 35,0 | 0,2 |
| 14 | 0,5 | 1 | 1 | 1 | 3 | 9638,1 | 50,1 |
| 15 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 1 | 10148,8 | 52,7 |
| 16 | 1 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 1 | 1056,4 | 5,5 |
| 17 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 1,5 | 10157,6 | 52,8 |
| 18 | 1 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 1,5 | 1073,9 | 5,6 |
| 19 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 2 | 10161,9 | 52,8 |
| 20 | 1 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 2 | 1082,7 | 5,6 |
| 21 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 2,5 | 10164,5 | 52,7 |
| 22 | 1 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 2,5 | 1087,9 | 5,7 |
| 23 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 3 | 10166,3 | 52,8 |
| 24 | 1 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 3 | 1090 | 5,7 |
| 25 | 0,5 | 1 | 1 | 5 | 1 | 9615,2 | 50,0 |
| 26 | 1 | 1 | 1 | 5 | 1 | -10,7 | -0,06 |
| 27 | 0,5 | 1 | 1 | 0,2 | 1 | 9621,6 | 50,0 |
| 28 | 1 | 1 | 1 | 0,2 | 1 | 2,1 | 0,01 |

* – базовый вариант.

Так, например, изменение K_M от 1,0 до 0,5 при отсутствии других технологических эффектов позволяет снизить технологическую себестоимость годового объема продукции ППО на 9620 тыс. руб. (рис. 4.1, а), т. е. примерно на 50% (рис. 4.2). Внедрение мероприятий, обеспечивающих снижение энергоемкости процессов механической обработки, повышение стойкости режущих инструментов, приводит к некоторому снижению технологической себестоимости (см. рис. 4.1, 4.2). Но даже при незначительных сопутствующих капитальных затратах экономические эффекты от внедрения таких мероприятий становятся отрицательными. Например, снижение суммарной потребляемой мощности технологического оборудования ППО на 50% (K_N изменяется от 1,0 до 0,5) позволяет снизить технологическую себестоимость (при отсутствии других технологических эффектов) только на 405,7 тыс. руб., или на 2,1%.

Повышение стойкости режущего инструмента в 3 раза на всех операциях ТП ($K_{и.р.}$ возрастает от 1 до 3) приводит к снижению значения C_T на 35 тыс. руб., или на 0,2% (рис. 4.1, б, 4.2) Снижение затрат на СОЖ (за счет уменьшения их стоимости и расхода и других факторов) дает незначительный экономический эффект (рис. 4.2).

Таким образом, на примере ППО показано, как разработанная методика может быть использована для экономической оценки целесообразности внедрения того или иного мероприятия, обеспечивающего соответствующие технологические эффекты.

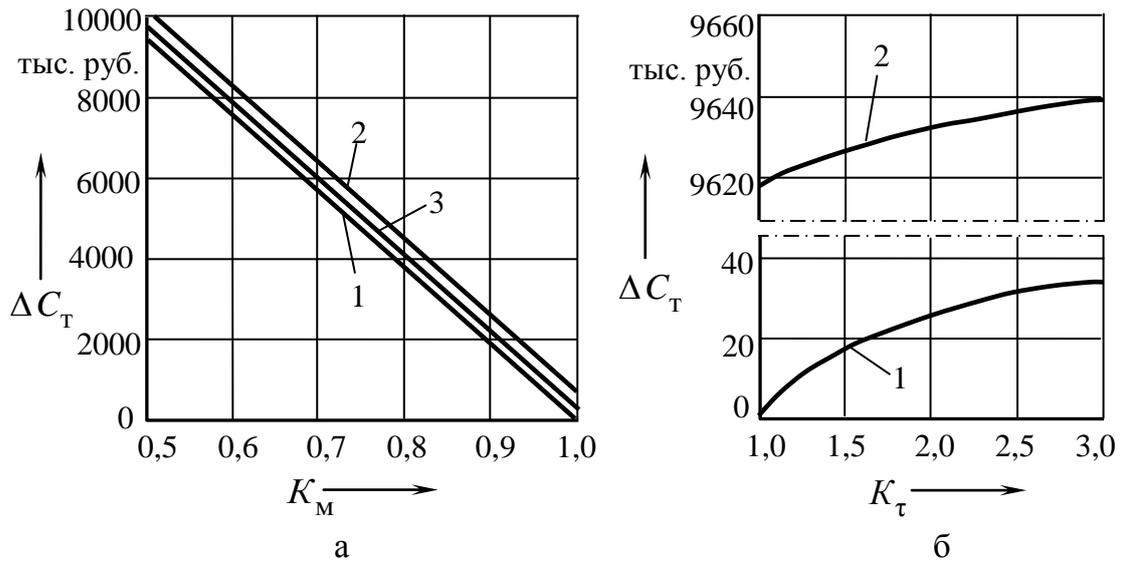


Рис. 4.1. Влияние коэффициентов технологической эффективности на снижение технологической себестоимости ΔC_T :

- а – $K_{и.р.} = K_{в.м} = 1$; 1 – $K_B = K_{э.с} = 1$; 2 – $K_B = 1$; $K_{э.с} = 0,5$; 3 – $K_B = 0,5$; $K_{э.с} = 1$;
- б – $K_B = K_{э.с} = K_{в.м} = 1$; 1 – $K_M = 1$; 2 – $K_M = 0,5$

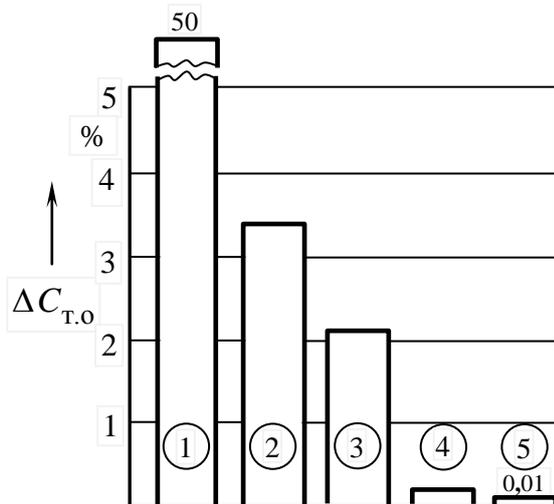


Рис. 4.2. Влияние коэффициентов технологической эффективности на относительное снижение технологической себестоимости $\Delta C_{T.0}$:

- 1 – $K_M = 0,5$; $K_B = K_{э.с} = K_{и.р} = K_{в.м} = 1$;
- 2 – $K_B = 0,5$; $K_M = K_{э.с} = K_{и.р} = K_{в.м} = 1$;
- 3 – $K_{э.с} = 0,5$; $K_M = K_B = K_{и.р} = K_{в.м} = 1$;
- 4 – $K_{и.р} = 3$; $K_M = K_B = K_{э.с} = K_{и.р} = 1$

4.5. Экономический анализ сравниваемых вариантов ТП

Предлагаемая методика может быть использована для выбора варианта ТП, обеспечивающего получение детали заданного качества при минимальных (из сравниваемых вариантов) затратах на ее изготовление.

Методика позволяет значительно уменьшить трудоемкость выполнения экономических расчетов в том случае, когда необходимо сравнить достаточно большое количество вариантов ТП с базовым вариантом. При этом необходимым условием возможности выполнения таких расчетов является знание значений коэффициентов, определяющих технологические эффекты совершенствования каждой из операций ТП по сравнению с базовым вариантом. При выполнении курсовых проектов и выпускных квалификационных работ коэффициенты можно определить на основании анализа научно-технической литературы, по результатам НИР, выполненных кафедрой, а также по результатам экспериментальных исследований, выполненных студентами. На практических занятиях значения коэффициентов технологической эффективности задает преподаватель.

Сравнение вариантов ТП осуществляют в такой последовательности.

– Определяют значения коэффициентов технологической эффективности для каждой операции сравниваемых ТП.

– По формулам (4.20) – (4.31), (4.35) или по данным предприятия определяют параметры $a_1 - a_{13}$, а по формулам (4.37) – параметры $Z_M, Z_B, Z_{э.с}, Z_{э.т}, Z_{в.м}, Z_{пр}$.

– По формулам (4.36) и (4.44) определяют значения ΔC_T и $\Delta C_{бр}$ для каждой операции ТП в сравниваемых вариантах.

По формуле (4.3) рассчитывают экономический эффект от замены базового вариант ТП вновь спроектированным.

– Определяют вариант, обеспечивающий наибольший экономический эффект.

Пример 3

В качестве примера практического использования приведенной выше методики выполнены расчеты экономической эффективности вариантов ТП механической обработки картера заднего моста автомобиля УАЗ [6].

В качестве базового варианта ТП принят вариант 1 (табл. 4.2), в котором обработку заготовок картера ведут на технологической линии ТЛ1 с использованием централизованной системы применения (ЦСП) СОЖ ЦСП1. В качестве СОЖ применяют жидкость, условно обозначенную Ж1.

Предложенные варианты ТП предусматривают использование в линии ТЛ1 другой системы ЦСП2, а также новых составов СОЖ – Ж2 и Ж3 (варианты 2 – 5 в табл. 4.2). Кроме того, рассмотрены варианты, в которых заготовки картера заднего моста обрабатывают на модернизированной линии ТЛ2 с использованием ЦСП2 и СОЖ Ж1 и Ж3 (варианты 6, 7 в табл. 4.2). При разработке вариантов ТП исходили из условия обеспечения в любом случае заданного качества деталей.

Применение для механической обработки картера заднего моста новой ЦСП СОЖ и новых составов СОЖ обеспечивает получение технологических эффектов (снижения трудоемкости и повышения стойкости режущего инструмента), определенных коэффициентами, значения которых приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Варианты ТП механической обработки картера заднего моста

| № варианта | Условное обозначение варианта | Значения коэффициентов K , определяющих технологическую эффективность внедряемого мероприятия | | | | | Число оборотов СОЖ за год |
|----------------------|-------------------------------|---|-------|-----------|-----------|-----------|---------------------------|
| | | K_M | K_B | $K_{э.с}$ | $K_{и.р}$ | $K_{в.м}$ | |
| 1* | ТЛ1 + ЦСП1 + Ж1 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 670 |
| 2 | ТЛ1 + ЦСП2 + Ж1 | 0,97 | 1,0 | 1,0 | 1,2 | 1,0 | 3600 |
| 3 | ТЛ1 + ЦСП1 + Ж2 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 0,5 | 670 |
| 4 | ТЛ1 + ЦСП1 + Ж3 | 0,97 | 1,0 | 1,0 | 1,5 | 1,0 | 670 |
| 5 | ТЛ1 + ЦСП2 + Ж3 | 0,95 | 1,0 | 1,0 | 1,5 | 1,0 | 3600 |
| 6 | ТЛ2 + ЦСП2 + Ж1 | 0,93 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 3600 |
| 7 | ТЛ2 + ЦСП2 + Ж3 | 0,93 | 1,0 | 1,0 | 1,5 | 1,0 | 3600 |
| * – базовый вариант. | | | | | | | |

Результаты расчета параметров « a » и затрат « Z », выполненные на ЭВМ, для варианта 1 представлены в табл. 4.4 (исходные данные для расчета приведены в приложении 5).

Таблица 4.4

**Результаты расчета параметров « а » и затрат « З »
для базового варианта ТП**

| № операции | a_1 , руб./ч | a_2 , руб./кВ·ч | a_6 , руб./ч | a_7 , руб./ч | a_8 , руб. | a_{11} , руб./ч | Z_M , руб. | Z_B , руб. | $Z_{э.с}$, руб. | $Z_{р.и}$, руб. | $Z_{в.м}$, руб. |
|------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|--------------|-------------------|--------------|--------------|------------------|------------------|------------------|
| 5 | 1,112 | 0,0097 | 2,477 | 0,00014 | 1,019 | 0,206 | 0,1009 | 0,0081 | 0,0016 | 0,0075 | 0,0007 |
| 10 | 1,112 | 0,0097 | 1,858 | 0,00014 | 11,411 | 0,155 | 0,1281 | 0,0061 | 0,0011 | 0,0456 | 0,0007 |
| 15 | 1,112 | 0,0097 | 3,509 | 0,00014 | 56,8 | 0,292 | 0,1303 | 0,0104 | 0,0023 | 0,278 | 0,0007 |
| 20 | 1,112 | 0,0097 | 3,922 | 0,00014 | 23,16 | 0,327 | 0,1291 | 0,0103 | 0,0023 | 0,126 | 0,0007 |
| 25 | 1,112 | 0,0097 | 1,961 | 0,00014 | 1,676 | 0,164 | 0,0628 | 0,0050 | 0,0009 | 0,0067 | 0,0005 |
| 30 | 1,112 | 0,0097 | 4,541 | 0,00014 | 1,644 | 0,378 | 0,1741 | 0,0139 | 0,0032 | 0,0033 | 0,0008 |
| 35 | 1,112 | 0,0097 | 0,308 | 0,00014 | 0,862 | 0,026 | 0,0179 | 0,0014 | 0,0009 | 0,0043 | 0,0003 |
| 40 | 1,112 | 0,0097 | 1,238 | 0,00014 | 1,399 | 0,130 | 0,0299 | 0,0024 | 0,00036 | 0,0069 | 0,0003 |
| 45 | 1,112 | 0,0097 | 1,238 | 0,00014 | 3,200 | 0,103 | 0,0179 | 0,0014 | 0,00022 | 0,0096 | 0,0002 |

Анализ результатов расчета абсолютного ΔC_T (табл. 4.5) и относительного $\Delta C_{T.0}$ изменения технологической себестоимости показал, что положительный результат наблюдается как при применении более эффективного состава СОЖ, так и при использовании более совершенной системы ее применения. Так для технологической линии изготовления картера ТЛ1 использование новой системы применения СОЖ ЦСП2 привело к снижению технологической себестоимости на 15%. Применение эффективной СОЖ Ж3 на базовой линии ТЛ1, позволяющей повысить производительность обработки на 3% ($K_M = 0,97$) и стойкость инструмента в 1,5 раза ($K_{и.р.} = 1,5$) по сравнению с базовым составом Ж1, способствует уменьшению себестоимости почти на 27%. Замена базовой СОЖ Ж1 новой жидкостью Ж2, более дешевой, но не изменяющей технологическую эффективность механической обработки картера, к заметным изменениям себестоимости не привело (табл. 4.5). Наибольшее изменение технологической себестоимости зафиксировано при использовании на модернизированной линии ТЛ2 перспективной системы использования СОЖ ЦСП2 и эффективной СОЖ Ж3.

Результаты расчета позволяют выбрать из рассматриваемых вариантов тот, который обеспечивает наибольший экономический эффект. В рассматриваемом примере наибольший экономический эффект в размере 67,97 тыс. рублей обеспечивает вариант №4.

Полученные результаты могут быть представлены в виде диаграмм или графиков, например, как показано на рис. 4.3 и 4.4.

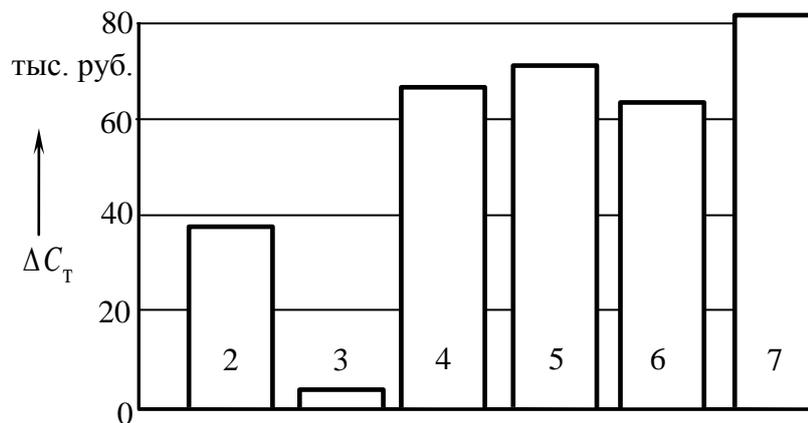


Рис. 4.3. Изменение технологической себестоимости ΔC_T изготовления картера при внедрении мероприятий по вариантам (см. табл. 4.5)

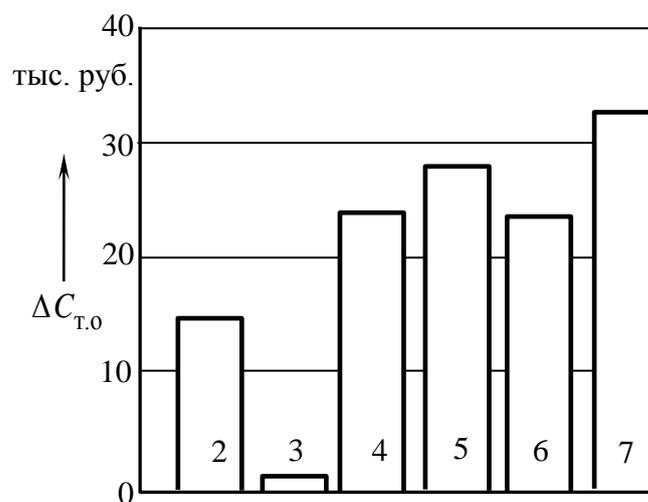


Рис. 4.4. Относительное изменение технологической себестоимости изготовления картера при внедрении мероприятий по вариантам (см. табл. 4.5)

Таблица 4.5

**Результаты расчета экономической эффективности использования ЦСП СОЖ и новых СОЖ
на технологических линиях механической обработки картера заднего моста**

| № варианта | Условное обозначение варианта | Технологическая себестоимость по вариантам C_T , тыс.руб. | Изменение технологической себестоимости ΔC_T , тыс.руб. | Относительное изменение технологической себестоимости $\Delta C_{T.0}$, % | Дополнительные капитальные вложения по вариантам ΔK , тыс.руб. | Дополнительные затраты на эксплуатацию ЦСП СОЖ**, тыс.руб. | Экономический эффект от внедрения мероприятия Δ_r , тыс. руб. |
|--|-------------------------------|---|---|--|--|--|--|
| 1* | ТЛ1 + ЦСП1 + Ж1 | 253,28 | 0 | 0 | 0 | – | – |
| 2 | ТЛ1 + ЦСП2 + Ж1 | 215,77 | 37,51 | 15,3 | 120 | 9,52 | 9,99 |
| 3 | ТЛ1 + ЦСП1 + Ж2 | 250,42 | 2,86 | 1,1 | – | – | 2,86 |
| 4 | ТЛ1 + ЦСП1 + Ж3 | 185,31 | 67,97 | 26,8 | – | – | 67,97 |
| 5 | ТЛ1 + ЦСП2 + Ж3 | 182,02 | 71,26 | 29,3 | 120 | 9,52 | 43,74 |
| 6 | ТЛ2 + ЦСП2 + Ж1 | 188,18 | 65,1 | 25,7 | 224 | 9,52 | 21,98 |
| 7 | ТЛ2 + ЦСП2 + Ж3 | 169,18 | 84,1 | 33,2 | 224 | 9,52 | 40,98 |
| * – базовый вариант; | | | | | | | |
| ** – затраты рассчитаны по изменяющимся статьям себестоимости. | | | | | | | |

Контрольные вопросы

1. Какие составляющие входят в себестоимость операции механической обработки заготовок ?
2. Какие затраты составляют технологическую себестоимость ТО ?
3. Какие затраты определяют параметры a_1, a_2, \dots, a_7 ?
4. Как называют коэффициенты $K_M, K_B, K_{N_C}, K_{N_T}, K_\tau$?
5. Как изменяется величина ΔC_T при уменьшении коэффициентов K_M, K_N ?
6. Как изменяется величина ΔC_T при увеличении коэффициента K_τ ?
7. Какие параметры качества деталей учитывают при оценке затрат, связанных с появлением брака на ТО ?
8. Что определяют параметры $Ra^I, Ra^{II}, [Ra]$?

5. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

При современных жестких требованиях к экологической чистоте и безопасности производственных технологий оценка экономической эффективности НТиТ невозможна без учета затрат предприятия на:

1 – возмещения экономического ущерба от негативного действия вредных веществ;

2 – природоохранную деятельность.

Экономический ущерб предприятия, связанный с наличием в производстве продукции вредных веществ, складывается из издержек предприятия, обусловленных воздействием вредных веществ на объекты, участвующие в производстве и платы предприятия за загрязнение окружающей среды отходами производства.

Издержки предприятия, связанные с негативным воздействием вредных веществ на производственное оборудование и производственных рабочих, включают [4] :

– компенсацию потерь изготавливаемой продукции (стоимость потерь) из-за снижения производительности труда и невыхода на работу производственных рабочих, занятых выполнением операций с применением вредных для здоровья веществ;

– затраты на обучение кадров вследствие их повышенной текучести из-за опасных условий работы;

– компенсацию потерь продукции, сырья, полуфабрикатов, вспомогательных материалов, отходящих в виде выбросов (например, потерь смазочных материалов, отходящих со сточными водами);

– компенсацию потерь изготавливаемой продукции вследствие воздействия загрязненной окружающей среды на производственное оборудование (из-за внеплановых ремонтов и простоев оборудования);

– компенсацию повышенного износа производственного оборудования вследствие негативного влияния загрязненной окружающей среды (увеличение затрат на текущие и капитальные ремонты оборудования).

Стоимостная оценка таких затрат трудна и требует статистических данных о соответствующих потерях на предприятии. На практике экономический ущерб от загрязнения предприятия вредными веществами оценивают косвенно с помощью экологических критериев, например: отходы СОЖ, инородных масел, концентрация вредных веществ в стоках, аэрозолях, твердых отходах [1].

Экономический ущерб от загрязнения окружающей среды отходами производства оценивают размером платы за размещение твердых, жидких и газообразных отходов соответственно в недрах, природных водоемах и атмосфере. Эта плата возмещает затраты на компенсацию воздействия выбросов и сбросов загрязняющих веществ и стимулирование снижения или поддержания выбросов и сбросов в пределах нормативов, а также затраты на проектирование и строительство природоохранных объектов [4].

Установлены два вида базовых нормативов платы за выбросы и сбросы загрязняющих веществ, другие виды вредного воздействия:

- в пределах допустимых нормативов;
- свыше пределов допустимых нормативов.

Если концентрация вредных веществ в выбросах и сбросах не превышает допустимые нормативы, размер платы за размещение твердых, жидких и газообразных отходов рассчитывают по зависимостям (3.16), (3.18), (3.20).

В противном случае размер такой платы определяют по зависимостям (3.17), (3.19) и (3.21).

Затраты на природоохранную деятельность, то есть затраты на предотвращение негативного воздействия на природу загрязненной окружающей среды, включают затраты на [4]:

- разбавление сточных вод и предварительную очистку воды для технических целей, перенос водозабора к более чистым источникам, эксплуатацию систем очистки воздуха для производственных помещений и производственных нужд;

- создание санитарно-защитных зон;

- обеспечение приспособляемости основных производственных фондов (в том числе производственного оборудования) к воздействию активных веществ, например использование для этих целей антикоррозионных покрытий.

Чем больше текущие затраты на природоохранную деятельность, тем меньше экономический ущерб, и наоборот. Увеличение текущих затрат не означает роста общих затрат на производство, так как соответственно росту затрат на природоохранную деятельность уменьшается экономический ущерб предприятия, который также включается в себестоимость изготавливаемой продукции.

Повышению эффективности природоохранной деятельности предприятия способствуют:

- внедрение НТиТ, обеспечивающих повышенное извлечение вредных веществ;

- внедрение НТиТ, обеспечивающих углубленную переработку (утилизацию) уловленных вредных веществ;

- внедрение и повышение технико-экономического уровня системы оборотного водоснабжения.

Для техники и технологии с предупреждающим эффектом от природоохранных мероприятий справедливы неравенства [4]:

$$\mathcal{E}_{\text{абс}} = \Delta Q - Y_{\text{факт}} \geq 0, \quad (5.1)$$

$$\mathcal{E}_{\text{отн}} = \frac{Y_{\text{факт}}}{\Delta Q} \leq 1, \quad (5.2)$$

где $\mathcal{E}_{\text{абс}}$, $\mathcal{E}_{\text{отн}}$ – соответственно абсолютная и относительная экономическая эффективность природоохранных мероприятий, руб.; ΔQ – норматив экологической нагрузки (критический экономический ущерб, за рамками которого геотехническая система всегда неэффективна); $Y_{\text{факт}}$ – фактический экономический ущерб предприятия от негативного воздействия вредных веществ, руб.

Ущерб за рамками нормативной нагрузки компенсируется из прибыли Π и производство целесообразно, если

$$\Pi - Z_{\text{штр}} > 0,$$

где $Z_{\text{штр}}$ – размер штрафа за сверхлимитное антропогенное воздействие вредных веществ, руб.

Контрольные вопросы

1. Какие затраты предприятия необходимо учитывать при оценке экологической эффективности НТиТ ?
2. Назовите затраты предприятия, связанные с негативным воздействием вредных веществ на производственное оборудование и производственных рабочих.
3. Какими затратами оценивают экономический ущерб от загрязнения окружающей среды отходами производства ?
4. Какие виды базовых нормативов платы за выбросы и сбросы загрязняющих веществ Вы знаете ?
5. Назовите затраты предприятия на природоохранную деятельность.
6. Какие мероприятия способствуют повышению эффективности природоохранной деятельности предприятия ?

6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ

Основная трудность в определении технико-экономических показателей эффективности средств измерений (СИ) и в оценке влияния погрешности измерения на эти показатели заключается в том, что процесс измерения не сопровождается непосредственным созданием материальных ценностей [5].

Технико-экономическая эффективность приобретения или создания тех или иных СИ должна определяться с учетом следующих основных показателей:

- производительность измерения СИ должна соответствовать производительности ТП, для которого это СИ предназначено;
- стоимость СИ и его эксплуатации должна оправдываться приносимой пользой;
- точность измерения должна соответствовать допуску геометрического параметра детали.

Достаточно часто при определении технико-экономической эффективности СИ учитывают только производительность измерений, стоимость приобретения (изготовления) СИ и стоимость его эксплуатации, без учета точности измерений. В результате таких расчетов более точное, но, как правило, и более дорогое, а иногда и менее производительное СИ оказывается убыточным.

Экономический эффект от повышения точности измерений может быть обусловлен следующими причинами:

- повышение точности измерений позволяет соответственно точнее регулировать производственный процесс; технико-экономический эффект при этом определяется дополнительно выпускаемой продукцией и экономией сырья;

– более точные измерения позволяют сократить допуск на изготовление, а следовательно, повысить качество изделий; тот же результат достигается при более точной разбраковке без изменения допуска на изготовление; технико-экономический эффект в этом случае определяется повышением эксплуатационных свойств изделий (например, износостойкости), что эквивалентно выпуску дополнительной продукции;

– повышение точности измерений приводит к уменьшению количества неправильно принимаемых и неправильно бракуемых деталей.

Экономический эффект от уменьшения количества неправильно забракованных деталей \mathcal{E}_1 (руб.) можно рассчитать по формуле [5]

$$\mathcal{E}_1 = N_1 \cdot P_1 \cdot (n_1 - n_2) \cdot 0,01, \quad (6.1)$$

где N_1 – количество измеренных деталей за рассматриваемый промежуток времени (месяц, год); P_1 – стоимость одной детали, руб.; n_1 и n_2 – количество неправильно забракованных деталей при использовании СИ разной точности*, %.

Формулу (6.1) можно использовать также при решении вопроса об экономической целесообразности организации повторной перепроверки деталей, забракованных ранее, более точным измерительным средством. Такой расчет целесообразно проводить при введении производственного допуска [5], когда резко возрастает количество неправильно бракуемых деталей.

Экономический эффект от уменьшения количества неправильно принятых деталей \mathcal{E}_2 (\mathcal{E}'_2 или \mathcal{E}''_2) (руб.) рассчитывают по формулам [5]

* Под точностью и вариантом СИ понимают соответственно точность и вариант использования СИ в принятых условиях.

$$\mathcal{E}'_2 = N_2 \cdot P'_2 \cdot (m_1 - m_2) \cdot 0,01, \quad (6.2)$$

$$\mathcal{E}''_2 = N_2 \cdot P''_2 \cdot (m_1 - m_2) \cdot 0,01, \quad (6.3)$$

где N_2 – количество узлов, собираемых за рассматриваемый период;
 P'_2 – стоимость одного узла (или ее уменьшение при продаже узла как некондиционного), в который входит измеряемая деталь, руб.;
 P''_2 – стоимость сборочно-разборочных и испытательных работ по устранению последствий от установки бракованной детали в узел, руб.;
 m_1 и m_2 – количество неправильно принятых деталей при использовании СИ разной точности, %.

Для расчета экономического эффекта используют формулу (6.2) или (6.3) в зависимости от стоимости и конструктивных особенностей узла, в котором устанавливается измеряемая деталь.

Если узел содержит неразъемные соединения или разборка его затруднена и приводит к большим затратам (не только на разборку, но и на поиск бракованных деталей) по сравнению со стоимостью всего узла (например, в подшипниках), который после забракования идет в брак или продается как некондиционный, экономический эффект от уменьшения количества неправильно принятых деталей \mathcal{E}_2 рассчитывают по формуле (6.2).

Если разборка узла доступна и стоимость сборочно-разборочных и испытательных работ по устранению последствий от установки бракованной детали меньше стоимости самого узла, то расчет \mathcal{E}_2 выполняют по формуле (6.3).

Для определения параметров разбраковки m и n при измерении линейных размеров в ГОСТ 8.051-81 приведены графические зависимости величин m и n от относительной точности ТП изготовления детали $(IT / \sigma_{\text{тех}})$ и относительной погрешности измерения $A_{\text{мет}} = (\sigma_{\text{мет}} / IT) \cdot 100, \%$ (рис. 6.1).

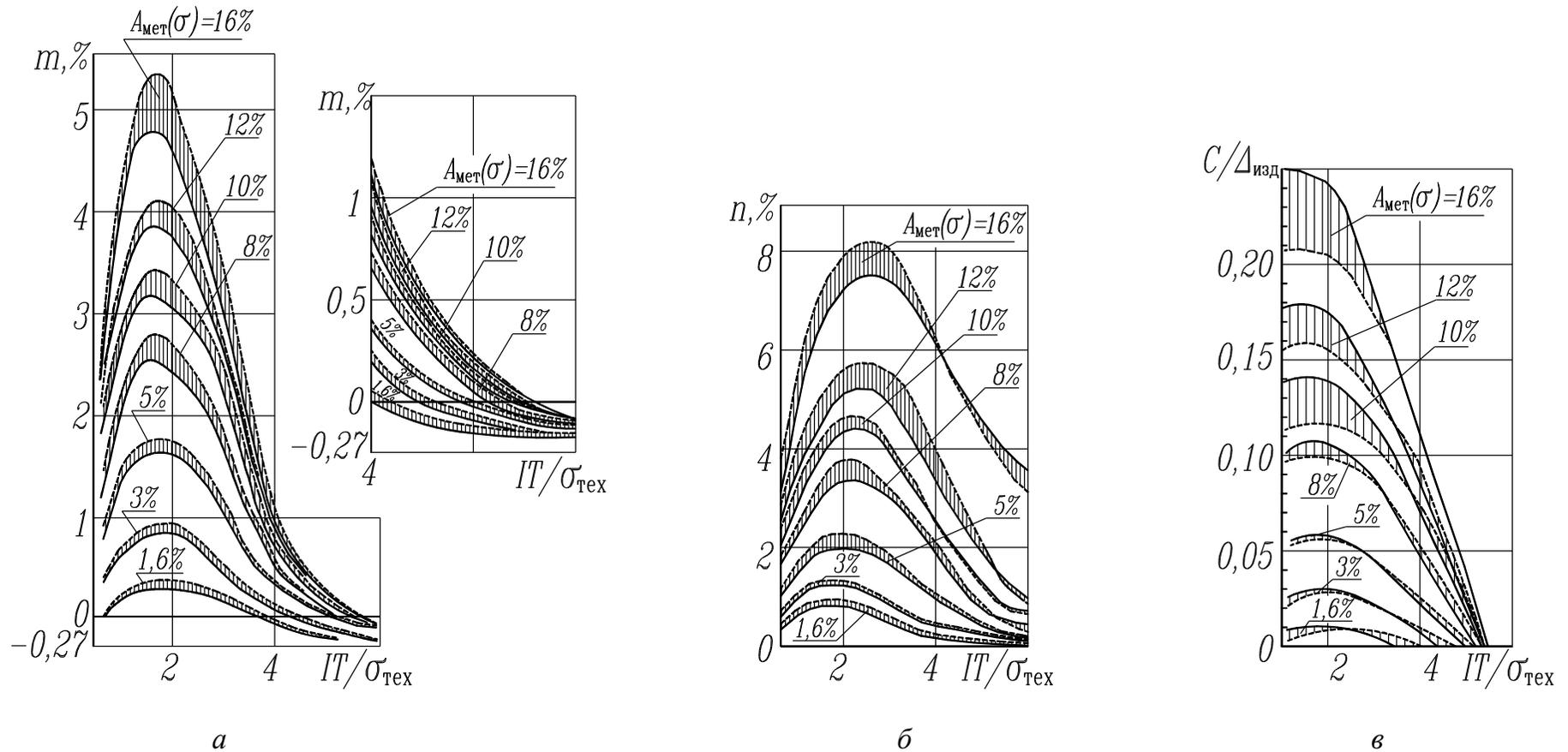


Рис. 6.1. Графики для определения: *а* – количества (в процентах от общего количества измеряемых деталей) неправильно принятых деталей *m*; *б* – количества неправильно забракованных деталей *n*; *в* – возможного перехода за границы поля допуска размеров неправильно принятых деталей *c* (ГОСТ 8.051); сплошная и штриховая линия – распределение погрешностей измерения подчиняется соответственно закону Гаусса (нормальному) и закону равной вероятности

При отсутствии данных о точности ТП изготовления детали используют предельные значения m и n (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Предельные значения параметров разбраковки (ГОСТ 8.051)*

| Относительная погрешность измерения $A_{\text{мет}}, \%$ | Вероятное количество неправильно принятых деталей $m, \%$ | Вероятное количество забракованных деталей $n, \%$ | Относительный выход за границы допуска у неправильно принятых деталей c/IT |
|--|---|--|--|
| 1,6 | От 0,37 до 0,39 | От 0,7 до 0,75 | 0,01 |
| 3 | От 0,87 до 0,9 | От 1,2 до 1,3 | 0,03 |
| 5 | От 1,6 до 1,7 | От 2,0 до 2,25 | 0,06 |
| 8 | От 2,6 до 2,8 | От 3,4 до 3,7 | 0,1 |
| 10 | От 3,1 до 3,5 | От 4,5 до 4,75 | 0,14 |
| 12 | От 3,75 до 4,1 | От 5,4 до 5,8 | 0,17 |
| 16 | От 5,0 до 5,4 | От 7,8 до 8,25 | 0,25 |

* Первые значения m и n соответствуют распределению погрешностей измерения по нормальному закону, вторые – по закону равной вероятности.

На графиках (см. рис. 6.1) и в табл. 6.1 относительная погрешность измерения $A_{\text{мет}}$ (%) равна [5]

$$A_{\text{мет}} = \frac{\sigma_{\text{мет}}}{IT} \cdot 100, \quad (6.4)$$

где IT – допуск размера, мм.

Для нормального закона распределения $\pm \Delta_{\text{lim}} = \pm 3\sigma_{\text{мет}}$. Тогда величину $A_{\text{мет}}$ можно принять равной

$$A_{\text{мет}} = \frac{\Delta_{\text{lim}}}{3IT} \cdot 100, \quad (6.5)$$

где Δ_{lim} – предельная погрешность измерения выбранным СИ, мм.

Экономический эффект от применения более точных измерений определяют в последовательности, приведенной ниже.

– Устанавливают допускаемую погрешность измерения заданного размера δ (табл. V, VI, VII [5]).

– Устанавливают по табл. V, VI (для наружных поверхностей) или по табл. VII (для внутренних поверхностей) [5] перечень рекомендуемых СИ.

– Выбирают по табл. I (для наружных поверхностей) или по табл. II (для внутренних поверхностей) [5] не менее трех вариантов СИ, проверяя выполнение условий:

а) диапазон измерения выбранных СИ должен быть больше проверяемого размера;

б) диапазон показаний выбранных СИ должен быть больше допуска проверяемого размера IT ;

в) предельная погрешность измерения с помощью выбранных СИ (в принятых условиях измерения) должна быть меньше или равна допускаемой погрешности измерения;

г) предельные погрешности измерения выбранными СИ в принятых условиях измерения должны соотноситься следующим образом:

$$\Delta_{lim}^{(1)} \geq 1,5 \Delta_{lim}^{(2)} ;$$

$$\Delta_{lim}^{(2)} \geq 1,5 \Delta_{lim}^{(3)} ,$$

(верхний индекс (1), (2) или (3) здесь и далее соответствует номеру сравниваемого варианта СИ).

– Метрологические характеристики выбранных СИ и условий их применения заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 6.2 (см. пример 4 на с. 77).

– Определяют по формуле (6.5) относительные погрешности измерения $A_{\text{мет}}$ выбранными СИ.

– Устанавливают по табл. 6.1 параметры разбраковки m и n деталей по заданному размеру для всех вариантов СИ.

– Рассчитывают по формуле (6.1) годовой экономический эффект \mathcal{E}_1 , получаемый за счет сокращения количества неправильно забракованных деталей при применении более точных СИ (здесь и далее сравнивают варианты 1 и 2 и 2 и 3).

– Рассчитывают по формулам (6.2) или (6.3) годовой экономический эффект \mathcal{E}_2 , получаемый за счет сокращения количества неправильно принятых деталей при применении более точных СИ.

– Рассчитывают суммарный годовой экономический эффект от применения более точных СИ

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2.$$

– Результаты расчетов заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 6.3 (см. с. 79).

– Делают выводы об эффективности применения более точных измерений.

Пример 4

Необходимо выбрать универсальные СИ вала $\varnothing 20$ к6; определить годовой экономический эффект от применения более точных СИ.

Исходные данные: количество измеряемых за год деталей $N_1 = 10\,000$ шт.; количество собираемых за год узлов $N_2 = 10\,000$ шт.; стоимость одной детали $P_1 = 2000$ руб.; стоимость одного узла $P'_2 = 8000$ руб.; распределение погрешностей измерения – нормальное; погрешность ТП изготовления – неизвестна.

– Устанавливаем по табл. VI [5] допускаемую погрешность измерения вала $\varnothing 20 k6$ ($IT = 0,013$ мм); $\delta = 0,004$ мм.

– Устанавливаем по табл. V и VI [5] перечень рекомендуемых универсальных СИ, позволяющих измерить вал $\varnothing 20$ мм 6-го качества в принятых условиях. Это СИ под номерами 6а, 6в, 7к, 9а, 10а, 11в, 12а, 14б, 16а, 20а, 32а, 32в, 34а и 36а.

– Из приведенного перечня выбираем три СИ, предельные погрешности измерения которых соотносятся следующим образом (см. с. 76) :

$$\Delta_{lim}^{(1)} \geq 1,5 \Delta_{lim}^{(2)}; \quad \Delta_{lim}^{(2)} \geq 1,5 \Delta_{lim}^{(3)}.$$

Этому условию удовлетворяют СИ, метрологические характеристики и условия использования которых приведены в табл. 6.2.

Таблица 6.2

Метрологические характеристики условия использования выбранных СИ

| Наименование СИ Характеристика СИ | Микрометр рычажный МР-25 (6, а) * | Головка рычажно- зубчатая 1ИГ (10, а) * | Головка пружинная 1ИГП (16, а) * |
|---|--|--|---|
| Диапазон измерений, мм | 0 – 25 | – | – |
| Диапазон показаний, мм | $\pm 0,14$ | $\pm 0,05$ | $\pm 0,03$ |
| Цена деления, мм | 0,002 | 0,001 | 0,001 |
| Предельная погрешность измерения, мм | 0,004 | 0,002 | 0,001 |
| Условия использования | Установка на ноль по установочной мере, температурный режим ** 5°C | Штатив Ш–ПН, настройка по концевым мерам 5-го разряда, температурный режим 2°C | Стойка С–П, настройка по концевым мерам 1-го класса точности, температурный режим 2°C |
| * – В скобках указан порядковый номер СИ по табл. I [5] | | | |

** Температурный режим – это условная, выраженная в градусах Цельсия, разность температур объекта измерения и СИ, которая при «идеальных» условиях вызовет ту же погрешность от температурных деформаций, как и весь комплекс реально существующих причин. Эти условия сводятся к тому, что и СИ, и объект измерения имеют постоянную по объему температуру, а коэффициент линейного расширения материалов, из которых они изготовлены, равен $11,6 \cdot 10^{-6}$ 1/град [5].

Все приведенные в табл. 6.2 СИ позволяют измерять валы с диаметром 20 мм; их диапазоны показаний превышают допуск размера $\varnothing 20 k6$, равный 0,013 мм; предельные погрешности измерения этими СИ в принятых условиях меньше допускаемой погрешности измерения, равной 0,004 мм.

– Определяем по формуле (6.5) относительные погрешности измерения $A_{мет}$ выбранными СИ:

$$A_{мет}^{(1)} = \frac{0,004}{3 \cdot 0,013} \cdot 100 \% \approx 10 \% ;$$

$$A_{мет}^{(2)} = \frac{0,002}{3 \cdot 0,013} \cdot 100 \% \approx 5 \% ;$$

$$A_{мет}^{(3)} = \frac{0,001}{3 \cdot 0,013} \cdot 100 \% \approx 3 \% .$$

– Устанавливаем по табл. 6.1 параметры разбраковки m и n деталей по размеру $\varnothing 20 k6$ для всех вариантов СИ, заносим их значения в табл. 6.3.

Таблица 6.3

Результаты расчетов

| № варианта | Наименование СИ | Предельная погрешность измерения в принятых условиях Δ_{lim} , мм | Относительная погрешность измерения $A_{мет}$, % | Параметры разбраковки, % | | Годовой экономический эффект, тыс. руб. | | |
|------------|------------------------------|--|---|--------------------------|-----|---|-----------------|---------------|
| | | | | m | n | \mathcal{E}_1 | \mathcal{E}_2 | \mathcal{E} |
| 1 | Микрометр рычажный МР–25 | 0,004 | 10 | 3,1 | 4,5 | – | – | – |
| 2 | Головка рычажно-зубчатая 1ИГ | 0,002 | 5 | 1,6 | 2,0 | 500 | 1200 | 1700 |
| 3 | Головка пружинная 1ИГП | 0,001 | 3 | 0,87 | 1,2 | 160 | 584 | 744 |

– Рассчитываем по формуле (6.1) годовой экономический эффект \mathcal{E}_1 , получаемый за счет сокращения количества неправильно забракованных деталей при применении более точных СИ.

При замене микрометра рычажного МР–25 головкой рычажно-зубчатой 1ИГ количество неправильно забракованных деталей уменьшается от $n_1 = n^{(1)} = 4,5\%$ до $n_2 = n^{(2)} = 2,0\%$. Тогда

$$\begin{aligned}\mathcal{E}_1 &= N_1 \cdot P_1 \cdot (n^{(1)} - n^{(2)}) \cdot 0,01 = \\ &= 10\,000 \cdot 2000 \cdot (4,5 - 2,0) \cdot 0,01 = 500 \text{ тыс. руб.}\end{aligned}$$

При замене головки 1ИГ пружинной головкой 1ИГП $n_1 = n^{(2)} = 2,0\%$, $n_2 = n^{(3)} = 1,2\%$.

$$\mathcal{E}_1 = 10\,000 \cdot 2000 \cdot (2,0 - 1,2) \cdot 0,01 = 160 \text{ тыс. руб.}$$

– Рассчитываем по формуле (6.2) годовой экономический эффект, получаемый за счет уменьшения количества неправильно принятых деталей.

При замене микрометра рычажного МР–25 головкой рычажно-зубчатой 1ИГ количество неправильно принятых деталей уменьшается от $m_1 = m^{(1)} = 3,1\%$ до $m_2 = m^{(2)} = 1,6\%$. Тогда

$$\begin{aligned}\mathcal{E}_2 &= N_2 \cdot P'_2 \cdot (m^{(1)} - m^{(2)}) \cdot 0,01 = \\ &= 10\,000 \cdot 8000 \cdot (3,1 - 1,6) \cdot 0,01 = 1200 \text{ тыс. руб.}\end{aligned}$$

При замене головки 1ИГ пружинной головкой 1ИГП $m_1 = m^{(2)} = 1,6\%$ до $m_2 = m^{(3)} = 0,87\%$.

$$\mathcal{E}_2 = 10\,000 \cdot 8000 \cdot (1,6 - 0,87) \cdot 0,01 = 584 \text{ тыс. руб.}$$

– Рассчитываем суммарный годовой экономический эффект от применения более точных СИ.

При замене микрометра рычажного МР–25 головкой рычажно-зубчатой 1ИГ

$$\text{Э} = 500 + 1200 = 1700 \text{ тыс. руб.}$$

При замене головки 1ИГ пружинной головкой 1ИГП

$$\text{Э} = 160 + 584 = 744 \text{ тыс. руб.}$$

Результаты расчетов заносим в табл. 6.3.

Таким образом, расчеты показали, что при замене микрометра рычажного МР–25 более точными рычажно-зубчатой 1ИГ или пружинной головкой 1ИГП могут быть получены значительные экономические эффекты.

Окончательный вывод о целесообразности применения более точных СИ можно сделать, если будут известны другие экономические показатели измерительных процессов: стоимость СИ, их наработки до повторной настройки и до ремонта, время, затрачиваемое на наработку и др.

Контрольные вопросы

1. Какие показатели определяют технико-экономическую эффективность приобретения или создания СИ ?
2. Какими факторами может быть обусловлен экономический эффект от повышения точности измерений ?
3. Чем вызвано появление неправильно принятых и неправильно отбракованных деталей при измерении геометрических параметров деталей ?

4. Зависит ли количество неправильно принятых и неправильно отбракованных деталей от точности ТП их изготовления ?

5. Каким параметром оценивают точность измерений при определении количества неправильно принятых и неправильно отбракованных деталей ?

6. Для каких законов распределения погрешностей измерения в ГОСТ 8.051 приведены данные о количестве неправильно принятых и неправильно отбракованных деталей ?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В учебном пособии приведены материалы, позволяющие выполнить оценку экономической и экологической эффективности ТП механической обработки заготовок и средств технологического оснащения таких ТП.

Изложенные материалы сопровождаются примерами использования теоретических положений для решения практических задач оценки эффективности НТ и Т. Приведенные в пособии последовательность решения тематических задач и исходные данные к последним предназначены для методического обеспечения предусмотренных учебным планом практических занятий по дисциплине «Методы оценки экономической эффективности новой техники и технологий».

Учебное пособие может быть использовано как для изучения вышеназванной дисциплины, так и для обоснования принятых решений при выполнении выпускных квалификационных работ по направлениям 15.03.05, 15.04.05 и специальности 23.05.01.

| | | | |
|---|---------------|---------------------------------------|----------------|
| Нормативный показатель | | Предельная погрешность | |
| эффективности капитальных | | измерения | 76 |
| вложений | 5,27 | | |
| Нормативная величина | | Срок окупаемости | 26,40 |
| значимости критерия | 18 | | |
| Нормативное значение приоритета | | Технологическая | |
| критерия | 6,16,18–20,22 | себестоимость | 24,25,28 |
| | | | |
| Относительная погрешность | | Чистый дисконтированный | |
| измерения | 73,75 | доход | 40,41 |
| | | | |
| Параметры разбраковки | 73,75,77,79 | Экономическая эффективность | |
| Показатели технико-экономической | | повышения точности измерений | 71 |
| эффективности НТиТ | 7 | Экономический ущерб от загряз- | |
| – частные | 24 | нения окружающей среды отхо- | |
| – обобщающие | 26 | дами производства | 67,68–70,86,88 |
| – результирующие | 26 | Эксплуатационные затраты | 29,34,40 |

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Тестовые задания

1. При выборе критериев эффективности операций механической обработки предпочтение следует отдавать критериям...
 - а) производительности обработки;
 - б) качества деталей;
 - в) экономическим;
 - г) работоспособности режущего инструмента.

2. Показатели качества обработанных деталей не определяют...
 - а) стоимостные характеристики производства;
 - б) эксплуатационные характеристики деталей;
 - в) экологичность производства;
 - г) коррозионную стойкость деталей.

3. Затраты на режущий инструмент (РИ) не зависят от...
 - а) износа РИ;
 - б) интенсивности изнашивания РИ;
 - в) вспомогательного времени операции;
 - г) машинного времени операции.

4. В качестве граничных условий при экономическом обосновании режима шлифования можно принять...
 - а) максимальную стойкость инструмента;
 - б) допустимую температуру в зоне резания;
 - в) максимальный расход СОЖ;
 - г) минимальный расход СОЖ.

5. Приведенные затраты на обработку имеют размерность...
 - а) руб.;
 - б) руб./мин;

- в) руб./мм³;
- г) руб./(мм · мин).

6. Оптимизация режима обработки по экономическим критериям не обеспечивает...

- а) уменьшение стоимости изделия;
- б) уменьшение приведенных затрат на изготовление изделия;
- в) повышения качества изделий;
- г) уменьшение производительности обработки.

7. С увеличением абсолютной величины критериев технологической эффективности K_T и K_N внедрения новой техники или технологии на операциях механической обработки экономическая эффективность этой техники или технологии...

- а) уменьшается;
- б) увеличивается;
- в) не изменяется;
- г) практически не изменяется.

8. Система единых критериев качества обработки может содержать...

- а) только критерии точности;
- б) только критерии износостойкости;
- в) любые критерии качества;
- г) только критерии усталостной прочности деталей.

9. На практике экономический ущерб от загрязнения предприятия СОТС и их отходами оценивают ...

- а) косвенно с помощью экологических критериев;
- б) прямым расчетом соответствующих затрат;
- в) косвенно с помощью технологических критериев.

10. Точность измерения геометрических параметров деталей должна...

- а) быть как можно выше;

- б) соответствовать допуску измеряемого параметра;
- в) соответствовать цене деления СИ.

11. Затраты на заработную плату рабочего не зависят от...

- а) штучного времени операции;
- б) стоимости заготовки;
- в) величины перебега режущего инструмента;
- г) производительности обработки.

12. Под экономическим обоснованием режима обработки понимают выбор режима шлифования, обеспечивающего...

- а) максимальную производительность;
- б) высокое качество;
- в) минимальные затраты и высокое качество;
- г) минимальные затраты и требуемое качество.

13. Под технологическими критериями повышения эффективности понимают...

а) отношение абсолютных параметров операции (машинного времени, мощности резания, стойкости РИ и др.) к приведенным затратам;

б) отношение соответствующих параметров операции (машинного времени, мощности резания, стойкости РИ и др.) в новом и базовом вариантах;

в) разность абсолютных параметров операции (машинного времени, мощности резания, стойкости РИ и др.) в новом и базовом вариантах;

г) отношение разности абсолютных параметров операции (машинного времени, мощности резания, стойкости РИ и др.) в новом и базовом вариантах к соответствующим значениям в базовом варианте.

14. К результирующим технико-экономическим показателям эффективности новой техники и технологии, внедряемым на операциях механической обработки заготовок, относятся...

- а) экономия приведенных затрат;
- б) прибыль;
- в) рентабельность;
- г) энергоёмкость операции.

15. Экономический ущерб от загрязнения окружающей среды вредными веществами оценивают...

- а) размером платы за размещение жидких вредных веществ в природных водоемах;
- б) затратами на компенсацию потерь смазочных материалов, отходящих со сточными водами;
- в) затратами на компенсацию износа технологического оборудования при воздействии на него жидких вредных веществ.

16. Технико-экономическая эффективность приобретения СИ определяется с учетом...

- а) производительности измерения СИ и его точности;
- б) точности СИ и его назначением;
- в) стоимости СИ и его эксплуатации и назначения СИ;
- г) точности измерения СИ и размеров объекта измерения.

17. С помощью системы единых технологических критериев нельзя выполнить...

- а) экономический анализ системы менеджмента качества подразделений предприятия;
- б) структурную оптимизацию технологических линий механической обработки;
- в) параметрическую оптимизацию технологических линий механической обработки;
- г) экономический анализ действующих технологических линий механической обработки.

18. Для определения значимости критериев составляют матрицу...
- а) значимости;
 - б) предпочтительности;
 - в) сравнения;
 - г) смежности.
19. Сумма параметров « b » в формуле для определения величины изменения технологической себестоимости определяет...
- а) разность себестоимостей в новом и базовом вариантах;
 - б) разность себестоимостей в базовом и новом вариантах;
 - в) себестоимость механической обработки в базовом варианте;
 - г) себестоимость механической обработки в новом варианте.
20. При использовании метода расстановки приоритета для определения эффективности внедряемых на технологической операции мероприятий нормированные значения приоритетов $\rho_i^{\text{отн}}$ определяют по формуле...
- а) $\rho_i^{\text{отн}} = \rho_i / \sum \rho_i$;
 - б) $\rho_i^{\text{отн}} = \rho_i / n$;
 - в) $\rho_i^{\text{отн}} = n \cdot \rho_i$;
 - г) $\rho_i^{\text{отн}} = \rho_i / n \cdot \sum \rho_i$.

Таблица

Ответы к тестовым заданиям

| Номер теста | Ответ |
|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|
| 1 | в | 6 | в | 11 | б | 16 | а |
| 2 | в | 7 | а | 12 | г | 17 | а |
| 3 | в | 8 | в | 13 | б | 18 | г |
| 4 | б | 9 | а | 14 | в | 19 | в |
| 5 | а | 10 | б | 15 | а | 20 | а |

Приложение 2

Исходные данные к практическому занятию «Оценка эффективности НТиТ по методу расстановки приоритета»

| Номер варианта | Наименование НТиТ* | Критерии технологической эффективности НТиТ** | Вариант НТиТ | | | Система сравнения критериев по их значимости |
|----------------|---------------------------------|---|--------------|-----|-----|---|
| | | | B1 | B2 | B3 | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Конструкция шлифовального круга | $K_{ш}$ | 40 | 30 | 60 | $K_{ш} < Ra,$ $K_{ш} > \tau,$ $Ra > \tau$ |
| | | τ | 24 | 24 | 24 | |
| | | Ra | 0,6 | 0,8 | 0,8 | |
| 2 | То же | $K_{ш}$ | 20 | 30 | 40 | $K_{ш} > Ra,$ $K_{ш} > \tau,$ $Ra < \tau$ |
| | | τ | 24 | 30 | 30 | |
| | | Ra | 0,8 | 0,6 | 0,6 | |
| 3 | То же | $K_{ш}$ | 50 | 50 | 40 | $K_{ш} < Ra,$ $K_{ш} < \tau,$ $Ra > \tau$ |
| | | τ | 28 | 30 | 40 | |
| | | Ra | 1,6 | 1,0 | 1,2 | |
| 4 | То же | $K_{ш}$ | 50 | 50 | 40 | $K_{ш} = Ra,$ $K_{ш} < \tau,$ $Ra > \tau$ |
| | | τ | 30 | 24 | 24 | |
| | | Ra | 0,8 | 1,2 | 0,8 | |
| 5 | То же | $K_{ш}$ | 40 | 30 | 40 | $K_{ш} < Ra,$ $K_{ш} < \tau,$ $Ra = \tau$ |
| | | τ_c | 22 | 24 | 20 | |
| | | Ra | 0,8 | 0,8 | 0,6 | |
| 6 | Покрытие режущего инструмента | τ | 40 | 30 | 40 | $\tau > N_p,$ $\tau > Ra,$ $N_p = Ra$ |
| | | N_p | 2,5 | 2,5 | 2,0 | |
| | | Ra | 3,2 | 2,5 | 2,5 | |

Продолжение прил. 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----|----------------------------------|----------|-----|-----|-----|---|
| 7 | То же | τ | 50 | 50 | 30 | $\tau > N_p,$ $\tau = Ra,$ $N_p < Ra$ |
| | | N_p | 3,2 | 3,2 | 2,5 | |
| | | Ra | 3,2 | 3,8 | 3,2 | |
| 8 | То же | τ | 30 | 30 | 30 | $\tau > N_p,$ $\tau < Ra,$ $N_p = Ra$ |
| | | N_p | 2,0 | 2,5 | 2,0 | |
| | | Ra | 2,5 | 2,0 | 3,2 | |
| 9 | То же | τ | 40 | 50 | 40 | $\tau_c > N_p,$ $\tau_c = Ra,$ $N_p = Ra$ |
| | | N_p | 1,5 | 2,0 | 2,5 | |
| | | Ra | 3,2 | 3,2 | 3,0 | |
| 10 | То же | τ_c | 40 | 30 | 50 | $\tau > N_p,$ $\tau < Ra,$ $N_p = Ra$ |
| | | N_p | 2,0 | 2,0 | 2,5 | |
| | | Ra | 3,2 | 3,2 | 3,2 | |
| 11 | Состав СОТС при шлифовании | $K_{ш}$ | 6 | 6 | 15 | $K_{ш} < \tau,$ $K_{ш} < Ra,$ $\tau = Ra$ |
| | | τ | 2,0 | 2,5 | 1,2 | |
| | | Ra | 0,8 | 1,6 | 0,8 | |
| 12 | То же | $K_{ш}$ | 4 | 5 | 6 | $K_{ш} = \tau,$ $K_{ш} < \tau,$ $\tau > Ra$ |
| | | τ | 1,5 | 2,0 | 2,0 | |
| | | Ra | 0,8 | 1,0 | 0,8 | |
| 13 | То же | $K_{ш}$ | 4 | 6 | 3 | $K_{ш} < \tau,$ $K_{ш} > Ra,$ $\tau < Ra$ |
| | | τ | 1,8 | 2,0 | 1,6 | |
| | | Ra | 1,6 | 1,6 | 1,2 | |
| 14 | То же | $K_{ш}$ | 4 | 4 | 4 | $K_{ш} = \tau,$ $K_{ш} > Ra,$ $\tau < Ra$ |
| | | τ | 2,0 | 2,0 | 1,6 | |
| | | Ra | 0,8 | 1,2 | 1,2 | |
| 15 | Режим шлифования | K_p | 0,4 | 0,6 | 0,4 | $K_p < \tau,$ $K_p < Ra,$ $\tau > Ra$ |
| | | τ | 1,7 | 1,7 | 2,0 | |
| | | Ra | 0,8 | 0,7 | 1,0 | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----|---------------------------------|--------|-----|-----|-----|---|
| 16 | То же | K_p | 0,5 | 0,4 | 0,4 | $K_p < \tau$, $K_p > \tau$, $\tau = Ra$ |
| | | τ | 2,1 | 2,0 | 1,6 | |
| | | Ra | 0,9 | 1,2 | 0,8 | |
| 17 | То же | K_p | 0,4 | 0,4 | 0,6 | $K_p > \tau$, $K_p < Ra$, $\tau < Ra$ |
| | | τ | 2,1 | 1,6 | 1,9 | |
| | | Ra | 0,7 | 0,8 | 0,8 | |
| 18 | То же | K_p | 0,5 | 0,6 | 0,4 | $K_p = \tau$, $K_p < Ra$, $\tau > Ra$ |
| | | τ | 2,0 | 1,7 | 1,6 | |
| | | Ra | 0,8 | 0,8 | 0,8 | |
| 19 | Геометрия РИ | τ | 20 | 28 | 24 | $\tau > N_p$, $\tau = Ra$, $N_p < Ra$ |
| | | N_p | 1,8 | 2,0 | 2,1 | |
| | | Ra | 2,0 | 2,5 | 2,6 | |
| 20 | То же | τ | 35 | 28 | 32 | $\tau > N_p$, $\tau > Ra$, $N_p = Ra$ |
| | | N_p | 2,0 | 2,4 | 2,6 | |
| | | Ra | 2,5 | 2,8 | 2,8 | |
| 21 | То же | τ | 20 | 24 | 28 | $\tau < N_p$, $\tau = Ra$, $N_p = Ra$ |
| | | N_p | 2,0 | 2,0 | 2,0 | |
| | | Ra | 2,2 | 2,4 | 2,8 | |
| 22 | То же | τ | 30 | 32 | 28 | $\tau > N_p$, $\tau > Ra$, $N_p = Ra$ |
| | | N_p | 2,0 | 2,4 | 2,4 | |
| | | Ra | 2,4 | 2,8 | 3,0 | |
| 23 | Материал режущей части РИ | τ | 20 | 20 | 25 | $\tau > N_p$, $\tau = Ra$, $N_p < Ra$ |
| | | N_p | 1,8 | 3,0 | 2,6 | |
| | | Ra | 6,3 | 5,6 | 4,8 | |
| 24 | То же | τ | 30 | 20 | 25 | $\tau > N_p$, $\tau < Ra$, $N_p < Ra$ |
| | | N_p | 2,5 | 3,0 | 2,6 | |
| | | Ra | 4,0 | 4,8 | 5,6 | |
| 25 | То же | τ | 30 | 40 | 45 | $\tau = N_p$, $\tau > Ra$, $N_p < Ra$ |
| | | N_p | 2,0 | 2,0 | 2,2 | |
| | | Ra | 2,5 | 2,8 | 2,8 | |
| 26 | То же | τ | 45 | 45 | 30 | $\tau < N_p$, $\tau > Ra$, $N_p = Ra$ |
| | | N_p | 2,5 | 3,0 | 2,5 | |
| | | Ra | 3,0 | 3,6 | 2,2 | |

* Под мероприятием понимают то или иное техническое решение по НТИТ.
 ** – $K_{ш}$ – коэффициент шлифования; τ – стойкость РИ, мин; Ra – среднее арифметическое отклонение профиля, мкм.

Приложение 3

Исходные данные к практическому занятию «Расчёт экономического эффекта от повышения точности измерений линейных размеров»

| Номер вари- анта задания | Измеряемый размер | Количество измеряемых за год деталей N_1 , штук | Количество собираемых за год узлов, N_2 , штук | Стоимость, руб. | | |
|-----------------------------------|----------------------|---|---|--------------------------|--------------------------|---|
| | | | | одной детали P_1 | одного узла P'_2 | сборочно- разборочных работ P''_2 |
| 1 | Ø 18 H7 | 10 000 | 10 000 | 3000 | – | 1500 |
| 2 | Ø 20 g6 | 10 000 | 5000 | 3500 | 20 000 | – |
| 3 | Ø 30 f6 | 8000 | 4000 | 4000 | – | 2000 |
| 4 | Ø 40 H8 | 8000 | 2000 | 4000 | 30 000 | – |
| 5 | Ø 40 e8 | 5000 | 5000 | 4500 | – | 2500 |
| 6 | Ø 50 H9 | 5000 | 2500 | 5000 | 22 000 | – |
| 7 | Ø 50 d9 | 4000 | 4000 | 5000 | – | 1800 |
| 8 | Ø 60H10 | 4000 | 2000 | 6000 | 28 000 | – |
| 9 | Ø 20 F8 | 8000 | 8000 | 2500 | – | 2000 |
| 10 | Ø 40 Js7 | 8000 | 4000 | 3000 | 32 000 | – |
| 11 | Ø 50 K7 | 6000 | 6000 | 3500 | – | 2200 |
| 12 | Ø 50 h6 | 6000 | 3000 | 3500 | 22 000 | – |
| 13 | Ø 60 M7 | 5000 | 5000 | 4000 | – | 2500 |
| 14 | Ø 80 N7 | 5000 | 2500 | 6000 | 40 000 | – |
| 15 | Ø 50 f6 | 4000 | 4000 | 3500 | – | 1900 |
| 16 | Ø 20 u6 | 4000 | 2000 | 2000 | 18 000 | – |
| 17 | Ø 50 p6 | 10 000 | 10 000 | 4000 | – | 2000 |
| 18 | Ø 80 r6 | 10 000 | 5000 | 6000 | 31 000 | – |
| 19 | Ø 16 u8 | 9000 | 9000 | 1500 | – | 2000 |
| 20 | Ø 20 e8 | 9000 | 45 000 | 2000 | 20 000 | – |
| 21 | Ø 30 d9 | 8000 | 8000 | 2000 | – | 2200 |
| 22 | Ø 40 k7 | 8000 | 4000 | 2500 | 25 000 | – |
| 23 | Ø 50 t8 | 7000 | 7000 | 2500 | – | 2200 |
| 24 | Ø 60 x8 | 7000 | 3500 | 3000 | 25 000 | – |
| 25 | Ø 70 E9 | 6000 | 6000 | 3500 | – | 2500 |
| 26 | Ø 80 D10 | 6000 | 3000 | 4000 | 30 000 | – |
| 27 | Ø 80 h9 | 8000 | 8000 | 4000 | – | 3000 |
| 28 | Ø 20 M8 | 8000 | 4000 | 1800 | 15 000 | – |
| 29 | Ø 80 T7 | 5000 | 5000 | 2900 | – | 3200 |
| 30 | Ø 40 s7 | 5000 | 2500 | 2000 | 28 000 | – |

Приложение 4

Исходные данные к практическому занятию «Экономический анализ ТП с использованием системы единых критериев технологической эффективности НТиГ»

| Вариант задания | Вариант НТиГ | Критерии технологической эффективности НТиГ | | | | |
|-----------------|--------------|---|-------|-------|----------|---------|
| | | K_M | K_B | K_N | K_τ | $K_{ж}$ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 2 | 1 | 0,6 | 1 | 1 | 1 |
| | 3 | 0,8 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 4 | 0,8 | 0,6 | 1 | 1 | 1 |
| | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| | 6 | 0,9 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 7 | 0,9 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 2 | 1 | 1 | 0,5 | 1 | 1 |
| | 3 | 0,7 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 4 | 0,7 | 1 | 0,5 | 1 | 1 |
| | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,5 |
| | 6 | 0,8 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 7 | 0,8 | 1 | 1 | 1 | 0,5 |
| | 8 | 0,8 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 2 | 1 | 1 | 1 | 0,5 | 1 |
| | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| | 4 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| | 5 | 0,8 | 1 | 1 | 0,5 | 1 |
| | 6 | 0,8 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 7 | 0,8 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| | 8 | 0,8 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 2 | 1 | 0,5 | 1 | 1 | 1 |
| | 3 | 0,9 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 4 | 0,9 | 0,5 | 1 | 1 | 1 |
| | 5 | 1 | 1 | 0,8 | 1 | 1 |
| | 6 | 0,8 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 7 | 0,8 | 1 | 0,8 | 1 | 1 |

Продолжение прил. 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 2 | 1 | 0,9 | 1 | 1 | 1 |
| | 3 | 0,7 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 4 | 0,7 | 0,9 | 1 | 1 | 1 |
| | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,5 |
| | 6 | 0,9 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 7 | 0,9 | 1 | 1 | 1 | 0,5 |
| 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 2 | 1 | 1 | 0,6 | 1 | 1 |
| | 3 | 0,9 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 4 | 0,9 | 1 | 0,6 | 1 | 1 |
| | 5 | 1 | 1 | 0,5 | 1 | 1 |
| | 6 | 1 | 0,9 | 1 | 1 | 1 |
| | 7 | 1 | 0,9 | 0,5 | 1 | 1 |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| | 3 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 |
| | 4 | 1 | 1 | 1 | 5 | 1 |
| | 5 | 1 | 1 | 0,5 | 1 | 1 |
| | 6 | 1 | 1 | 0,5 | 2 | 1 |
| | 7 | 1 | 1 | 0,5 | 4 | 1 |
| | 8 | 1 | 1 | 0,5 | 5 | 1 |
| 8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 2 | 1 | 1 | 1 | 0,5 | 1 |
| | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| | 4 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| | 5 | 1 | 1 | 1 | 0,5 | 2 |
| | 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| | 7 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| | 8 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 |
| 9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 2 | 1 | 1 | 0,5 | 1 | 1 |
| | 3 | 0,8 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 4 | 0,8 | 1 | 0,5 | 1 | 1 |
| | 5 | 1 | 1 | 1 | 0,5 | 1 |
| | 6 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| | 7 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 |

Продолжение прил. 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 2 | 1 | 1 | 1 | 0,5 | 1 |
| | 3 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 1 |
| | 4 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2,5 |
| | 6 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2,5 |
| | 7 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2,5 |
| | 8 | 1 | 1 | 1 | 5 | 2,5 |
| 11 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,7 |
| | 3 | 1 | 1 | 0,8 | 1 | 1 |
| | 4 | 1 | 1 | 0,8 | 1 | 0,7 |
| | 5 | 1 | 1 | 1 | 0,5 | 0,7 |
| | 6 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 0,7 |
| | 7 | 1 | 1 | 1 | 2 | 0,7 |
| | 8 | 1 | 1 | 1 | 3 | 0,7 |
| 12 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 2 | 1 | 0,3 | 1 | 1 | 1 |
| | 3 | 0,9 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 4 | 0,9 | 0,3 | 1 | 1 | 1 |
| | 5 | 1 | 1 | 0,8 | 1 | 1 |
| | 6 | 0,8 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 7 | 0,8 | 1 | 0,8 | 1 | 1 |
| 13 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 2 | 1 | 0,6 | 1 | 1 | 1 |
| | 3 | 0,8 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 4 | 0,8 | 0,6 | 1 | 1 | 1 |
| | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| | 6 | 0,7 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 7 | 0,7 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| | 8 | 0,7 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 14 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 2 | 1 | 1 | 0,7 | 1 | 1 |
| | 3 | 0,8 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 4 | 0,8 | 1 | ,07 | 1 | 1 |
| | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,3 |
| | 6 | 0,9 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 7 | 0,9 | 1 | 1 | 1 | 0,3 |
| | 8 | 0,9 | 1 | 1 | 1 | 2,5 |

Продолжение прил. 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| 15 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 2 | 1 | 1 | 1 | 0,7 | 1 |
| | 3 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 1 |
| | 4 | 1 | 1 | 1 | 2,5 | 1 |
| | 5 | 0,7 | 1 | 1 | 0,7 | 1 |
| | 6 | 0,7 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 7 | 0,7 | 1 | 1 | 1,5 | 1 |
| | 8 | 0,7 | 1 | 1 | 2,5 | 1 |
| 16 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 2 | 1 | 0,6 | 1 | 1 | 1 |
| | 3 | 0,8 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 4 | 0,8 | 0,6 | 1 | 1 | 1 |
| | 5 | 1 | 1 | 0,7 | 1 | 1 |
| | 6 | 0,7 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 7 | 0,7 | 1 | 0,7 | 1 | 1 |
| 17 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 2 | 1 | 0,7 | 1 | 1 | 1 |
| | 3 | 0,8 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 4 | 0,8 | 0,7 | 1 | 1 | 1 |
| | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,8 |
| | 6 | 0,7 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 7 | 0,7 | 1 | 1 | 1 | 0,8 |
| 18 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 2 | 1 | 1 | 0,5 | 1 | 1 |
| | 3 | 0,8 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 4 | 0,8 | 1 | 0,5 | 1 | 1 |
| | 5 | 1 | 1 | 0,6 | 1 | 1 |
| | 6 | 1 | 0,9 | 1 | 1 | 1 |
| | 7 | 1 | 0,9 | 0,5 | 1 | 1 |
| 19 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| | 3 | 1 | 1 | 1 | 5 | 1 |
| | 4 | 1 | 1 | 1 | 10 | 1 |
| | 5 | 1 | 1 | 0,7 | 1 | 1 |
| | 6 | 1 | 1 | 0,7 | 2 | 1 |
| | 7 | 1 | 1 | 0,7 | 3 | 1 |
| | 8 | 1 | 1 | 0,7 | 5 | 1 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| 20 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 2 | 1 | 1 | 1 | 0,6 | 1 |
| | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| | 4 | 1 | 1 | 1 | 5 | 1 |
| | 5 | 1 | 1 | 1 | 0,6 | 1,5 |
| | 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,5 |
| | 7 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1,5 |
| | 8 | 1 | 1 | 1 | 5 | 1,5 |
| 21 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 2 | 1 | 1 | 0,8 | 1 | 1 |
| | 3 | 0,8 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 4 | 0,8 | 1 | 0,8 | 1 | 1 |
| | 5 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| | 6 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| | 7 | 1 | 1 | 1 | 5 | 1 |
| 22 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 2 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 1 |
| | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| | 4 | 1 | 1 | 1 | 6 | 1 |
| | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,9 |
| | 6 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 0,9 |
| | 7 | 1 | 1 | 1 | 3 | 0,9 |
| | 8 | 1 | 1 | 1 | 6 | 0,9 |
| 23 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,5 |
| | 3 | 1 | 1 | 0,7 | 1 | 1 |
| | 4 | 1 | 1 | 0,7 | 1 | 0,5 |
| | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| | 6 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| | 7 | 1 | 1 | 1 | 4 | 2 |
| | 8 | 1 | 1 | 1 | 6 | 2 |
| 24 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 2 | 1 | 0,5 | 1 | 1 | 1 |
| | 3 | 0,8 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 4 | 0,8 | 0,5 | 1 | 1 | 1 |
| | 5 | 1 | 1 | 0,7 | 1 | 1 |
| | 6 | 0,9 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 7 | 0,9 | 1 | 0,7 | 1 | 1 |

Исходные данные для расчета параметров «а» и затрат «З» для базового варианта ТП

| № операции (станции) | Рассчитываемый параметр «а» | | | | | | | | | | | Рассчитываемые затраты «З», «С _Т » | | | | | | | | | | |
|----------------------|-------------------------------|----------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-----------------|---|--|-----------------|-----------|-----------|--------------|--|---------------------------|----------------|-----------|----------------|----------------|------------|--|--------|------|-----|
| | a_1 | a_2 | a_5 | a_6 | a_7 | a_8 | | | | a_{11} | a_{12} | $Z_{M'}$ $Z_{B.M}$ | Z_B | $Z_{Э.С}$ | $Z_{P.И}$ | C_T | | | | | | |
| | Исходные данные по операциям | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | $const$ | $const$ | $const$ | $const$ | K_0 , руб. | $const$ | $const$ | C_a , руб. | $n_{пер}$ | $C_{пер}$ | $\Phi_{пер}$ | $const$ | S_0 , м ² | $const$ | T_M , ч | $const$ | N_y , кВт | τ , ч | $const$ | | | |
| 5 | $C_{з.ч} = 0,89$ руб./ч | $\Pi_{э} = 0,02$ руб./кВт·ч | $C_{ж} = 26,8$ руб./т | $k_{вр} = 0,85$ $\alpha_a = 9,1$ | 16662 | $R_m = 20$ $W_m = 450$ руб. | $\Pi_{и} = 0$ $k_{yб} = 1,0$ $k_a = 1,0$ | 49,8 | 16 | 0,6 | 1,0 | $k_{д.п} = 1,0$ $C_0 = 13$ руб./м ² | 70,9 | $k_{пр} = 1,5$ | 0,0067 | $T_B = 0,1T_M$ | 31,5 | 1,5 | $\beta_1 = 0,05$ $\beta_2 = 0,05$ $\beta_3 = 0,02$ | | | |
| 10 | $k_{доп} = 1$ $k_{пр} = 1$ | $k_{п} = 0,85$ | $Q_{ж} = 9,0$ т/ч | $A_r = 223500$ | | $k_{э.ч} = 1,0$ $k_{вос} = 1,0$ | 17,1 | 0 | 0 | 4 | 70,7 | | | | | | | | | 0,0105 | 31,4 | 1,5 |
| 15 | $k_{нач} = 1$ | $k_N = 1,0$ | $T_L = 0,0184$ | 13552 | | $k_{р.ц} = 1,3$ $n_{вос} = 0$ | 7,7 | 20 | 0,6 | 1,0 | 58,3 | | | | | | | | | 0,0117 | 25,9 | 2,5 |
| 20 | $k_{в.р} = 1$ | $k_{в.р} = 1,0$ $\eta = 0,65$ | | 15485 | | $C_{вос} = 0$ $T_{р.ц} = 23000$ ч | 17,4 | 0 | 0 | 4 | 66,2 | | | | | | | | | 0,0073 | 29,4 | 1,5 |

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Булыжев, Е. М. Ресурсосберегающее применение смазочно-охлаждающих жидкостей при металлообработке / Е. М. Булыжев . – М. : Машиностроение, 2004. – 352 с.
2. Зайцев, М. Л. Экономика промышленного предприятия : учебник для вузов / М. Л. Зайцев . – М. : ИНФРА–М, 1998. – 336 с.
3. Кондратьева, М. Н. Экономика, организация производства и управление промышленным предприятием : учебное пособие / М. Н. Кондратьева, А. П. Пинков, Т. Н. Рогова . – Ульяновск : УлГТУ, 2015, – 235 с.
4. Мазур, И. И. Курс инженерной экологии : учебник для вузов / И. И. Мазур, О. И. Молдованов . – М. : Высшая школа, 2001. – 510 с.
5. Методические указания «Выбор универсальных средств измерения линейных размеров до 500 мм (по применению ГОСТ 8.051-81)» : РД 50-98-86. – М. : Издательство стандартов, 1987. – 84 с.
6. Муслина, Г. Р. Экономический анализ технологических процессов механической обработки заготовок : учебное пособие / Г. Р. Муслина, Ю. М. Правиков . – Ульяновск : УлГТУ, 1997. – 36 с.
7. Расчеты экономической эффективности новой техники : справочник / под общ. ред. К. М. Великанова . – Л. : Машиностроение, 1990. – 448 с.
8. Смазочно-охлаждающие технологические средства и их применение при обработке резанием : справочник / под общ. ред. Л. В. Худобина . – М. : Машиностроение, 2006. – 544 с.
9. Худобин, Л. В. Шлифование композиционными кругами / Л. В. Худобин, Н. И. Веткасов . – Ульяновск : УлГТУ, 2004. – 256 с.

Интернет-ресурсы

1. Трусова Л. И. Экономика машиностроительного предприятия : учебное пособие / Л. И. Трусова, В. В. Богданов, В. А. Щепочкин . – Ульяновск : УлГТУ, 2011. – 200 с.
Ресурс: <http://venec.ulstu.ru/lib/disk/2011/Trusova.pdf>
2. Кондратьева, М. Н. Экономика предприятия : электронное учебное пособие / М. Н. Кондратьева, Е. В. Баландина . – Ульяновск : УлГТУ, 2012.
Ресурс: <http://venec.ulstu.ru/lib/disk/2012/Kondratjeva.pdf>

Учебное издание

**МУСЛИНА Галина Рафаиловна
ПРАВИКОВ Юрий Михайлович**

**МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
НОВОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

Учебно-методическое пособие
Редактор Н. А. Евдокимова

ЛР № 020640 от 22.10.97

Подписано в печать 30.12.2016. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 6,05. Тираж 100 экз. Заказ

Ульяновский государственный технический университет
432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, 32 .
ИПК «Венец» УлГТУ, 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, 32 .