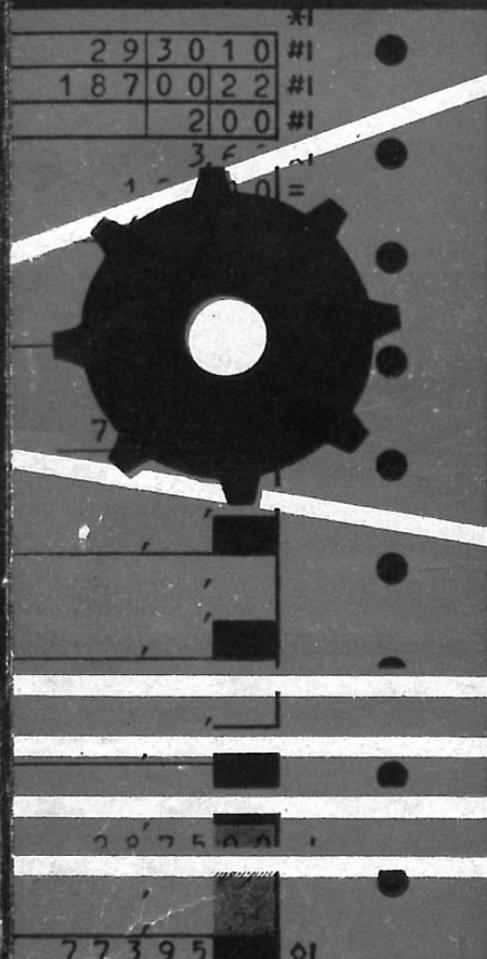


В. А. ТРАЙНЕВ
А. Е. СТЕПАНОВ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ АВТОМАТИЗАЦИИ ИНЖЕНЕРНО- ТЕХНИЧЕСКОГО ТРУДА



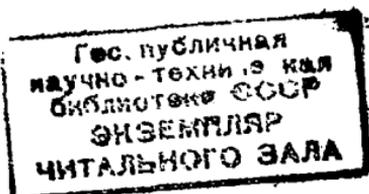
В. А. ТРАЙНЕВ,
А. Е. СТЕПАНОВ

8011

ЭФФЕКТИВНОСТЬ
АВТОМАТИЗАЦИИ
ИНЖЕНЕРНО-
ТЕХНИЧЕСКОГО
ТРУДА

ИЗДАТЕЛЬСТВО
«БЕЛАРУСЬ»
МИНСК 1973

УДК 65.015



ДЧ

13548

73-38052

В книге освещаются вопросы повышения эффективности инженерно-технического труда за счет использования ряда организационно-экономических факторов, а также применения современных средств электронно-вычислительной техники.

В ней рассматриваются вопросы совершенствования организации труда ИТР и определения эффективности автоматизации инженерного труда. Приводятся методы расчетов экономической эффективности и себестоимости проектирования с помощью ЭВМ и обосновываются опытно-нормативные данные по автоматизации инженерного труда и проектно-конструкторских разработок. Обобщаются практические результаты автоматизации труда ИТР, базирующиеся на материале передовых машиностроительных предприятий и научно-исследовательских институтов.

Книга рассчитана на инженерно-технических работников промышленных предприятий.

© Издательство «Беларусь» 1973

ВВЕДЕНИЕ

Современные достижения науки, техники и экономики немислимы без инженерно-технического труда. Инженерно-технические работники, выполняющие различные функции инженерного и управленческого характера, оказывают непосредственное влияние на результаты производства.

Обязанности ИТР весьма разнообразны. Инженерно-технические работники занимаются разработкой новых машин и механизмов, осуществляют руководство производственными процессами, обслуживают наиболее сложную технику.

Общеизвестно, что для внедрения в производство достижений науки и техники необходимы опытные, высококвалифицированные специалисты, так как темпы современного технического прогресса во многом зависят от зрелости инженерной мысли. Однако не всегда затраты инженерного труда следует восполнять только за счет увеличения численности ИТР. Между тем темпы роста численности этой категории работников только за последние четыре года на некоторых предприятиях опережали рост численности основных и вспомогательных рабочих.

В связи с этим особого внимания заслуживают вопросы повышения производительности труда ИТР, что позволит снизить издержки производства, повысить качество инженерных работ, а значит, и качество всей подготовки производства нового изделия.

В резолюции XXIV съезда КПСС указывается: «Решающим условием повышения эффективности общест-

венного производства является ускорение научно-технического прогресса»*.

Необходимость постоянного улучшения организационной структуры управления производством, приемов и методов труда определяет факторы, влияющие на совершенствование организации инженерного труда. При этом следует иметь в виду, что труд инженерно-технических работников связан непосредственно с процессом производства и его производительность выражается в конкретных результатах — повышении эффективности общественного производства.

Важнейшими мероприятиями по повышению эффективности труда ИТР являются: улучшение общей организации труда ИТР, различные формы разделения и кооперирования труда, унификация, стандартизация, рациональное построение технических служб, повышение квалификации, оснащение высокопроизводительными средствами, механизация и автоматизация, прогрессивная технология выполнения проектно-конструкторских работ, создание благоприятных условий труда.

Первостепенное значение для автоматизации инженерно-технического труда имеет применение современных математических методов и вычислительной техники.

Рассмотрению отдельных вопросов повышения эффективности труда ИТР и посвящена данная книга.

Раздел «Экономические вопросы рационального использования электронно-вычислительной техники» написан В. А. Трайневым совместно с А. Е. Степановым. Остальные разделы книги написаны В. А. Трайневым.

* «Материалы XXIV съезда КПСС». М., Политиздат, 1971, стр. 201.

ВОПРОСЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ТРУДА ИНЖЕНЕРНО- ТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ

АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ И СОДЕРЖАНИЯ ТРУДА ИТР

Основным фактором, оказывающим существенное влияние на содержание труда ИТР, является улучшение использования их рабочего времени, т. е. повышение коэффициента творческого труда ИТР на основе устранения непроизводительных трудозатрат.

В связи с этим заслуживает особого внимания анализ структуры баланса рабочего времени ИТР, которое складывается из времени работы и перерывов. Из приведенной схемы (рис. 1) видно, что структура затрат времени включает выполнение работ согласно функции ИТР.

По содержанию рабочее время инженерно-технических работников делится на подготовительно-заключительное, время основной работы и время обслуживания рабочего места.

К подготовительно-заключительному относится время на подготовку и завершение проектно-конструкторских работ, т. е. на получение заданий, ознакомление, поиск информации, согласование, оформление и сдачу работы.

Время основной работы — это время, затраченное на выполнение всей функции в целом или внутрифункциональных элементов.

Оно состоит из времени организационно-административной работы, творческой работы и времени на организацию трудового процесса ИТР.

В свою очередь время творческой работы включает элементы деятельности, связанные с поиском и выработкой рациональных решений, подготовкой программ, проектов и т. д.

Время оформительно-технической работы состоит из

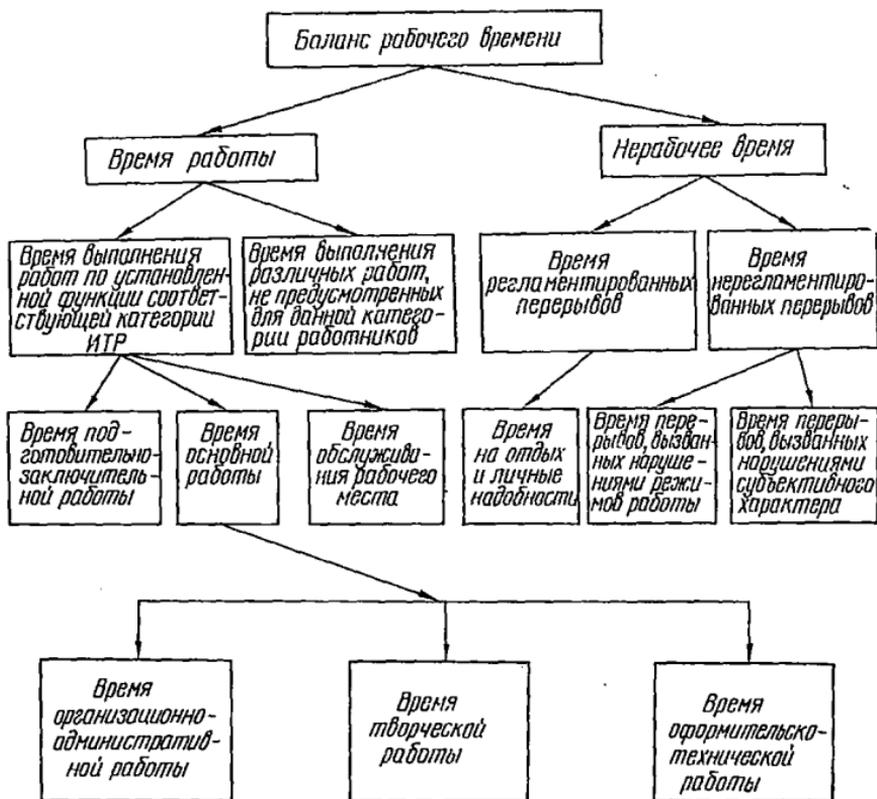


Рис. 1. Структурная схема затрат рабочего времени ИТР, занятых конструкторской и технологической подготовкой производства.

затрат времени на оформление отчетов и выполнение повторяющихся работ, связанных с информационным обеспечением производственных подразделений.

Время обслуживания рабочего места включает затраты времени на доставку необходимых для работы ИТР материалов, приборов и документов.

Регламентированные перерывы на отдых способствуют сохранению работоспособности ИТР.

Одна из причин нерационального использования рабочего времени заключается в отсутствии четкого планирования и систематизированного анализа структуры баланса рабочего времени конструктора и технолога. Как известно, инженер строит свою работу с учетом затрат творческого труда, доля которого должна составлять в балансе его рабочего времени около 60—70%. Однако на

практике творческий труд составляет только 15—20% рабочего времени инженера.

Анализ содержания и нормирования труда ИТР на предприятиях показал, что уровень производительности труда ИТР еще отстает от современных требований развития новой техники и технологических процессов.

Дело в том, что основное время ИТР в конструкторской подготовке производства затрачивается на чертежно-графические работы (22,3—45,4%), согласование документов и решение других организационных вопросов (21—47%).

Важным фактором повышения качества труда ИТР и его эффективности является расширение границ творческого труда инженеров.

Под творческим трудом инженера понимается осмысливание задания, поиск и выработка рациональных технических решений, анализ ситуаций, формирование решения в виде чертежа, уравнения, функциональной зависимости, разработка алгоритма и программы. Такие работы, как детализация рабочих чертежей, составление спецификации, инженерно-технические расчеты, сбор подписей, нельзя относить к творческой инженерной деятельности. Поэтому экономически невыгодно загружать такими работами высококвалифицированных специалистов.

Увеличение доли творческого труда конструкторов и технологов может служить важнейшим критерием оценки его эффективности.

Показатели количественной оценки уровня организации инженерно-технического труда имеют ряд отличий от соответствующих показателей труда рабочих. Каждый показатель характеризуется коэффициентом совершенствования организации труда, отражающим динамику роста доли творческого труда инженеров.

Ориентировочные данные об удельном весе затрат рабочего времени ИТР по этапам работ конструкторской подготовки производства приведены в табл. 1.

Наиболее подвижным элементом организации труда, требующим постоянного совершенствования в условиях все ускоряющегося технического прогресса, является разделение и кооперирование труда, формирование профессиональной структуры работников, четкое разграничение должностных обязанностей, установление устойчивых связей ИТР различных специальностей и должностей как

Т а б л и ц а 1

Наименование работ	В процентах к общему объему работ		
	Заводы машиностроения		
	1-й	2-й	3-й
Поиск информации, принятие решений, согласование и увязка принятых решений	7,4	3,7	7,3
Технические и экономические расчеты	10,6	10,3	8,4
Разработка чертежей и чертежно-графические работы	39,3	22,3	42,3
Вспомогательные операции	1,4	2,2	2,0
Размножение проектно-конструкторской документации и сверка копий	6,6	3,1	8,2
Согласование документов и решение организационных вопросов	21,6	47,0	22,6
Прочие работы	13,1	11,4	9,2
Итого . . .	100,0	100,0	100,0

внутри функциональных подразделений, так и между ними.

Рациональная расстановка и использование ИТР в сфере конструирования и проектирования новых изделий значительно сокращают трудозатраты, сроки технической подготовки производства.

Одной из сложных задач в области организации труда ИТР является распределение работ различного уровня в соответствии с квалификацией исполнителя. Под уровнем выполняемой работы понимается степень ее сложности, трудоемкости, требующая применения теоретических знаний, практических навыков и др. Важно установить четкое соответствие между уровнем выполняемой работы и квалификацией исполнителя, что позволит отделить сложную работу от простой. Так, заниматься обработкой документации в технических архивах, копировать ее, относить документы на подпись к руководителям служб и выполнять ряд нетворческих работ, которыми сейчас, к сожалению, занимаются руководители конструкторских и

технических бюро, затрачивая на это более 25% рабочего времени, без ущерба для дела могут работники более низкой квалификации.

Изучение профессионально-должностного состава работников, занятых технической подготовкой производства на ряде машиностроительных предприятий страны, показало неблагоприятное соотношение численности инженеров и техников (в среднем на 12 инженеров приходится 1 техник или лаборант). В результате инженеру зачастую приходится выполнять функции техников и лаборантов.

Рациональное соотношение ИТР при выполнении той или иной работы и есть по существу одна из форм разделения труда. Однако разделение труда ИТР должно иметь какую-то границу, за пределами которой дальнейшее его углубление может отрицательно влиять на качество решений при проектировании.

При рассмотрении влияния фактора разделения и кооперирования инженерного труда необходимо учитывать характер и содержание этого труда. Общеизвестно, что однообразие, монотонность инженерных работ увеличивают утомляемость работников и снижают продуктивность их труда.

Кроме того, длительное выполнение однообразных функций не стимулирует роста и самосовершенствования ИТР. Поэтому при анализе труда ИТР следует учитывать не только узкоэкономические, но и социологические аспекты.

Эффективность инженерных работ во многом зависит от уровня организации рабочих мест (планировки, компоновки, оснащение специальной мебелью, чертежами, приборами, приспособлениями и т. д.) конструктора и технолога.

Следует отметить, что вопросам рациональной организации рабочих мест инженеров в последнее время уделяется большое внимание.

Проектирование специализированного оборудования рабочих мест проектировщиков и конструкторов начало широко производиться с 1956 г. Однако предстоит сделать еще очень многое для того, чтобы значительно повысить производительность труда инженеров, конструкторов и технологов.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ОЦЕНКИ
УРОВНЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
ОРГАНИЗАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ
ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ТРУДА

Работа ИТР оценивается, как правило, по активным технико-экономическим показателям проектируемого изделия. Для повышения технико-экономических показателей деятельности ИТР могут быть использованы различные методы, способствующие выявлению внутренних резервов предприятия. Вопрос этот при современных темпах технического прогресса встает особенно остро как в практическом, так и теоретическом плане.

В целом проблема повышения эффективности труда ИТР тесно связана с проблемой диагностики технического развития предприятия. Только возможность получения объективной информации о состоянии отдельных звеньев процесса технической подготовки производства (ТПП), влиянии этих звеньев в отдельности и в комбинациях на экономику конструирования изделий и проектирования технологических процессов позволяет активно воздействовать на развитие предприятия.

Эту задачу и пытаются прежде всего решить внедряемые на целом ряде предприятий различные методы совершенствования организации труда ИТР.

Следует отметить, что информация о состоянии производственного процесса, получаемая в результате применения методов расчета уровня организации труда ИТР на предприятии, используется еще не в полной мере в основном по двум причинам: 1) ввиду несовершенства этих методов сама информация еще неполная; 2) теорией систем организации инженерного труда и опытного производства не предложено пока ощутимо полезных способов переработки получаемой информации для организации всего процесса технической подготовки производства.

Вопрос о методе использования информации о состоянии уровня ТПП также решить пока не представляется возможным, ибо ни одна из существующих методик не дает обстоятельного ответа на вопрос: на какие именно звенья процесса ТПП выгоднее всего воздействовать в определенный момент, куда направить основные силы и средства.

Основным фактором в повышении эффективности тру-

да ИТР является его механизация и автоматизация. В связи с этим оценка уровня механизации и автоматизации труда ИТР приобретает особо важное значение.

Рассмотрим метод оценки уровня организации и автоматизации инженерного труда.

Чтобы правильно оценить достигнутый уровень организации труда ИТР, занятых ТПП, необходим единый метод расчета общего уровня организации. Наиболее правильным, на наш взгляд, является метод оценки общего уровня организации труда ($Y_{\text{орг}}$) на основе использования частных коэффициентов, определяемого по формуле:

$$Y_{\text{орг}} = \sqrt[m]{\prod_{i=1}^m (1 - Y_{\text{орг}_i})} - 1, \quad (1)$$

где $Y_{\text{орг}_i}$ — частный коэффициент, характеризующий i -й уровень организации труда ($i = 1, 2, 3, \dots, m$).

Так, например, частные коэффициенты могут характеризовать уровни:

- а) оптимального разделения и кооперирования труда — $Y_{\text{орг}_1}$;
- б) соотношения технических и творческих работников — $Y_{\text{орг}_2}$;
- в) рациональной организации рабочего места — $Y_{\text{орг}_3}$;
- г) повышения унификации и стандартизации узлов и деталей — $Y_{\text{орг}_4}$ и т. д.

Формула (1) позволяет выполнять расчеты, результаты которых будут не ниже средней геометрической величины и не больше единицы.

Данный метод был опробован на ряде промышленных предприятий. Частные коэффициенты $Y_{\text{орг}_1}$, $Y_{\text{орг}_2}$, $Y_{\text{орг}_3}$ и $Y_{\text{орг}_4}$ рассчитывались исходя из снижения затрат времени высококвалифицированных специалистов на различные нетворческие операции. При этом оказалось, что $Y_{\text{орг}_1} = 0,05$; $Y_{\text{орг}_2} = 0,03$; $Y_{\text{орг}_3} = 0,07$; $Y_{\text{орг}_4} = 0,2$.

Подставляя значения частных коэффициентов в формулу, получаем:

$$Y_{\text{орг}} = \sqrt[4]{(1 + 0,05)(1 + 0,03)(1 + 0,07)(1 + 0,2)} - 1 = 0,043.$$

Задача дальнейших разработок в области совершенствования организации труда ИТР требует установления связей частных или общих коэффициентов, характеризующих труд ИТР с количественной стороны, с действующими качественными технико-экономическими показателями развития технического прогресса.

В связи с механизацией и автоматизацией инженерного труда, видимо, необходимо ввести показатель, характеризующий уровень механизации и автоматизации. Такой показатель позволит выявить слабые места в производственных подразделениях предприятия с точки зрения их оснащенности техническими средствами, рационального использования возможностей технических средств и т. д.

В существующих методических рекомендациях предлагаются различные способы расчета уровня механизации инженерно-управленческого труда. Однако, на наш взгляд, в них не учитывается весьма существенный момент: в принятой для сравнения базе не принимаются во внимание поправочные коэффициенты на ту часть труда ИТР, которую по объективным причинам нельзя механизировать, а также те изменения санитарно-гигиенических и психологических условий труда, которые произошли в результате механизации. Это не позволяет правильно рассчитывать уровень механизации инженерно-управленческого труда.

Для расчета уровня механизации i -го вида инженерного труда нами предлагается следующая формула:

$$Y_{M_i} = \frac{T_p (1 - \mathcal{C}) - T (1 - \mathcal{C} - B - B_c)}{T_p (1 - \mathcal{C})}, \quad (2)$$

где T_p — фактические затраты труда ИТР при ручном способе выполнения работы i -го вида;

\mathcal{C} — поправочный коэффициент, учитывающий ту часть труда, которая не поддается механизации;

B — коэффициент, учитывающий результаты изменения санитарно-гигиенических и психофизиологических условий труда при механизации i -го вида работ (в общем виде этот коэффициент может быть и отрицательным);

B_c — коэффициент, учитывающий ту часть труда ИТР, которая сберегается вследствие повыше-

ния его производительности при внедрении i -го устройства механизации.

После преобразований формула примет вид:

$$Y_{M_i} = \frac{B_c + B}{1 - \varphi}. \quad (3)$$

Рассчитаем уровень механизации труда инженера, занимающегося проектированием станочной оснастки.

Чертежно-графические работы:

$$Y_{M_1} = \frac{0,03 + 0,09}{1 - 0,15} = 0,14.$$

Инженерно-технические расчеты:

$$Y_{M_2} = \frac{0,02 + 0,1}{1 - 0,15} = 0,14.$$

Поисково-информационные работы:

$$Y_{M_3} = \frac{0,06 + 0,1}{1 - 0,2} = 0,2.$$

Аналогично формуле (1) общий уровень механизации труда ИТР на предприятии рассчитывается по формуле:

$$Y_{\text{мех}} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n (1 + Y_{M_i})} - 1, \quad (4)$$

где Y_{M_1} , Y_{M_2} и Y_{M_3} — соответственно уровни механизации и автоматизации чертежно-графических работ, инженерных расчетов и вычислительных работ, поисково-информационных работ и т. д.

Используя формулу (4), произведем расчет:

$$\begin{aligned} Y_{\text{мех}} &= \sqrt[3]{(1 + Y_{M_1}) (1 + Y_{M_2}) (1 + Y_{M_3})} - 1 = \\ &= \sqrt[3]{(1 + 0,14) (1 + 0,14) (1 + 0,2)} - 1 = 0,159. \end{aligned}$$

Для развития технического прогресса в сфере инженерной деятельности нужно систематически анализировать уровень организации инженерного труда, выявлять и использовать все организационно-экономические факторы, обосновывать их показатели и методы исчисления. Это позволит более рационально использовать творческие возможности ИТР и повысить эффективность их труда.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА КАК ВАЖНЕЙШИЙ ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНЖЕНЕРНОГО ТРУДА

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ЭКОНОМИКИ И ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА НОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Особенностью задачи автоматизации процессов подготовки производства является то, что к числу главных ее проблем относятся вопросы обновления самой системы управления предприятием, которая должна соответствовать изменившимся условиям изготовления продукции.

Техническая подготовка новых и совершенствование выпускаемых изделий на предприятиях осуществляются в соответствии с перспективными и ежегодными планами технического прогресса. Содержание такого плана определяется характером производства и особенностями стоящих перед предприятием производственных, технических и экономических задач.

Задания по отрасли и требования технического развития предприятия должны способствовать изменению всех сторон его экономической, плановой и хозяйственной деятельности. Собственно в этом и заключается технический прогресс на предприятии. Практически реализовать его задачи в наиболее эффективном варианте под силу только современным автоматизированным системам управления, базирующимся на электронно-вычислительной технике, экономико-математических методах и новой системе экономического стимулирования.

Комплексная система подготовки производства, при изложении которой использованы отдельные разработки Е. Г. Яковенко, должна охватывать все стороны подготовки к производству нового или модернизированного изделия по следующим этапам:

I. Планово-исследовательская подготовка

1. Изучение возможностей реализации достижений технического прогресса исходя из особенностей данного предприятия.

2. Перспективы развития номенклатуры продукции, обновления основных фондов, структуры и т. п.

3. Спрос на новую и модернизированную продукцию, определение и уточнение спроса на ее потребление, установление источников исходного сырья, материалов и комплектующих изделий.

4. Составление технического задания по характеристике свойств новой продукции.

II. Конструкторская подготовка

1. Разработка проектного задания на проектирование или модернизацию новой продукции.

2. Заказное проектирование.

3. Техническое проектирование.

4. Рабочее проектирование.

III. Технологическая подготовка

1. Проектирование технологических процессов.

2. Расчет и обоснование нормативов всех видов ресурсов.

3. Определение потребности в оснастке и организация ее проектирования.

4. Установление системы контроля.

IV. Организационная подготовка

1. Обоснование и расчет нормативов организации производства.

2. Проектирование производственной структуры.

3. Совершенствование специализации цехов, участков, рабочих мест.

V. Экономическая подготовка

1. Разработка и обоснование производственных программ по цехам и участкам.

2. Расчет мощности ведущих подразделений завода и цехов.

3. Разработка системы стимулирования.

4. Подробный расчет экономического эффекта от внедрения новой или модернизации выпускаемой продукции.

5. Организация подготовки закупок и поставок.

6. Подготовка снабженческо-сбытовой документации.

7. Составление заявок, расчет потребности в оборотных средствах и оборудовании.

8. Доведение до всех работающих экономических результатов от внедрения новой продукции на предприятии.

Таковы некоторые важнейшие задачи каждого из этапов подготовки производства. Концентрация этих функций и задач в рамках комплексной системы подготовки производства имеет большое научное и экономическое значение. Причем комплексность обеспечивается не только объединением всех приготовительных функций на этапах подготовки, но и единством последних с этапами освоения новых изделий. Возможность выделения этапов освоения объясняется тем, что каждый из них завершается выполнением конкретных работ и достижением определенного уровня технико-экономических показателей.

Различают три этапа освоения: технический, производственный и экономический.

Техническое освоение включает разработку технического проекта, рабочих чертежей и технологических процессов, создание технической документации, технологической оснастки и завершается выпуском опытного образца или серии в соответствии с требованиями проекта.

Производственное освоение новой продукции ставит задачу наладить все производственные процессы в соответствии с утвержденной технической документацией и достижением объемов производства, предусмотренных в проекте.

Экономическое освоение включает период производства новой продукции, в ходе которого предприятие достигает не только проектного или планового объема этой продукции, но и уровня экономических показателей, предусмотренных при расчете экономической эффективности изделия и новой мощности.

Перечень работ по подготовке производства новой продукции в зависимости от поставленных целей и задач может изменяться как по составу, так и по содержанию.

В тех случаях, когда осваивается продукция, принципиально новая для данного предприятия, все указанные

этапы подготовки должны быть в полной мере соблюдены. При совершенствовании же конструкции ранее выпущавшегося изделия этап выполнения проектно-конструкторских работ может существенно отличаться от вышеприведенного за счет сокращения функций подготовки. Иным будет и комплекс работ при освоении совершенно новых технологических процессов, производственных мощностей и видов оборудования.

Основной целью планирования и управления процессом подготовки производства новой продукции является создание условий для получения оптимальных экономических показателей. Для их достижения делались попытки совмещать разные этапы подготовки и освоения новой продукции на основе принципов скользящего графика. Кроме того, проводились работы по стандартизации, нормализации, унификации продукции и оснастки, по типизации процессов обработки.

Однако наиболее полно все мероприятия могут быть использованы лишь в современных автоматизированных системах подготовки производства и управления.

Как уже указывалось, основным требованием к проектированию системы управления является комплексная проработка всех вопросов подготовки производства, поскольку лишь в таком случае гарантировано наилучшее использование производственных ресурсов за счет заблаговременно продуманной системы планирования и управления подготовкой документации и нормативной базы.

И в этом смысле понятна роль подготовки производства в обеспечении его нормативно-справочной исходной информацией. То обстоятельство, что в ходе подготовки производства рассчитываются индивидуальные, агрегированные и частные нормативы практически всех видов, определяет исходную нормативно-справочную информацию как основу информационной базы и памяти системы управления. Ознакомление с имеющимися отечественными работами в этой области дает возможность прийти к выводу, что функции подготовки производства необходимо рассматривать с точки зрения подчинения идее системного, комплексного подхода, а также создать методические основы для разработки таких этапов, как плано-исследовательский, организационно-плановый, экономический.

Следовательно, совершенствование сложившейся си-

Гос. публичная
научно-техническая
библиотека СССР
ЭКЗЕМПЛЯР
ЧИТАЛЬНОГО ЗАЛА

стемы планирования и управления при подготовке производства новой продукции стало актуальной проблемой.

Такая постановка задачи получает все большее пространство.

ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА (АСТПП)

Как известно, электронно-вычислительные машины в начальный период использовались в основном для решения отдельных задач (начисление заработной платы, расчеты потребности в материальных ресурсах и т. д.). В дальнейшем началась разработка электронных систем обработки данных и автоматизированных систем управления.

В применении вычислительной техники для автоматизации инженерных работ можно выделить два этапа:

1) доплановый период, когда решались отдельные задачи или создавались подсистемы автоматизированной системы технической подготовки производства;

2) период планового управления и координации всеми научными и методическими разработками.

На втором этапе было сравнительно быстро налажено обеспечение разрабатываемых автоматизированных систем управления и проектирования электроникой и научными методами. Благотворное влияние на развитие работ по внедрению вычислительной техники в народном хозяйстве оказали принятые за последние годы партией и правительством меры по совершенствованию управления промышленностью.

В 8-й пятилетке были проведены мероприятия по широкому применению вычислительной техники в решении ряда задач, связанных с автоматизацией технической подготовки производства в машиностроении, созданию комплексных автоматизированных систем проектирования.

В СССР над решением проблемы автоматизации технической подготовки производства работает большое количество различных научных и производственных организаций, их число особенно увеличилось за последние пять

лет. Эти организации заняты автоматизацией конструирования машин, агрегатов, станков, автоматических линий, сложных машин и их деталей; автоматизацией проектирования принципиальных схем машин и схем управления машинами и процессами; моделированием процессов испытаний машин и деталей; автоматизацией проектирования технологических процессов; проектированием технологической оснастки (станочные приспособления, штампы, инструменты и т. д.); автоматизацией получения графических изображений на основе машинного проектирования с помощью ЭВМ; созданием специализированных вводных и выводных устройств к универсальным ЭВМ и специализированных вычислительных машин и устройств для машиностроительного проектирования; вопросами сбора, хранения, обработки и передачи информации в сфере машиностроительного проектирования; разработкой алгоритмических языков и методов автоматизации программирования и т. д.

Теоретической основой разработки и создания автоматизированных систем проектирования являются труды ряда ученых нашей страны.

Но несмотря на успехи, достигнутые в создании теоретических основ автоматизированного проектирования в СССР, в техническом плане, как показывает практика, требуется решить и развить еще целый ряд задач научно-теоретического и прикладного характера. Так, при разработке основ автоматизированного проектирования упущен чрезвычайно важный раздел экономики и организации АСТПП. Не решены и вопросы формализации экономических задач, возникающих при машинном проектировании, экономического управления АСТПП, технико-экономического обоснования объектов проектирования, формирования и выбора способа передачи необходимых технико-экономических исходных данных, перерабатываемых в АСТПП, с целью обеспечения совместимости и успешного функционирования АСУ предприятия.

Дальнейшее развитие АСТПП требует учета следующих организационно-экономических вопросов:

а) закономерностей и принципов управления сферой инженерно-управленческого труда;

б) изучения структуры, интенсивности и состава потоков информации в системе АСТПП;

в) рационального применения как внешних (для об-

щения человека с машиной), так и внутренних языков системы;

г) использования методов сетевого планирования для управления и планирования технической подготовки производства (ТПП) в условиях функционирования АСТПП;

д) разработки методов оптимизации проектных решений для разных этапов конструирования и технологического проектирования;

е) разработки методов сбора, хранения, передачи, распределения и выдачи необходимых массивов технико-экономической информации;

ж) развития методов прогнозирования технико-экономической эффективности проектируемых систем ТПП;

з) разработки новых и совершенствования существующих технических средств;

и) разработки методов экономической оценки и определения экономической эффективности внедрения как проектируемых конструкций и технологических методов, так и самих систем АСТПП и их подсистем в различных условиях;

к) разработки экономико-математических моделей машинного проектирования и автоматизации управления экономикой АСТПП.

Таким образом, разработка и внедрение автоматизированных систем проектирования является одним из важнейших разделов кибернетики. Вместе с тем эта проблема охватывает целую группу организационно-экономических вопросов, требующих решения.

ЭКОНОМИКА УНИФИКАЦИИ, НОРМАЛИЗАЦИИ И СТАНДАРТИЗАЦИИ ИЗДЕЛИЙ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ ИНЖЕНЕРНЫХ РАБОТ

Некоторые вопросы влияния автоматизации на повышение уровня унификации изделий

Одним из основных направлений развития науки и техники является все более широкое применение методов унификации и стандартизации в процессе конструирования новых машин, приборов и т. д. Они позволяют расширить творческие возможности проектировщиков, освобож-

дая их от решения элементарных вопросов, связанных с обработкой технологически обоснованных форм деталей и узлов, и направить их внимание и творческую энергию на решение более сложных задач. Подсчитано, что применение 60—70% стандартизованных, нормализованных, унифицированных и покупных деталей дает возможность сократить в машиностроении объем проектно-конструкторских работ для производства нового изделия на 35—45%.

На машиностроительных предприятиях еще плохо используются возможности унификации и стандартизации, а также существующие нормализованные нормы и стандарты. (Коэффициент унификации при конструировании составляет примерно 0,25).

В настоящее время на предприятиях машиностроения и приборостроения изготавливаются десятки миллионов деталей различных типоразмеров. Многие из них лишь незначительно отличаются по размерам и форме. Однако наладить специализированное и серийное их производство по этой причине еще не представляется возможным. Наличие же большого количества типоразмеров деталей (изделий) требует значительных производственных затрат на их проектирование и изготовление. Естественно, это отрицательно сказывается на темпах технического прогресса.

Стандартизация (путем нормализации, агрегатирования и др.) изделий является одним из важнейших направлений совершенствования организации производства. Так, по утверждению акад. А. И. Берга и др.*, пятьдесят типоразмеров двигателей внутреннего сгорания (мощность до 10 тыс. л. с.) можно заменить четырьмя.

Нетрудно представить, насколько это выгодно для народного хозяйства.

Стандартизация и унификация технических средств способствуют осуществлению важнейшего принципа экономии — отбору из всех имеющихся возможных вариантов наиболее технико-экономически выгодных.

Существенная экономия труда ИТР при повышении уровня стандартизации, нормализации и унификации достигается за счет сокращения объема проектно-технологических работ.

* «Правда», 1968, 6 июня.

Унификация является наиболее экономически целесообразной, если она охватывает сложные детали. В связи с этим уровень унификации нужно оценивать не по количеству унифицированных деталей, а по трудоемкости их изготовления.

Унификация на стадии производства дает особенно хорошие экономические результаты за счет роста серийности изготовления, что в свою очередь создает технические, организационные и экономические условия для специализации производства и является для машиностроения и приборостроения важнейшей проблемой.

Унификация отдельных изделий позволяет перейти к созданию семейства машин, конструируемых на единой нормализованной основе, к агрегатированию, что дает возможность собирать различные машины из нормализованных узлов и агрегатов. Это значительно упрощает проблему модернизации и модификации оборудования, способствует переходу от унификации данного типа машин к межтиповой унификации.

Нормализация должна комплексно охватывать все элементы технологии, обеспечив в первую очередь разработку типовых и групповых технологических процессов и внедрение нормализованных элементов в оборудование и оснастку.

Типизация технологических процессов создает предпосылки для специализации рабочих мест и унификации оборудования и технологической оснастки.

Внедрение типовой и групповой технологии на предприятиях машиностроения позволяет сократить сроки технической подготовки производства на 35% и на 25—30% уменьшить объем технологической документации.

Типизация технологических процессов обеспечит максимальную прибыль, если она комплексно сочетается с унификацией всех остальных элементов производства (изделий, оборудования, технологического оснащения, конструктивных материалов заготовок и др.).

Стандартизация, нормализация и унификация являются одним из основных требований и важнейшей предпосылкой повышения технологичности конструкции*.

Технологичность конструкции предполагает:

1. Простоту конструктивных форм, деталей и их со-

* А. И. Улицкий. Подготовка производства и экономика предприятия. Саратов, Приволжское издательство, 1969.

пряжений, наименьшее число обрабатываемых поверхностей, наиболее рациональную их компоновку и сборку в узлы, агрегаты и готовые изделия.

2. Строгое соответствие точности и чистоты поверхностей требованиям работы сопрягаемых деталей.

3. Соответствие конструкций условиям серийности производства. Конструкция, технологичная для индивидуального производства, может быть совершенно нетехнологичной для крупносерийного и массового производства, и наоборот. Технологичность конструкции должна рассматриваться с точки зрения масштабов производства.

В настоящее время главное внимание инженерной мысли сосредоточено на вопросе производственной технологичности конструкций.

Эксплуатационная технологичность машин — это совокупность таких их свойств, которые характеризуют степень приспособленности конструкций к ремонту и технологическому обслуживанию в процессе эксплуатации, что существенно влияет на их долговечность и надежность.

Большое значение имеет унификация для единичного и мелкосерийного производства, так как здесь она является средством повышения стабильности производственного процесса и создает условия для перехода к серийному и крупносерийному производству.

Дальнейшее повышение уровня унификации требует устранения многообразия изготавливаемых изделий, узлов и деталей, повышения серийности и масштабов выпуска однородной продукции. Эта задача должна решаться на стадии проектирования автоматизированных систем технической подготовки производства.

Выбор и применение стандартных заготовок для изготовления приспособлений в 2—4 раза сокращает сроки проектирования оснастки и вдвое уменьшает трудоемкость их механической обработки. В некоторых случаях с помощью ЭВМ проектируются приспособления, состоящие на 40—60% из нормализованных и стандартизованных деталей и узлов, т. е. при проектировании осуществляются выбор унифицированных элементов и их компоновка.

Анализ показывает, что внедрение нормалей на оснастку и использование ЭВМ позволяет в 4—5 раз сократить количество ее типоразмеров. Кроме того, унификация обеспечивает возможность внедрения стандартизо-

ванной и нормализованной оснастки, что снижает в 2—3 раза ее стоимость и на 30—40% сокращает сроки освоения новых машин.

Использование ЭВМ при конструировании требует систематизации всего предшествующего конструкторского опыта, что необходимо изложить в форме методики, в которой должны быть даны исчерпывающие указания по всем этапам создания конструкций. Эта методика должна быть разработана в такой форме, чтобы выбор конструкции однозначно определялся заданными исходными сведениями. Конструктивные элементы могут определяться с помощью расчета, таблиц, путем выбора унифицированных и стандартизованных элементов, по методу сравнения с аналогичными конструкциями, которые могут быть с успехом применены при автоматизированном проектировании. Те конструктивные элементы, которые определяются расчетным путем, очень легко реализуются машиной. Сюда относятся расчеты координат осей, параметров шестерен, диаметров крыльчаток и т. д.

Выбор соответствующих унифицированных и стандартизованных элементов также осуществляется сравнительно легко. Все сведения по этим элементам могут быть предварительно введены в память машины, откуда их можно получать по мере необходимости.

В тех случаях, когда необходимо определять размеры элементов, не поддающихся расчету и не нормализованных, приходится прибегать к искусственной нормализации, т. е. составлять дополнительные нормалы, которые не являются обязательными, но позволяют машине по определенному критерию решать задачу. Примером такой искусственной нормализации могут служить элементы конструкции, которые не входят в размерные цепочки и не несут силовых нагрузок (толщины распорных втулок, толщины и длины литейных бобышек, радиусы закруглений, многие элементы сложных составных инструментов и т. д.). Обычно по всем таким элементам имеются рекомендации в разных источниках, но зачастую эти рекомендации разноречивы. Это приводит к тому, что в ряде случаев даже на одном заводе и в однотипных изделиях существует большое разнообразие размеров, посадок, применяемых материалов и процессов термической обработки.

Попытки ввести в данном случае единообразие не

всегда достигают цели, так как всякое даже незначительное изменение конструкции в производственных условиях требует изменения многочисленной технической документации. С другой стороны, при обычном конструировании отсутствие многих нормалей не воспринимается как существенный пробел, и конструктор совершенно произвольно назначает любые приемлемые размеры и другие характеристики конструкции.

При переводе конструкции на автоматизированное проектирование такое положение устраняется. Машина не может произвольно что-либо выбирать, и в реализуемом ею алгоритме должны быть заложены конкретные указания на то, каким образом должен быть выбран соответствующий элемент. В этих случаях составитель алгоритма должен произвести анализ большого количества однотипных конструкций и найти те закономерности, которые в наилучшей форме определяют выбор элементов, назначаемых до этого произвольно. По существу составитель в таких случаях сам разрабатывает отсутствующую нормаль, действие которой распространяется только на группу изделий, переводимых на автоматизированное проектирование.

Кроме разработки таких дополнительных нормалей большое значение для перевода изделия на автоматизированное проектирование имеют систематизация и упорядочение параметров в существующих заводских нормалях. При составлении алгоритмов проектирования какой-либо машины или узла необходимо ввести в запоминающее устройство ЭВМ все сведения по унифицированным элементам и деталям. Объем такой информации может быть очень большим, поэтому нужно уделить особое внимание вопросам сокращения тех сведений, которые содержат унифицированные детали и узлы.

Применение ЭВМ для конструирования машин придает новое значение не только вопросам стандартизации, нормализации и унификации конструктивных элементов, но и методам проектирования и инженерным расчетам. Если конструктор может пользоваться на выбор любыми методами расчетов, то при переводе изделия на автоматизированное проектирование нужно выбрать вполне определенную методику. Конечно, эта методика должна быть лучшей из всех имеющихся в данное время.

Очень большую актуальность приобретает вопрос со-

здания стандартных методов расчета основных деталей и соединений, таких, как валы, шестерни, болтовые соединения, и т. д. Эти стандартные расчеты, составленные для определенной отрасли машиностроения, намного упростят работу конструкторов и облегчат составление рабочих программ для ЭВМ.

По мере того, как будет расширяться область применения автоматизированного проектирования, принципы, положенные в основу автоматизации конструирования, будут приобретать все большее и большее значение. Важное место среди них занимают вопросы комплексной стандартизации, охватывающей отдельные детали и элементы конструкции, узлы механизмов, изделия в целом, а также методы расчетов и проектирования типовых конструкций.

В связи с этим широкое применение ЭВМ для проектирования технологической оснастки оказывается вполне экономически целесообразным при повышении уровня унификации, нормализации и стандартизации элементов конструкций.

Роль повышения уровня унификации, нормализации и стандартизации изделий в условиях АСТП

Вопросы стандартизации и унификации приобретают особое значение в условиях функционирования автоматизированных систем технической подготовки производства.

Уровень стандартизации и унификации является одним из главных показателей, определяющих экономическую эффективность внедрения автоматизированной системы.

Объектами стандартизации и унификации являются как элементы материального производства (изделия, узлы, детали, конструктивные элементы, технологические процессы, оборудование, оснастка и инструмент, организация производства), так и нематериальной сферы (документация, термины, нормы и т. п.).

Определение оптимального объекта стандартизации должно производиться путем выбора среди многообразия объектов одного или нескольких, наиболее совершенных в технико-экономическом отношении.

Автоматизированный процесс проектирования включает выполнение следующих этапов:

- 1) кодирование исходной информации;
- 2) составление алгоритмов проектирования;
- 3) разработка программ, реализующих алгоритмы.

Чем больше стандартизованных и унифицированных элементов содержит конструкция, тем легче ее перевести на автоматизированное проектирование. Например, шпиндельные коробки и инструментальные насадки агрегатных станков удобны для проектирования с помощью ЭВМ, так как они содержат большое количество нормализованных деталей.

Каждой стандартной, унифицированной детали присваивается кодовый номер, характеризующий ее геометрическую форму, номенклатуру размеров, положение и направление осей координат. Этим исключается необходимость описания многих поверхностей и элементов, как это обычно бывает в тех случаях, когда кодируется индивидуальная деталь. Кодирование нормалей и стандартов на детали значительно повышает эффективность проектирования, так как способствует сокращению объема исходной информации*.

Проектирование из стандартных и унифицированных элементов намного облегчает разработку алгоритмов. Если какие-либо элементы детали не унифицированы, составитель алгоритма должен произвести анализ большого количества однотипных деталей и найти наиболее оптимальный вариант проектирования. Другими словами, он должен создать недостающую нормаль, а это связано с большими затратами труда.

При составлении алгоритмов проектирования в запоминающее устройство машины вводятся все сведения об унифицированных элементах деталей. Объем такой информации может быть очень значительным. Однако большое разнообразие информации создает трудности при разработке алгоритма процесса проектирования, так как затрудняется возможность принятия оптимального конструктивного решения. Это является одной из причин, препятствующих использованию вычислительной техники в проектно-конструкторских работах.

Сокращение количества исходной информации, систематизация и упорядочение параметров самих нормалей

* Г. К. Горанский. Автоматизация проектирования машин из стандартных и унифицированных узлов и деталей с помощью цифровых вычислительных машин. «Стандартизация», 1964, № 11.

является важным средством успешной алгоритмизации проектирования. Так, на Минском заводе автоматических линий при разработке алгоритмов автоматизированного проектирования шпиндельных коробок агрегатных станков были составлены таблицы кодированных сведений на унифицированные корпусные детали двадцати типоразмеров. При этом было обнаружено, что радиусы крепежных бобышек на разных корпусах имеют различную величину и колеблются в пределах 2—3 мм. Это различие не создает принципиальных трудностей при проектировании, но оно приводит к загромождению памяти машины излишней информацией, так как вынуждает вводить в нее сведения о величине радиусов для каждого корпуса. Установление оптимальной величины радиусов облегчило процесс проектирования.

Чем меньше при автоматизированном проектировании нужно будет создать новых нормалей и стандартов деталей и узлов, тем меньше затрат потребуется на производство проектно-конструкторских работ и тем выше, следовательно, будет экономическая эффективность унификации.

Проектирование из стандартизованных и нормализованных элементов создает также предпосылки для программирования на основе стандартных подпрограмм, охватывающих многие типовые и повторяющиеся процессы. С помощью этих стандартных подпрограмм можно решать различные задачи проектирования: определять величину зазоров между деталями, увязывать линейные и узловые размерные цепи, проверять взаимное размещение деталей в машине и т. д. При проектировании, например, зубчатой конической пары конструктивные формы ее определяются нормалью, а размеры — с помощью ЭВМ. В результате весь процесс расчета зубчатой пары занимает не более двух минут. Если учесть, что для охваченных нормалью конструкций могут быть созданы алгоритм, программа и технологический процесс, то эффективность разработки стандартных подпрограмм становится очевидной.

Надо сказать, что разработка стандартных подпрограмм для проектирования индивидуальных деталей требует значительно больших затрат, чем для стандартных и унифицированных. Этим еще раз подтверждается необходимость проведения работ по унификации для получения наибольшего эффекта от использования автоматизи-

рованных систем технической (в частности, конструкторской) подготовки производства.

Однако использование в этом случае стандартных подпрограмм позволяет намного сократить сроки проектирования. Благодаря этому затраты на их разработку окупаются в сравнительно короткие сроки и тем самым создается экономическая предпосылка для внедрения автоматизированных систем технической подготовки производства в промышленность.

Широкое использование стандартизации и нормализации при конструировании дает возможность разрабатывать автоматизированные системы технологической подготовки производства, так как позволяет на базе специализации производства создавать типовые и групповые технологические процессы.

Осуществление типизации технологических процессов возможно на основе классификации деталей (узлов), установления их типовых представителей, обладающих наибольшим количеством признаков, характерных для деталей (узлов) данного вида. Типизация технологических процессов способствует нормализации повторяющихся операций, а также унификации технологической документации. Унификация технологии, позволяющая для разнообразных по конфигурации деталей иметь однотипные методы обработки и применять специальную технологическую оснастку, является необходимым условием создания алгоритмов прогрессивных методов обработки деталей.

В условиях мелкосерийного производства автоматизацию проектирования технологической подготовки производства наиболее рационально проводить на основе принципов групповой технологии. Это позволит упростить составление алгоритмов и получить при этом наилучшие результаты решения технологических задач.

Серийность производства обязывает проектировщиков автоматизированных систем разрабатывать алгоритмы типовых технологических процессов, поскольку это позволяет максимально использовать специальную оснастку и оборудование и тем самым достигать наибольшего экономического эффекта.

Уменьшение количества типоразмеров деталей за счет их унификации при проектировании технологических процессов в обычных условиях приводит к некоторому увеличению затрат по сравнению с конструкторской подготов-

кой производства. Это связано с тем, что серийность производства требует использования при проектировании большого количества специальных приспособлений, пресс-форм, штампов, моделей и другой оснастки.

Однако и в этом случае можно добиться существенно-го снижения затрат средств и труда путем изготовления специальной унифицированной оснастки.

Важным фактором при использовании автоматизированных систем проектирования является проведение работ по унификации и упорядочению технологических документов. Устранение из документооборота излишней информации снижает затраты на технологическую подготовку производства, уменьшает трудоемкость и ускоряет сам процесс проектирования.

Типизация процессов изготовления однотипных деталей, узлов и разработка на этой основе типовой документации и технологических нормалей позволяет уменьшить количество технологических карт, снизить трудоемкость их разработки как за счет сокращения количества, так и благодаря возможности применения различных видов типовой документации при их составлении.

Автоматизированная система проектирования должна также создаваться с учетом того, что ее составляющие (методы, языки, математическое обеспечение, технические средства) являются типовыми.

Важное значение в проведении работ по унификации имеет наличие в автоматизированной системе проектирования информационно-поисковой системы (ИПС). Она может содержать различную информацию и стандартные программы, сведения о стандартизованных и нормализованных деталях, инструментах и процессах, что повышает экономическую эффективность автоматизированного проектирования.

Вопросы определения уровня и экономической эффективности автоматизации, унификации и стандартизации в условиях автоматизированной системы проектирования (АСП)

Трудоемкость разработки алгоритмов проектирования находится в прямой зависимости от уровня унификации изделий, т. е. чем больше стандартных и нормализован-

ных деталей и узлов может быть использовано в проектируемой конструкции, тем меньше трудовых затрат требуется на составление алгоритма. При определении уровня унификации проектирования технологических процессов необходимо установить уровни унификации объектов проектирования и их применяемости.

Уровень унификации и применяемости объектов проектирования определяется отдельно для каждой выделенной в процессе их классификации подгруппы.

При выборе объектов автоматизации анализируется каждый уровень унификации и применяемости объектов проектирования. Чтобы дать оценку организации технической подготовки производства на предприятии, все уровни можно привести к некоторому коэффициенту, отражающему общий уровень унификации технологических процессов и оснастки.

Однако при определении экономической эффективности унификации нужно учитывать не только количественный показатель (коэффициент применяемости), но и качественный, т. е. удельную экономию.

При повышении коэффициента применяемости унификации значительный экономический эффект получается за счет сокращения сроков технической подготовки производства. Кроме того, отпадает надобность в заимствованных и покупных деталях.

Осуществляемые в процессе производства унификация и нормализация деталей позволяют увеличить их серийный выпуск, что дает возможность применять групповые методы обработки, а значит, и более прогрессивные технологические процессы для сокращения вспомогательного времени и снижения трудоемкости изготовления изделий.

Экономическая эффективность унификации должна учитываться как на стадии технической подготовки производства изделий, так и в процессе их производства и эксплуатации.

На стадии технической подготовки производства эффект от стандартизации и унификации изделий достигается за счет сокращения сроков и объема разработки конструкторской и технологической документации, а также снижения трудоемкости проектирования. При проектировании сложных деталей следует учитывать затраты на проектирование и изготовление инструмента или техноло-

гической оснастки. Эффективность унификации подсчитывается путем отнесения эффекта к затратам на разработку самой нормали или стандарта, приобретение оборудования, инструмента и определения срока окупаемости.

В процессе производства эффект от внедрения нормали достигается за счет экономии основных материалов и заработной платы производственных рабочих, возможности использовать новые технологические процессы и оборудование. Коэффициент эффективности нормали характеризуется величиной эффекта, отнесенного на единицу затрат, связанных с ее разработкой и внедрением.

Экономическая эффективность унификации особенно возрастает при автоматизированном проектировании, причем основными ее показателями при автоматизации технической подготовки производства являются уменьшение трудоемкости конструирования и технологического проектирования изделий, сокращение сроков разработок, снижение их себестоимости, а также повышение организационно-технического уровня производства, производительности труда, качества производства.

Для определения эффективности унификации в условиях функционирования автоматизированной системы подготовки производства необходимо установить элементы, в которых произошли изменения после внедрения в производство нового стандарта или нормали. При этом новую конструкцию или процесс нужно сравнить с прежними и с помощью последовательных расчетов определить, дала ли новая нормаль возможность сэкономить материал, сократить расходы на проектирование и изготовление, уменьшить накладные расходы и т. п. При автоматизированном проектировании надобность в подобных расчетах эффективности унификации будет постепенно отпадать, так как создание самой системы автоматизации проектирования уже предполагает высокую степень стандартизации производства.

Широкое внедрение унификации в условиях автоматизированного проектирования обуславливает проведение расчетов ее экономической эффективности. Последняя может быть определена на стадиях проектирования, производства и эксплуатации и выражена с помощью основных и вспомогательных показателей.

К числу основных показателей относятся:

- а) годовой экономический эффект;
- б) срок окупаемости капитальных вложений;
- в) коэффициент экономической эффективности;
- г) снижение себестоимости изделий;
- д) уменьшение удельных капитальных вложений в единицу продукции.

Отдельные стороны эффективности характеризуют вспомогательные показатели:

- а) снижение трудоемкости изготовления изделий;
- б) изменение материалоемкости конструкций;
- в) улучшение качества продукции (например, повышение надежности, долговечности, сортности и т. д.);
- г) сокращение эксплуатационных расходов и т. д.

В условиях функционирования автоматизированных систем проектирования уровень стандартизации и унификации значительно повышается, что сокращает общие затраты на автоматизацию проектно-конструкторских и технологических работ.

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Экономическая эффективность автоматизации инженерных работ выявляется в процессе материального производства и эксплуатации. Это особенно очевидно при автоматизации инструментальной подготовки производства на предприятии.

Полная экономическая эффективность от внедрения машинного проектирования инструмента представляет собой сумму эффектов, достигаемых в различных сферах, т. е.

$$\mathcal{E}_n = \sum_{i=1}^n \mathcal{E}_i - E_n (K_1 - K_2),$$

где \mathcal{E}_i — годовой экономический эффект или годовая экономия, полученная в i -й сфере инженерного труда ($i = 1$), производства ($i = 2$), эксплуатации ($i = 3$);
 E_n — нормативный коэффициент эффективности;

K_2, K_1 — капитальные вложения во внедряемый и базовый вариант.

Полная экономическая эффективность характеризуется конечным результатом, полученным при внедрении автоматизации в сферу народного хозяйства. Однако расчет экономической эффективности автоматизации инструментальной подготовки имеет свои особенности.

Схема расчета экономической эффективности использования ЭВМ «Минск—22» приведена на рис. 2.

Определение годового объема проектирования сложнорежущего инструмента

Объем проектирования сложнорежущего инструмента включает техническую подготовку осваиваемого производства, а также дополнительное проектирование, вызванное изменением конструкций и параметров детали (операции) в основном производстве.

Годовой объем нового проектирования рассчитывается по формуле:

$$Q_1 = N (1 + \Pi_1)^t,$$

где Q_1 — годовой объем проектирования нового инструмента при технической подготовке нового изделия;

N — объем инструментов определенного наименования;

Π_1 — коэффициент среднегодового роста объемов нового проектирования;

t — рассматриваемый год.

Годовой объем корректировок сложнорежущего инструмента рассчитывается по формуле:

$$Q_2 = N\beta (1 + \Pi_2)^t,$$

где Q_2 — годовой объем корректировок сложнорежущего инструмента;

β — среднегодовой коэффициент корректировок;

Π_2 — коэффициент роста объема корректируемых инструментов*.

* Остальные обозначения см. выше.

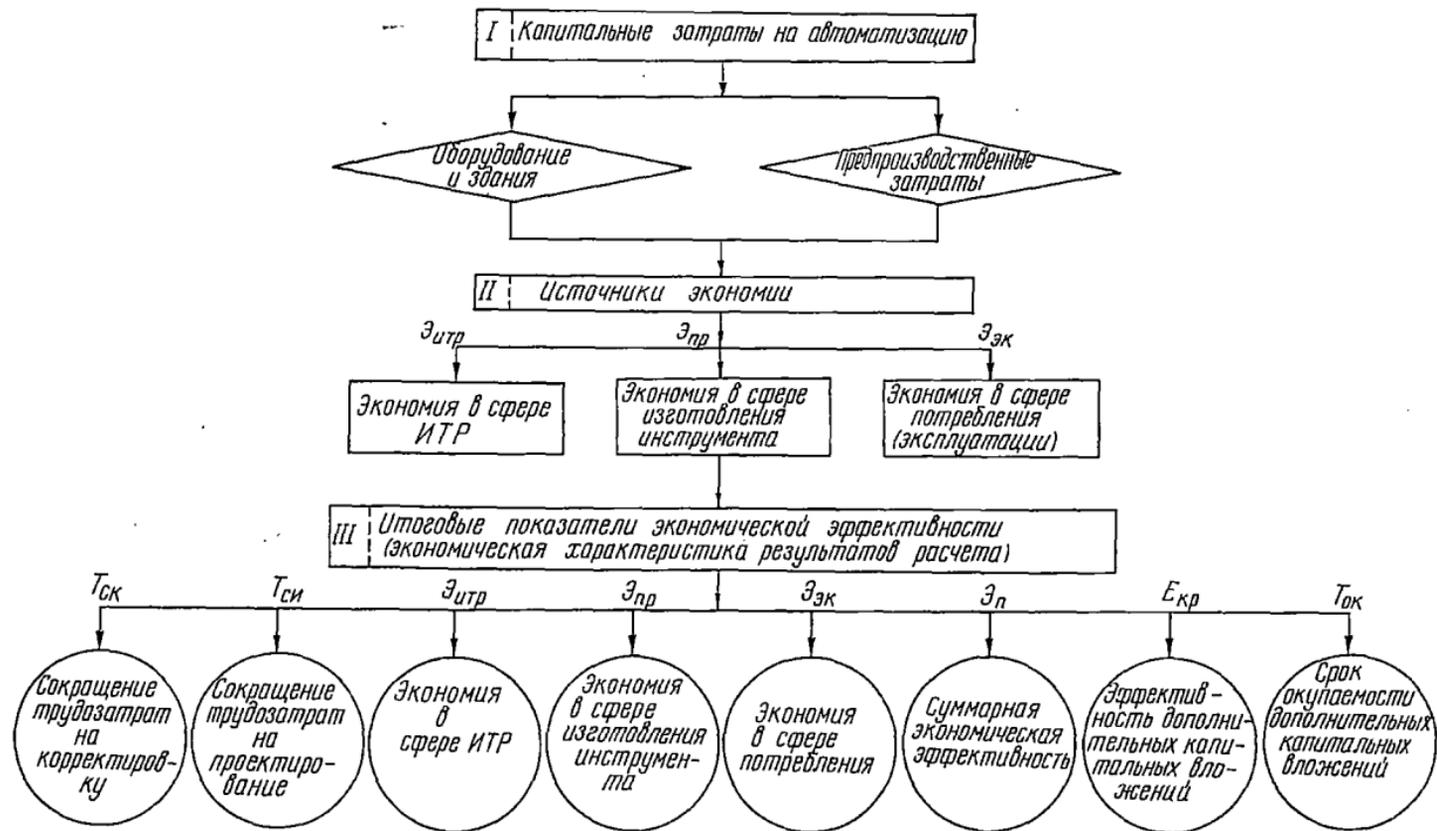


Рис. 2. Схема расчета экономической эффективности использования ЭВМ «Минск-22» в инструментальной подготовке производства.

Расчет трудозатрат в сравниваемых вариантах

Трудозатраты в сравниваемых вариантах определяются на основании хронометражных наблюдений по этапам проектирования или по существующим нормативам.

Трудозатраты в сравниваемых вариантах следует рассчитывать по формулам:

а) на единицу инструмента i -й группы сложности:

$$T_n = \sum_{i=1}^m T_i (1 - P)^t,$$

где T_n — трудозатраты на единицу проектирования соответственно нового и корректируемого инструмента, руб.;

T_i — трудозатраты на i -е виды работ, $i = 1, 2, 3, \dots, m$;

P — коэффициент сокращения трудовых затрат за счет роста производительности труда инженера-проектировщика в связи с повышением организационно-технического уровня производства и уровня механизации;

t — рассматриваемый год (при первом годе внедрения $t = 1$);

б) на объем корректировки:

$$T_{кQ_j} = \eta_j \cdot T_{нj} \cdot Q_2,$$

где η — коэффициент корректировки трудозатрат;

в) на объем нового проектирования:

$$T_{нQ_j} = T_{нj} \cdot Q_1,$$

где $T_{нj}$ — трудозатраты на объем проектирования соответствующего наименования.

Возможное сокращение трудозатрат на проектирование ($T_{сн}$) и корректировку ($T_{ск}$) инструмента в результате внедрения ЭВМ и АЧГ определяется по формулам:

$$T_{сн} = T_{нQ_1} - T_{нQ_2};$$

$$T_{ск} = T_{кQ_1} - T_{кQ_2},$$

где $T_{нQ_1}$, $T_{нQ_2}$, $T_{кQ_1}$, $T_{кQ_2}$ — трудозатраты на новое проектирование и корректировку инструмента в сравниваемых вариантах.

Текущие затраты ИТР в сравниваемых вариантах рассчитываются по этапам затрат, исходя из объема затрат на новое проектирование и корректировку:

а) в базовом варианте:

$$C_1 = \frac{S(1 + R_d) \cdot (1 + R_n) + H_{сб}}{T_{фд}} \cdot (T_{пQ_j} + T_{кQ_j}) + S_a (T_2 R_1 Q_2 + T_2 R \eta_6 Q_1),$$

где S — фактические затраты по фонду заработной платы на выполнение работы по этапам, руб.;

R_d — дополнительная зарплата, %;

R_n — норма отчисления в фонд соцстраха;

$H_{сб}$ — годовые накладные расходы в базовом варианте;

$T_{фд}$ — годовой фонд эффективной работы ИТР, ч;

S_a — стоимость 1 часа эксплуатации счетно-клавишного автомата, руб.;

R_1, R — коэффициенты роста производительности труда нового и корректируемого проектирования;

T_2 — затраты времени на инженерно-технические расчеты, ч;

η_6 — коэффициент корректировки в базовом варианте;

б) во внедряемом варианте:

$$C_2 = \left[\frac{S_{п.н} (1 + R_d) (1 + R_n) + H_{с.н} + S_{п.п} (1 + R_{д.п}) (1 + R_n) + H_{п.п}}{T_{фд}} \times \right. \\ \times \sum_{i=1}^m T_{Q_i} + \frac{S_{пф} (1 + R_{д.п}) (1 + R_n) + H_{п.п}}{T_{фд}} \cdot T_{пф} + S_{п.ч} \cdot T_{пф} + \\ + \frac{S_{э}}{T_{пКк}} \cdot T + S_{ч.гр} \cdot T_{ч.гр} + \\ \left. + \frac{S_{оф} (1 + R_d) (1 + R_n)}{T_{фд}} \cdot T_{оф} (1 - R_p) \right] \times \\ \times Q_2 + S_{общ} \cdot \eta_6 \cdot Q_1,$$

где $S_{п}$ — фонд зарплаты ИТР, занятых подготовкой данных, руб.;

$S_{п.п}$ — фонд зарплаты ИТР, занятых на пере-

- даче данных в вычислительный центр, руб.;
- $S_{\text{пф}}$ — фонд зарплаты ИТР, занятых на перфорации, руб.;
- $S_{\text{оф}}$ — фонд зарплаты ИТР, занятых оформлением, руб.;
- $H_c, H_{\text{ц}}, H_{\text{п}}$ — сумма накладных расходов, приходящихся на работу ИТР, занятых подготовкой, передачей, перфорацией и оформлением данных;
- $\eta_{\text{в}}$ — коэффициент корректировки во внедряемом варианте;
- T_{q_i} — сумма времени на выполнение i -х этапов работ;
- $T_{\text{ч.гр}}, T_{\text{оф}}$ — время на выполнение этапов чертежно-графических работ и оформление во внедряемом варианте, ч.;
- $S_{\text{п.ч}}, S_{\text{ч.гр}}$ — себестоимость 1 часа работы перфоратора, АЧГ, руб/ч.;
- $S_{\text{э}}$ — сумма годовых затрат на эксплуатацию ЭВМ, руб.;
- $S_{\text{общ}}$ — общие затраты на разработку единицы инструмента, руб.;
- $T_{\text{п}}$ — годовой полезный фонд времени ЭВМ, ч.;
- $K_{\text{к}}$ — коэффициент загрузки ЭВМ по данной работе или теме;
- $T_{\text{пф}}$ — время на перфорацию рассматриваемой задачи, ч.;
- $R_{\text{р}}$ — коэффициент, характеризующий достигнутый уровень организации и механизации инженерного труда*.

Во внедряемом варианте расчеты производятся по эксплуатационным статьям затрат отдельно для ЭВМ, перфоратора и других технических устройств, которые самостоятельно выполняют определенные этапы работ и не совмещены с ЭВМ. Если вспомогательное оборудование совмещено с ЭВМ, эксплуатационные расходы учитываются на 1 машино-час работы ЭВМ с затратами на перфорацию и т. д. Экономия в сфере ИТР определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_1 = C_1 - C_2.$$

* Остальные обозначения см. выше.

Определение экономии в сфере производства инструмента

Затраты * в сравниваемых вариантах на изготовление сложнорежущего инструмента в металле определяются на основе анализа калькуляционных статей затрат.

Экономия на весь объем изготавливаемых инструментов в сравниваемых вариантах рассчитывается по формуле:

$$\begin{aligned} \Delta_2 = C_{\text{пр}_1} - C_{\text{пр}_2} &= \sum_{i=1}^n S_{c_1 i} \cdot h_3 Q_2 - \\ &- \sum_{i=1}^n S_{c_2 i} \cdot Q_2, \end{aligned}$$

где $C_{\text{пр}_1}$, $C_{\text{пр}_2}$ — себестоимость изготовления единицы инструмента в существующем и внедряемом вариантах, руб.;

h_3 — коэффициент, выражающий отношение количества действующего режущего инструмента, эквивалентного по стойкости до полного износа одному новому инструменту, спроектированному с помощью ЭВМ;

Q_2 — объем изготавливаемого инструмента в год, шт/год;

$S_{c_1 i}$, $S_{c_2 i}$ — расходы по i -й калькуляционной статье затрат на изготовление инструмента в сравниваемых вариантах, руб.

Определение экономии в сфере эксплуатации сложнорежущего инструмента

Затраты в сравниваемых вариантах определяются на основании постатейного анализа расходов на эксплуатацию единицы сложнорежущего инструмента, приходящегося на одну деталь (операцию), — S_p . Эти расходы могут подсчитываться по-разному в зависимости от конст-

* При оценке текущих затрат в базовом варианте за основу расчета принимаются зарплата исполнителей по соответствующим группам сложности проектирования инструмента, накладные расходы, приходящиеся на одного конструктора, а также затраты на средства механизации по их годовой эксплуатации.

руктивных особенностей того или иного инструмента. В общем случае их следует определять по формуле*:

$$S_p = \frac{[(C - C_0) + (H_{\text{пер}} \cdot Z_{\text{пер}})] \cdot t_{\text{маш}}}{T_{\text{ст}} (H_{\text{пер}} + 1)},$$

где C — стоимость единицы режущего инструмента, руб.;

C_0 — сумма, получаемая от реализации изношенного инструмента;

$H_{\text{пер}}$ — число допускаемых переточек режущего инструмента, руб.;

$Z_{\text{пер}}$ — затраты на переточку режущего инструмента, руб.;

$t_{\text{маш}}$ — машинное время выполнения операции, ч.;

$T_{\text{ст}}$ — период стойкости инструмента между переточками, ч.

В тех случаях, когда новая конструкция режущего инструмента дает возможность сократить время на замену инструмента, в расчетах должны быть учтены затраты на замену инструмента, приходящиеся на одну операцию.

Следовательно, указанная выше формула примет вид:

$$S_p = \frac{[(C_0 - C_0) + H_{\text{пер}} (Z_{\text{пер}} + Z_{\text{зам}})] \cdot t_{\text{маш}}}{T_{\text{ст}} (H_{\text{пер}} + 1)},$$

где $Z_{\text{зам}}$ — затраты на замену инструмента, коп.

Если конструкция режущего инструмента допускает его повторное использование после восстановления, то расчет затрат по эксплуатации режущего инструмента производится по несколько видоизмененной формуле — с учетом данных о допускаемом числе восстановлений инструмента и затрат на однократное восстановление, т. е. по следующей формуле:

$$S = \frac{[(C - C_0) + H_{\text{пер}} \cdot Z_{\text{пер}} + H_{\text{вос}} \cdot Z_{\text{вос}}] \cdot t_{\text{маш}}}{T_{\text{ст}} \cdot (H_{\text{пер}} + 1) (H_{\text{вос}} + 1)},$$

где $Z_{\text{вос}}$ — затраты на однократное восстановление инструмента, руб.;

$H_{\text{вос}}$ — число восстановлений режущего инструмента.

Отсюда экономия, достигаемая в сфере потребления

* См. «Экономическая эффективность применения новой техники при конструировании и эксплуатации режущего инструмента». М., НИИмаш, 1967.

(эксплуатации) режущего инструмента — \mathcal{E}_H определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_H = [(C_{см1} \cdot t_{маш1} + S_{p1}) \cdot M_б - (C_{см1} \cdot t_{маш2} + S_{p2}) \cdot M_в] \cdot Q_1,$$

где $C_{см1}$ — себестоимость станко-минуты работы оборудования, занятого выполнением определенной операции в сравниваемых вариантах (без затрат на инструмент), коп.;

$t_{маш1}$, $t_{маш2}$ — машинное время, затраченное на выполнение операции режущим инструментом старой и новой конструкции, ч.;

$M_б$, $M_в$ — расходы на эксплуатацию единицы режущего инструмента соответственно старой и новой конструкции, приходящиеся на одну деталь (операцию), коп.;

S_{p1} , S_{p2} — общее количество выполненных операций до полного износа инструмента (период стойкости) в базовом и внедряемом вариантах, определяемое по формулам:

$$M_б = \frac{T_{ст.б}}{t_{в.маш}} \cdot H_{пер};$$

$$M_в = \frac{T_{ст.в}}{t_{в.маш}} \cdot H_{пер}.$$

Определение капитальных вложений в сравниваемых вариантах

Капитальные вложения в базовом варианте (K_1) следует рассчитывать по формуле:

$$K_1 = \frac{T_{фб}}{(T_{нб} - T_{пр.б}) \cdot R_{загр}} \cdot Ц_a,$$

где $T_{фб}$ — фактически необходимое время (в часах) на инженерно-технические расчеты при помощи счетно-клавишного автомата;

$T_{нб}$ — номинальный фонд работы счетно-клавишного автомата, ч/год;

$R_{загр}$ — коэффициент загрузки счетно-клавишного автомата;

$Ц_a$ — стоимость одного счетно-клавишного автомата, руб.;

$T_{\text{пр.б}}$ — время, необходимое на профилактику и ремонт, ч. Это время составляет 25% от полезного времени.

Требуемые капитальные вложения во внедряемом варианте (K_2) следует рассчитывать по формуле:

$$K_2 = \frac{T_{\text{фв}} (C + K_{\text{зд}})}{(T_{\text{нб}} - T_{\text{пр.в}}) \cdot R_{\text{загр}}} + \Phi_{\text{обор}} + K_{\text{пред}},$$

где $\Phi_{\text{обор}}$ — затраты на дополнительные оборотные средства, руб.;

$K_{\text{пред}}$ — предпроизводственные затраты, включающие разработку алгоритмов и рабочих программ, их отладку и опытно-промышленное внедрение, руб.;

$T_{\text{фв}}$ — фактическая загрузка ЭВМ или АЧГ, ч;

C — стоимость ЭВМ или АЧГ, руб.;

$K_{\text{зд}}$ — затраты на строительство здания.

Если предпроизводственные затраты имели место в течение ряда лет, то полная стоимость, отнесенная к окончанию предпроизводственных работ, должна определяться как сумма этих затрат, произведенных в течение всего периода выполнения научно-исследовательских работ:

$$K_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^n K_i^n \cdot (1 + E_{\text{н}})^{T_{\text{баз}} - t_i},$$

где K_i^n — предпроизводственные затраты i -го наименования ($i = 1, 2, \dots, n$);

$E_{\text{н}}$ — нормативный коэффициент эффективности;

$T_{\text{баз}}$ — год, принятый за базу для расчета;

t_i — рассматриваемый год.

Полные капитальные вложения ($K_{\text{пол}}$) во внедряемом варианте определяются путем суммирования полученных результатов на ЭВМ, АЧГ и т. д. по формуле:

$$K_{\text{пол}} = K_2^{\text{ЭВМ}} + K_2^{\text{АЧГ}*}.$$

Удельные капитальные затраты в базовом варианте, т. е. при использовании ручного конструирования, равны:

$$K_{\text{уд}}^1 = \frac{K_1}{Q_1}; \quad K_{\text{уд}}^2 = \frac{K_2}{Q_2}.$$

где Q_1, Q_2 — годовой объем проектирования инструмента.

* Обозначения см. выше.

Определение экономической эффективности дополнительных капитальных затрат на внедрение ЭВМ и АЧГ при конструировании инструмента

Эффективность дополнительных капиталовложений или уменьшение срока их окупаемости достигается за счет экономии от снижения себестоимости выполнения одной конструкторской разработки соответствующей группы сложности или за счет экономии, полученной от всего объема разработок инструмента и его потребления за год.

Показатель сравнительной эффективности дополнительных вложений ($E_{нр}$) определяется по формуле:

$$E_{нр}^* = \frac{\partial_1 + \partial_2 + \partial_3}{K_{пол} - K_1}.$$

Для выбора наиболее эффективного варианта по этому показателю необходимо его расчетную величину сопоставить с установленной нормой эффективности. Условием выбора экономически эффективного варианта является соблюдение неравенства:

$$E_{нр} \geq E_{н},$$

где $E_{н}$ — нормативный коэффициент эффективности, равный 0,2.

Срок окупаемости дополнительных капиталовложений, полученных за счет экономии от снижения себестоимости ($T_{ок}$), обратной по величине показателю сравнительной эффективности дополнительных капиталовложений, определяется по формуле:

$$T_{ок} = \frac{K_{пол} - K_1}{\partial_1 + \partial_2 + \partial_3}.$$

С помощью показателя срока окупаемости, отнесенного к дополнительным капитальным вложениям, нельзя охарактеризовать абсолютный эффект, полученный в результате внедрения ЭВМ. Вследствие этого определение экономического эффекта от автоматизации конструирования инструмента с помощью ЭВМ производится путем сопоставления расчетных годовых затрат, произведенных до и после внедрения метода автоматического конструирования. Такой метод расчета позволяет определить точную сумму годового эффекта.

* Обозначения см. выше.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ ИНЖЕНЕРНОГО ТРУДА

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НОВОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ ИНЖЕНЕРНОГО ТРУДА

Ускоренные темпы технического прогресса ставят перед инженерно-техническими работниками все более сложные и ответственные задачи, диктуют необходимость повышения эффективности труда.

Важнейшими организационно-экономическими факторами, влияющими на рост эффективности инженерного труда, являются использование современных математических методов, автоматизация и механизация инженерных работ. Это наиболее очевидно при создании автоматизированных систем технической подготовки производства (АСТПП).

К числу важнейших вопросов экономики и организации таких систем относится разработка необходимых методологических принципов по определению экономической эффективности их внедрения.

Под экономической эффективностью автоматизированной системы технической подготовки производства понимается сумма эффектов, получаемых при внедрении каждой из подсистем, входящих в эту систему.

В условиях функционирования автоматизированной системы технической подготовки производства экономическая эффективность должна подразделяться на общую (абсолютную) и сравнительную. Общей (абсолютной) экономической эффективностью следует считать отношение суммы экономических эффектов к дополнительным капитальным вложениям. Показателем общей экономической эффективности можно пользоваться при выборе оптимальных направлений использования капитальных вложений, связанных с разработкой и внедрением автомати-

зированных систем технической подготовки производства, а сравнительной экономической эффективности — при выборе наилучшего варианта как отдельных подсистем, так и систем в целом.

Под экономическим эффектом, достигаемым при внедрении этих систем, следует понимать максимальное снижение приведенных затрат. В тех случаях, когда система, подсистема или отдельная задача внедряются без дополнительных капитальных вложений, понятие эффекта должно совпадать с экономической эффективностью.

Расчет экономической эффективности автоматизации инженерного труда имеет свои особенности как при определении эффективности капиталовложений и новой техники, так и автоматизации инженерного труда.

Практика показывает, что экономия, получаемая в результате автоматизации инженерно-технического труда, незначительна. Существенная экономия с учетом фактора времени достигается в основном производстве и при эксплуатации изделия, что можно выразить формулой:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{пк}}(T) = & \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^T C_{\text{ИТР}}_{ij}(t) + \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^t C_{\text{оп}}_{ij}(t) + \\ & + \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^T C_{\text{в.п}}_{ij}(t) + \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^T C_{\text{н.х}}_{ij}(t) - \\ & - \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^T K_{ij}(t) \cdot (1 + E_{\text{н}})^{T_0 - T_j}, \end{aligned}$$

где $\mathcal{E}_{\text{пк}}(T)$ — суммарная оценка экономической эффективности автоматизации инженерного труда;

$C_{\text{ИТР}}_{ij}(t)$ — годовая экономия i -го источника в сфере инженерного труда за j -й год;

$C_{\text{оп}}_{ij}(t)$ — годовая экономия i -го источника в сфере основного производства за j -й год;

$C_{\text{в.п}}_{ij}(t)$ — годовая экономия i -го источника в сфере вспомогательного производства за j -й год;

$C_{\text{н.х}}_{ij}(t)$ — годовая экономия i -го источника в сфере народного хозяйства за j -й год;

$K_{ij}(t)$ — требуемые капитальные затраты в различных сферах для автоматизации инженерного труда за j -й год;

$E_{н}$ — нормативный коэффициент эффективности;

T_0 — начальный период затрат;

T_j — рассматриваемый год;

t — анализируемый период времени.

Во многих случаях при определении экономической эффективности внедрения ЭВМ не акцентируется внимание на взаимосвязи и изменении составляющих капитальных затрат и достигаемых эффектов с учетом фактора времени. Известно, что характер изменения этих параметров может быть непрерывным и дискретным как по составляющим капитальных затрат, так и по экономическим источникам и другим элементам, что следует учитывать при расчете сравнительной экономической эффективности.

В связи с этим расчет сравнительной экономической эффективности целесообразно, на наш взгляд, производить по формуле:

$$K_T = K_0 (1 + E_{н})^{T_{баз} - t}$$

Расчет единовременных капитальных вложений на внедрение автоматизированной системы технической подготовки производства может быть осуществлен по формулам:

$$K_{пол} = K_0 (1 + E_{н})^{T_{баз} - t_0} + K_в (1 + E_{н})^{T_{баз} - t_в} +$$

$$+ K_{зд} (1 + E_{н})^{T_{баз} - t_{зд}} + K_{об} (1 + E_{н})^{T_{баз} - t_{об}} +$$

$$+ K_{пр} (1 + E_{н})^{T_{баз} - t_{пр}};$$

$$K_{пол} = \sum_{i=1}^T K_i (1 + E_{н})^{T_{баз} - t_i},$$

где K_0 , $K_в$, $K_{зд}$ — соответственно стоимость основного оборудования, вспомогательного оборудования и необходимых производственных площадей (строительство вычислительного центра);

$K_{пр}$ — предпроизводственные затраты;

$K_{об}$ — оборотные средства;

$E_{\text{н}}$ — нормативный коэффициент эффективности;

$T_{\text{баз}}$ — год исчисления, принятый за базу;

$t_0, t_{\text{в}}, t_{\text{зд}}, t_{\text{об}}$ — рассматриваемый год (соответственно относительно стоимости основного оборудования, вспомогательного, строительства ИВЦ, оборотных средств);

$K_{\text{пол}}$ — полные капитальные затраты.

Анализ затрат на внедрение машинного проектирования на базе использования ЭВМ показывает, что они осуществляются на разных стадиях проектирования и в различное время.

Если в некотором промежутке времени ($t_{\text{оконч}} - t_{\text{нач}}$) капиталовложения производятся несколько раз, то $K_{\text{пол}}^i$ i -го наименования могут быть исчислены по следующей формуле:

$$K_{\text{пол}} = \sum_{i=1}^n \Delta K_j^i [1 + E_{\text{н}}^i(t_j)]^{T_{\text{баз}} - t_j},$$

где ΔK_j^i — затраты на i -е наименование, произведенные за время t_j ;

$E_{\text{н}}^i$ — значение нормативного коэффициента эффективности за период времени t_j .

Эффективное использование ЭВМ требует установления соответствующего коэффициента их загрузки с учетом вида выполняемых работ. Проведенные исследования показывают, что на некоторых предприятиях ЭВМ используются не полностью. Причиной этого является тот факт, что в ряде случаев при приобретении ЭВМ не учитываются возможности предприятия по ее загрузке. В результате дорогостоящая техника иногда простаивает или используется для различных научно-исследовательских экспериментов.

Однако мало увеличить количество часов работы ЭВМ. Повысить эффективность эксплуатации электронной техники — значит использовать ее для решения ряда задач по оптимизации планирования и управления, проектированию и конструированию, выявлению и мобилиза-

ции резервов производства. Одной из неотложных проблем является ускорение создания автоматизированных систем управления технической подготовкой производства.

Важнейшим источником экономии при внедрении автоматизированных систем технической подготовки производства является сокращение цикла технической подготовки производства, что не всегда учитывается в расчетах. Требуется уточнения и методология расчета экономии с учетом фактора надежности отдельных подсистем и системы в целом, а также определения экономического потенциала. При определении экономического потенциала необходимо учитывать возможное расширение границ внедрения разработки на предприятии. Чем шире будет ее использование, тем меньшими будут расходы.

Вследствие неполноты исследований в области экономической эффективности автоматизации инженерного труда и незначительного внедрения автоматизированных систем технической подготовки производства пока еще нет соответствующих достоверных нормативных данных, что сказывается на качестве расчетов сравнительной экономической эффективности.

Как известно, затраты времени на расчет технологических операций состоят из времени выполнения работ отдельных этапов: сбора, обработки и подготовки данных на заводе, переноса информации на перфоленгу или перфокарту, ее контроля, ввода исходной информации в ЭВМ и ее машинной обработки, вывода информации на печать.

Затраты времени на автоматизированное проектирование можно значительно уменьшить за счет механизации и автоматизации сбора, подготовки и обработки исходных данных на предприятиях.

Расчеты эффекта от экономии инженерного труда только исходя из фонда заработной платы инженерно-технических работников не совсем полно отражают фактические результаты, достигаемые при автоматизации инженерного труда.

Важной особенностью анализа применения вычислительной техники в инженерном труде является учет ее экономической эффективности при росте годового объема проектирования и повышения сложности конструкций.

МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ
ИНЖЕНЕРНОГО ТРУДА

**Расчет экономической эффективности
автоматизации проектно-
конструкторских работ ***

Существует ряд методов расчета экономической эффективности внедрения ЭВМ в сферу инженерно-технического труда. Насколько эффективна ЭВМ для конкретного предприятия, можно судить только по результатам технико-экономического обоснования.

Приведем некоторые методы расчета экономической эффективности внедрения ЭВМ для автоматизации проектно-конструкторских работ.

*Расчет объема
проектно-конструкторских разработок
в сравниваемых вариантах (штук)*

Объем проектно-конструкторских работ определяется исходя из потребности в проектировании оригинальных деталей и узлов.

Расчет объема проектирования (Q_s) должен вестись по группам сложности в разрезе деталей и узлов рассматриваемого изделия по формуле:

$$Q_s = \sum_{i=1}^n h_{ni} \cdot [(1 + f)^t \cdot \beta],$$

где h_{ni} — количество конструкторских и технологических разработок (штук);

f — коэффициент среднегодового объема проектов;

t — рост проектно-конструкторских разработок по годам ($t = 1, 2, 3, \dots, n$);

β — коэффициент, характеризующий дополнительный объем проектно-конструкторских работ по результатам проведенных испытаний;

$\sum_{i=1}^n$ — виды групп сложности ($i = 1, 2, 3, \dots, n$).

* Методика расчета разработана В. А. Трайневым и апробирована на Минском, Челябинском тракторных заводах и на Оршанском станкостроительном заводе.

При проведении соответствующих испытаний нового изделия могут быть внесены конструктивные изменения в геометрию деталей и узлов, технологию их обработки, физические параметры и расчеты величин. Все это приведет к росту количества конструкторских и технологических проектов, что необходимо дополнительно учитывать при расчете полного объема проектно-конструкторских работ (штук).

По этому методу можно определять объем конструкторских и технологических разработок на конкретные проектируемые изделия.

Расчет трудозатрат в сравниваемых вариантах

Установление базы для сравнения требует при расчете трудовых затрат на единицу и объем проектно-конструкторских разработок учета уровня механизации, достигнутого за счет проведения организационных мероприятий и внедрения различных средств на данном предприятии в рассматриваемый период. Для этого можно использовать формулы (1 и 4).

Трудовые затраты в сравниваемых вариантах рассчитываются по видам конкретных функций, входящих в комплекс инженерных работ человека либо машины, по следующей формуле:

$$T_Q = \sum_{i=1}^m T_i h_{ii} \cdot [(1 + f) + \beta \eta] \cdot (1 - Y_{\text{орг}} - Y_{\text{мех}}),$$

где m — количество конкретных видов инженерно-технических работ ($i = 1, 2, 3, \dots, m$);
 T_i — затраты времени на i -е виды отдельных этапов работ по проектированию;
 η — коэффициент, отражающий размер дополнительных трудовых затрат, связанных с корректировкой проектно-конструкторских разработок по результатам испытания;
 $Y_{\text{орг}}, Y_{\text{мех}}$ — коэффициенты среднего уровня организации и механизации инженерного труда, рассчитанные по формулам (1 и 4).

Видами затрат времени могут быть:

в базовом варианте:

полные затраты времени на проектирование, в том числе по некоторым укрупненным видам работ:

подготовительно-заключительные (T'_1);

поиск информации (T'_2);

инженерно-технические расчеты (T'_3);

чертежно-графические работы (T'_4);

во внедряемом варианте:

полные затраты времени на проектирование, в том числе по следующим видам работ:

подготовительно-заключительные (T''_1);

поиск информации (T''_2);

кодирование информации (T''_3);

передача информации в ИВЦ (T''_4);

перфорация и контроль (T''_5);

машинное время ЭВМ (T''_6);

машинное время чертежно-графического автомата (T''_7).

Проведение расчетов в отдельности по указанным составляющим видам работ обуславливается необходимостью правильного учета временных затрат человека и машины, объективного расчета фактической себестоимости.

Расчеты трудовых затрат в базовом и внедряемом вариантах ведутся по одним и тем же формулам. При этом трудовые затраты в базовом варианте обозначаются одним штрихом, а во внедряемом — двумя.

Следует отметить, что трудовые затраты на выполнение конструкторских и технологических разработок могут определяться и другими методами.

Фонд рабочего времени технических средств (основных и вспомогательных), используемых для механизации и автоматизации инженерного труда, можно определить по формуле:

$$\Phi_{\text{год}} = R_{\text{рд}} t_{\text{тр}} - T_{\text{пр}},$$

где $R_{\text{рд}}$ — количество рабочих дней в году;

$t_{\text{тр}}$ — время работы техники в сутки;

$T_{\text{пр}}$ — суммарное время (годовое) на профилактические ремонты, осмотры (часов).

Необходимое количество единиц основного и вспомогательного оборудования $\beta_{об}$ рассчитывается с учетом фактической загрузки T_i оборудования на выполнение годового объема для сравниваемых вариантов (в данном случае $T'_1, T'_2, T'_3, T'_4, T'_5, T'_6$ и T'_7) по формуле:

$$\beta_{об} = \frac{T'_1}{\Phi_{год} \cdot R},$$

где R — коэффициент загрузки оборудования.

Экономия времени от внедрения ЭВМ в инженерную деятельность подсчитывается как разность объемов затрат в человеко-часах:

$$\Delta T = T'_Q - T''_Q.$$

Уровень роста производительности труда можно определить по формуле:

$$Y_{пр} = \frac{\Delta T}{T''_Q}.$$

Количество условно высвобождаемых ИТР определяется по формуле:

$$N_{ИТР} = \frac{T'_Q}{\Phi_{год ИТР}} - \frac{T''_Q}{\Phi_{год ИТР}},$$

где $\Phi_{год ИТР}$ — время действительной работы ИТР в год

Расчет затрат по калькуляционным статьям

Себестоимость ручных проектных работ укрупненно складывается из себестоимости подготовки, поиска и передачи информации, инженерно-технических расчетов и чертежно-графических работ, оформления и размножения проектно-конструкторских документов и рассчитывается по формуле:

$$S_p = \Phi_{пз} + H_c.$$

При подсчете расходов фонда зарплаты с начислениями на подготовительно-заключительные работы ИТР, приведенной к одному часу, следует использовать формулу:

$$\Phi_{пз} = \frac{З_{осн} (1 + R_d) (1 + R_n)}{T_{дф} \cdot R_n},$$

где $T_{\text{дф}}$ — действительный фонд рабочего времени в год, часов;

$R_{\text{п}}$ — коэффициент загрузки ИТР;

$R_{\text{д}}$ — коэффициент дополнительной зарплаты ИТР данной квалификации;

$R_{\text{н}}$ — коэффициент отчислений в фонд соцстраха.

Расход зарплаты с начислениями, приведенной к одному часу работы конструктора, следует подсчитывать, исходя из квалификации конструктора, занятого выполнением работы определенной группы сложности.

Накладные расходы в год (H_c), приведенные к одному часу работы ИТР, рассчитываются по формуле:

$$H_c = \frac{W}{T_{\text{дф}} \cdot R_{\text{п}}},$$

где W — сумма накладных расходов, приходящаяся на одного ИТР по данным завода или конструкторского бюро в год, руб.

Если накладные расходы при внедрении ЭВМ в базовом варианте не изменяются, то их можно не учитывать в сравниваемой себестоимости. Тогда $H_c = 0$.

Расчет эксплуатационных затрат производится по формуле:

$$C_{\text{эк}} = (\Phi_{\text{зп}} + \mathcal{E}_e + A_3 + P_{\text{тр}} + M + H_3)(1 + K_3),$$

где $\Phi_{\text{зп}}$ — затраты по фонду зарплаты (основной и дополнительной) с отчислениями в фонд соцстраха, руб.;

\mathcal{E}_e — стоимость электроэнергии, потребляемой ЭВМ, руб.;

A_3 — амортизационные отчисления, руб.;

$P_{\text{тр}}$ — затраты на текущий ремонт и профилактику ЭВМ, руб.;

M — расход материалов, руб.;

H_3 — амортизационные отчисления на используемую производственную площадь, руб.;

K_3 — коэффициент, учитывающий прочие затраты.

Годовой фонд зарплаты (основной и дополнительной с отчислениями в фонд соцстраха) всего эксплуатационного персонала рассчитывается по формуле:

$$\Phi_{\text{зп}} = \mathcal{Z}_{\text{осн}}(1 + R_{\text{д}})(1 + R_{\text{н}}),$$

где $\bar{Z}_{\text{осн}}$ — основная зарплата ИТР в год, исходя из оклада исполнителя соответствующей квалификации, руб.;

$R_{\text{д}}^-$ — коэффициент дополнительной зарплате ИТР данной квалификации;

$R_{\text{н}}$ — коэффициент отчислений в фонд соцстраха.

Стоимость электроэнергии, потребляемой основным и вспомогательным оборудованием, подсчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_e = F_3 \cdot \Phi_{\text{год}} \cdot C_{\text{эл}} \cdot f_{\text{ч}},$$

где F_3 — установленная мощность основного и вспомогательного оборудования, кВт;

$\Phi_{\text{год}}$ — годовой фонд времени работы вычислительной техники с учетом профилактических осмотров, ч;

$C_{\text{эл}}$ — цена одного киловатт-часа электроэнергии в конкретных условиях эксплуатации основного и вспомогательного оборудования, руб.;

$f_{\text{ч}}$ — коэффициент использования мощности.

Амортизационные отчисления рассчитываются на основании действующих норм:

$$A_3 = C_{\text{об}} \cdot d,$$

где $C_{\text{об}}$ — балансовая стоимость или отпускная цена основного и вспомогательного оборудования, руб.;

d — норма амортизационных отчислений основного и вспомогательного оборудования.

Затраты на текущий ремонт и профилактику основного и вспомогательного оборудования определяются по формуле:

$$P_{\text{тр}} = Z_{\text{р}} (1 + R_{\text{рд}}) (1 + R_{\text{нр}}) \cdot T_{\text{р}} + S_3 + S_{\text{м}},$$

где $Z_{\text{р}}$ — основная часовая зарплата ремонтных рабочих, обслуживающих вычислительную технику, руб.;

$T_{\text{р}}$ — время, затрачиваемое на ремонт, ч;

S_3 — стоимость запасных частей, руб.;

$S_{\text{м}}$ — стоимость материалов, израсходованных для текущих и профилактических ремонтов, руб.;

$R_{\text{нр}}$ — коэффициент дополнительной заработной платы ремонтных рабочих;

$R_{рд}$ — коэффициент отчисления заработной платы в фонд соцстраха ремонтных рабочих.

Годовой расход материалов определяется с учетом фактического расхода магнитной и перфорационной ленты, бумаги для печатающих устройств и других материалов по формуле:

$$M = \sum_{i=1}^{mb} C_{Mi} \cdot Q_{Mi},$$

где C_{Mi} — цена расходуемого i -го материала, руб.;
 Q_{Mi} — количество расходуемого i -го материала (кг, шт., м и т. д.);
 mb — количество наименований расходуемых материалов.

Амортизационные отчисления за используемую производственную площадь определяются по формуле:

$$H_3 = S_k \cdot L_3 \cdot d_3,$$

где S_k — балансовая стоимость 1 m^2 площади, руб.;
 L_3 — величина производственной площади, m^2 ;
 d_3 — процент амортизационных отчислений на основании действующих норм.

Общий коэффициент, учитывающий прочие затраты, рассчитывается как отношение плановых или фактических расходов к общей сумме эксплуатационных расходов:

$$K_3 = \frac{S}{C_{эк}},$$

где S — прочие расходы, руб.;
 $C_{эк}$ — фактические затраты по прямым расходам при эксплуатации основного и вспомогательного оборудования, руб.

Сумма затрат на содержание административно-управленческого персонала находится в зависимости от суммы основной зарплаты.

Стоимость машино-часа работы основного и вспомогательного оборудования определяется по формуле:

$$S_{м.ч} = \frac{C_{эк}}{\Phi_{год} \cdot R_{п}}.$$

Для определения эксплуатационных затрат на одну или несколько работ можно использовать следующую формулу:

$$C_{\text{эк} m} = C_{\text{эк}}^{\text{ЭВМ}} \cdot \frac{T_{\text{б}}''}{\Phi_{\text{год}}},$$

где $C_{\text{эк}}^{\text{ЭВМ}}$ — затраты на эксплуатацию ЭВМ, руб. *

Если нужно определить затраты на аренду машино-часа, то расчеты производят:

а) для одновременных работ, т. е. отладки программ, для новой разработки и других работ;

б) при выполнении текущих работ, т. е. при разработке технологических процессов для текущего производства. Эти затраты на конкретную работу определяются как разность затрат на конструкторские и технологические разработки по сравниваемым вариантам.

Расчет капитальных вложений

Капитальные вложения в сравниваемых вариантах на выполнение соответствующего объема технологических и конструкторских разработок рассчитываются как разность требуемых и высвобожденных капитальных затрат.

Капитальные вложения, высвобожденные в результате внедрения каких-либо устройств, должны учитываться и использоваться для других целей.

Если же часть устройств списывается, то при выборе лучшего варианта неамортизированная часть их стоимости должна быть прибавлена к балансовой или отпускной стоимости внедрения ЭВМ.

Капитальные вложения в основное и вспомогательное оборудование ** по установленной нормативной или расчетной цене определяются по формуле:

$$K_{\text{об}} = \sum_{i=1}^h C_{\text{об}i} \cdot \beta_{\text{об}i}^{***}.$$

* Остальные обозначения см. выше.

** Учитываются транспортные расходы на поставку оборудования, а также затраты на монтаж и его освоение.

*** Обозначения см. выше.

Расчет капитальных вложений в здания производится по формуле:

$$K_{зд} = \sum_{i=1}^z C_з \cdot L_{об_i} (1 + R_{д.пл}),$$

где $R_{д.пл}$ — коэффициент, учитывающий дополнительную площадь, приходящуюся на оборудование;

$C_з$ — средняя стоимость 1 м² производственного здания, руб.;

$L_{об_i}$ — величина производственной площади (площадь в плане), занимаемой оборудованием, м².

Требуемые капитальные вложения в оборотные фонды и нормативные заделы рассчитываются по формуле:

$$K_{об} = \sum_{i=1}^a M_{об_i} \cdot C_{и_i} \cdot \beta_{с_i},$$

где $M_{об_i}$ — количество материала i -го наименования (кг, м, шт. и т. д.);

$C_{и_i}$ — цена единицы материала i -го наименования, руб.;

$\beta_{с_i}$ — коэффициент использования материала i -го наименования на технологическую и конструкторскую разработки.

В оборотные средства включается стоимость основных и вспомогательных материалов (магнитных лент, перфолент), малоценных приспособлений и инструментов и др.

Предпроизводственные затраты входят в состав капитальных вложений.

Полные капитальные вложения в сравниваемых вариантах рассчитываются по формуле:

$$K_{пол} = K_{об} + K_{зд}^*$$

Требуемые дополнительные капитальные вложения рассчитываются по формуле:

$$\Delta K_{доп} = K_{пол_2} - K_{пол_1},$$

где $K_{пол_1}$ — капитальные вложения в базовом варианте;
 $K_{пол_2}$ — капитальные вложения в разработку системы автоматизированного проектирования.

* Обозначения см. выше.

Расчет источников экономии

Одним из важнейших вопросов является определение экономической эффективности автоматизированной системы технической подготовки производства.

Совокупность источников экономии в различных автоматизированных подсистемах технической подготовки производства определяется комплексом решаемых в подсистеме задач.

Подсчет составляющих источников экономии производится на основе получения максимальной текущей экономии в результате механизации и автоматизации технической подготовки производства по трем сферам:

$$\mathcal{E}_{\text{пол}_1} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3,$$

где \mathcal{E}_1 — экономия за счет удешевления разработки проектно-конструкторской документации, руб.;

\mathcal{E}_2 — экономия в основном производстве, руб.;

\mathcal{E}_3 — экономия в сфере использования изделия, руб.

Экономия за счет удешевления разработки проектно-конструкторской документации

Прямая экономия на затратах труда ИТР подсчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{пр}} = C_1 - C_2,$$

где C_1 и C_2 — текущие затраты в базовом и внедряемом вариантах.

Для расчета текущих затрат в базовом варианте применяется формула:

$$C_1 = S'_p (T'_Q - T'_3) + S_1 \cdot T'_3,$$

где S'_p — себестоимость часа ручных работ, руб.;

S_1 — стоимость машино-часа работы автомата, руб.

Текущие затраты в сфере инженерного проектирования во внедряемом варианте рассчитываются по формуле:

$$C_2 = S''_p \cdot T''_1 + S_2 \cdot T''_2 + S_3 \cdot T''_5 + S_4 \cdot T''_6 + S_5 \cdot T''_7,$$

где S_p' , S_2 , S_3 , S_4 и S_5^* — соответственно себестоимость часа ручных работ ИТР, стоимость машино-часа работы ИПС (информационно-поисковой системы), перфоратора, ЭВМ, устройства «Итекан-2», руб.

Экономия за счет повышения точности или качества проектирования определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{рк}} = S' \cdot T_3' \cdot z_T,$$

где S' — себестоимость данного вида и объема работы, руб.

z_T — коэффициент повышения точности инженерно-технических расчетов.

Экономия в основном производстве

Экономия за счет снижения трудозатрат на изготовление детали или изделия рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{пр}_1} = (C'_{\text{рп}} \cdot T'_{\text{шт}} - C''_{\text{рп}} \cdot T''_{\text{шт}}) \cdot d_3,$$

где $C'_{\text{рп}}$, $C''_{\text{рп}}$ — себестоимость станко-часа работы оборудования, используемого при выполнении данной операции (без учета оснастки), в сравниваемых вариантах, руб.;

$T'_{\text{шт}}$, $T''_{\text{шт}}$ — штучное время на выполнение операции по новой и старой технологии, руб.;

d_3 — общее количество выполненных деталей-операций.

Экономия за счет сокращения норм расхода материалов на деталь или изделие рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{мм}_1} = C_1 \cdot Y_1 \cdot d_3 \cdot \Theta_1,$$

где C_1 — цена металла, руб.;

Y_1 — фактический расход материала на деталь, кг;

Θ_1 — фактический коэффициент экономии металла.

Экономия в сфере использования изделия

Экономия от сокращения цикла технической подготовки производства происходит за счет ускорения

* Остальные обозначения см. выше.

вступления в эксплуатацию новых изделий и рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ус}} = \mathcal{E}_{\text{инн}} \cdot \frac{T'_Q - T''_Q}{T'_Q} (1 - V_{\text{п}}) (1 + R_{\text{ум}}) \cdot Q_{\text{д}},$$

где $\mathcal{E}_{\text{инн}}$ — скорректированная величина получаемой экономии, которую дает вновь осваиваемое изделие при эксплуатации, руб/год;

$R_{\text{ум}}$ — коэффициент роста экономии за счет улучшения условий труда при эксплуатации нового изделия;

$V_{\text{п}}$ — коэффициент, отражающий скорость изготовления изделия (детали) в производстве и внедрения в эксплуатацию;

$Q_{\text{д}}$ — годовой объем выпускаемых изделий.

Экономия за счет улучшения использования инженерно-технических работников определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ис}} = B_1 \cdot \mathcal{Z}_{\text{ИТР}} \cdot N_{\text{ИТР}},$$

где B_1 — коэффициент, учитывающий экономию затрат на обучение одного ИТР;

$\mathcal{Z}_{\text{ИТР}}$ — сумма, затраченная на обучение одного ИТР;

$N_{\text{ИТР}}$ — количество высвободившихся ИТР.

Расчет основных показателей экономической эффективности

Относительное сокращение цикла технической подготовки производства рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{сокр}} = \frac{T'_Q}{T''_Q}.$$

Экономический потенциал научно-исследовательских работ определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = K_{\text{пр}} \cdot (N_3 - 1) (1 - \beta_3),$$

где N_3 — количество предприятий, где будет внедряться данная разработка;

β_3 — коэффициент дополнительных затрат на привязку разработки.

Для оценки экономической эффективности сравниваемых вариантов в качестве общего используется показатель экономии приведенных затрат (руб.), который определяется по формуле:

$$C_{\text{пр}} = CQ_s + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}},$$

где C — себестоимость единицы конкретного вида конструкторских или технологических разработок, руб.

Общий годовой экономический эффект исчисляется по формуле приведенных затрат на основании принятого нормативного коэффициента эффективности:

$$\mathcal{E}_{\text{п}_1} = (C_1 + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}_1}) - (C_2 + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}_2}),$$

где $E_{\text{н}}$ — нормативный коэффициент эффективности.

При расчете суммарных составляющих эффекта по трем сферам формула принимает вид:

$$\mathcal{E}_{\text{п}} = \mathcal{E}_{\text{пол}} - E_{\text{н}} \Delta K_{\text{доп}},$$

где $\mathcal{E}_{\text{п}}$ — полная экономическая эффективность от внедрения ЭВМ в инженерный труд на машиностроительном предприятии с учетом фактора времени, руб.;

$\mathcal{E}_{\text{пол}}$ — сумма экономии, получаемой в рассматриваемых сферах, руб.;

$K_{\text{доп}}$ — требуемые дополнительные капитальные и производственные затраты, руб.

Экономический эффект, получаемый организацией, выполняющей научно-исследовательские работы, определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{НИР}} = \mathcal{E}_{\text{п}} \cdot R_{\text{НИР}},$$

где $R_{\text{НИР}}$ — коэффициент, который учитывает долю годового экономического эффекта, приходящегося на работы, выполняемые организацией (исследовательские и проектно-конструкторские работы, технологические, работы по технической подготовке производства, освоению и организации производства).

Показатель срока окупаемости дополнительных капитальных вложений в трех сферах на основе достигаемой экономии определяется по формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{\Delta K_{\text{доп}}}{\mathcal{E}_{\text{пол}}}.$$

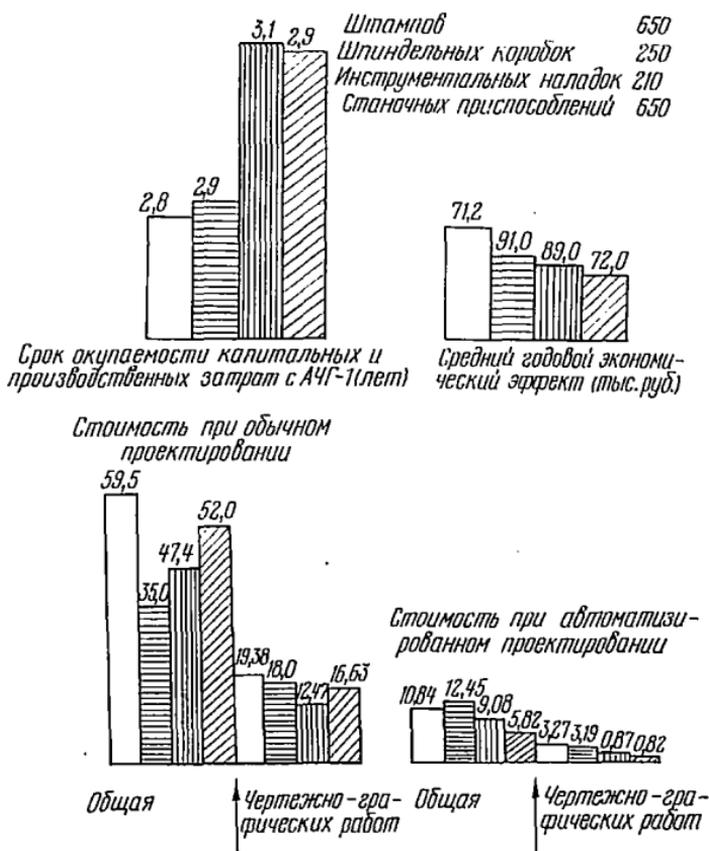


Рис. 3. Результаты расчета экономической эффективности автоматизации отдельных задач ТПП.

Показатель эффективности дополнительных капитальных вложений рассчитывается по формуле:

$$E_d = \frac{1}{T_{ок}}$$

Показатель срока окупаемости предпроизводственных затрат можно рассчитать по формуле:

$$T_{ок.п} = \frac{K_{пр}}{\mathcal{E}_{пол} \cdot R_{НИР}}$$

Показатель эффективности предпроизводственных затрат научно-исследовательских работ определяется по формуле:

$$E_{пр} = \frac{1}{T_{ок.п}}$$

На рис. 3 приведен расчет экономической эффективности автоматизации проектирования отдельных задач технической подготовки производства на примере минских заводов тракторного и автоматических линий.

Расчет технико-экономической эффективности внедрения опытных устройств обработки статистических рядов параметров

Расширение областей применения прикладных математических методов и средств вычислительной техники требует экономического обоснования целесообразности увеличения расходов на их внедрение.

Уровень технического развития в настоящее время позволяет полностью автоматизировать изготовление полупроводниковых приборов, однако проектируемые системы могут оказаться слишком сложными и дорогими. Поэтому необходимо определять степень рациональности новых разработок путем экономического сравнения вариантов с различной степенью автоматизации производства.

В качестве примера возьмем устройства для обработки статистических рядов параметров транзисторов. Метод расчета их экономической эффективности внедрен на одном из предприятий радиотехнической промышленности.

*Краткая техническая характеристика опытных устройств **

Устройство для построения гистограмм (УПГ) предназначено для автоматического построения гистограмм дифференциального закона любой функции распределения случайных величин.

Устройство может применяться в системах статистического контроля качества элементов серийного производства, в научных исследованиях. В качестве объектов контроля могут быть выбраны оценки математического ожидания и дисперсии с учетом или без учета корреляционных связей между контролируемыми элементами. Эти оценки вычисляются вручную.

* Г. М. Попов. Статистические методы и аппаратура для исследования качества, надежности и элементов серийного производства. Автореф. канд. дис. Минск, 1970.

Устройство для построения гистограмм выполнено на дискретных полупроводниках. Работа его основана на принципе преобразования напряжения в код.

Вычислитель оценок математического ожидания и дисперсии (ВОМОД) служит для автоматического вычисления оценок двух первых моментов нормального распределения и используется аналогично УПГ. ВОМОД работает в двоично-десятичном коде и построен в основном на типовых ячейках. Результаты вычислений выводятся на цифровые индикаторы.

Эффективные, несмещенные и состоятельные оценки математического ожидания и дисперсии статистического распределения подсчитываются с точностью до $\pm 1\%$.

Рассмотрим конкретный пример расчета главных элементов трудозатрат и источников экономии.

Расчет трудозатрат

Рост производительности труда при существующей его организации и механизации определяется по формуле:

$$Y_{\text{мех}} = \sum_{i=1}^m P_{M_i} \cdot \frac{1'}{100},$$

где $i=1, 2, 3, \dots, m$ —число наименований источников роста производительности труда. Тогда

$$Y_{\text{мех}} = 0,55 \cdot \left(\frac{30 + 25}{100} \right).$$

Рост производительности труда за счет повышения уровня унификации определяется по формуле:

$$Y_{\text{ун}} = \frac{T'_{\text{эп}} \cdot Q'_d + T''_{\text{эп}} \cdot Q''_d}{T'_{\text{эп}} \cdot Q'_d},$$

где $T'_{\text{эп}}$, $T''_{\text{эп}}$, Q'_d , Q''_d —соответственно среднее время, затрачиваемое на разработку типовой ячейки, и количество типов ячеек в базовом и внедряемом вариантах.

Разработка ячеек складывается из (в часах):

технической подготовки	7,5
эскизного проектирования	20,5
технического проектирования	12,2
рабочего проектирования	12,0
оформления и размножения чертежей	2,4
	<hr/>
Всего	54,6

В разработанных устройствах применено 14 типов ячеек общим количеством 1756 шт.

Тогда

$$Y_{ун} = 0,3 \cdot \left[\frac{14 \cdot (54,6 - 38,22)}{54,6 \cdot 14} \right].$$

Уровень механизации и организации труда в сравниваемых вариантах рассчитывается по формуле:

$$Y_2 = \sqrt{(1 + Y_{мех}) (1 + Y_{ун})} - 1;$$

$$Y_2 = 0,38.$$

На основании данных АН БССР Y_1 принимается равным 0,2.

Фактически трудозатраты определяются по формулам:

$$T_Q = T \cdot (1 - Y_2) \cdot B_H;$$

$$Q_{s_2} = h_{n_2} \cdot (1 + B_H),$$

где $h_{n_2} = 120$ — количество новых проектно-технологических разработок для технологической подготовки производства (шт.);

$B_H = 0,05$ — коэффициент среднегодового прироста новых проектов. Тогда $Q_{s_2} = 125$.

Сравнение фактических трудозатрат для базового и внедряемых вариантов производится по разделам:

А — статистическая обработка информации на автоматических устройствах (в выборке 200 приборов);

Б — обработка на ЭВМ результатов планирования экспериментов для числа факторов $K=3$.

Базовый вариант I		Внедряемый вариант II	
Наименование	Время, ч	Наименование	Время, ч
А. Подготовительная работа	0,05	Подготовительная работа	0,05
Измерения	0,10	Измерения	0,10
Запись результатов	0,25	Запись и обработка статистического ряда	0,0001
Обработка статистического ряда	0,50		
Итого . . .	0,90	Итого . . .	0,15

Базовый вариант I		Внедряемый вариант II	
Наименование	Вре- мя, ч	Наименование	Вре- мя, ч
Б. Подготовительная работа	0,50	Подготовительная работа	0,033
Поиск информации	0,32	Поиск информации	0,013
Решение нормальных уравнений	4,95	Контроль	0,033
Получение коэффициентов регрессии	5,16	Машинное время	0,261
Анализ уравнения	1,78		
Получение таблиц и графиков	2,11		
Итого . . .	14,82	Итого . . .	0,340

Условный выпуск продукции в год примем 5050 тыс. шт., а величину контролируемой партии—1000 шт. Тогда для варианта I требуется 4545 часов, а для варианта II—757,50 часа. Фактическая экономия времени составит 3787,5 часа.

Действия по разделу Б относятся к четырем узловым операциям. Обязательный ежемесячный контроль технологического оборудования требует обращения к оптимальному методу планирования. В связи с этим для варианта I требуется 711,36 часа, а для варианта II—16,32 часа. Фактическая экономия времени составит 695,04 часа. Годовая экономия времени—4482,54 часа.

Уровень роста производительности труда

$$Y_{\text{пр}} = \frac{4482,54}{5256,36} = 0,852.$$

Расчет источников экономии

Экономический эффект от внедрения разработанных устройств рассчитывается в следующем порядке (цифры условные):

Принимаем нормативный коэффициент E_n равным 0,2.

Показатели	Единица измерения	До внедрения	После внедрения
1. Условный выпуск продукции	тыс. шт.	5050	5050
2. Себестоимость единицы изделия			
в том числе:			
а) материалы	руб., коп.	134-44	123-68,6
б) расход электроэнергии	»	0-03,8	0-03,8
то же, теплоэнергии	»	7-00	6-74
» воды технической	»	0-30	0-30
» водорода	»	0-84	0-83
» азота	»	8-30	8-24
» воздуха сжатого	»	0-017	0-017
» воды деионизированной	»	5-25	5-15
в) содержание оборудования	»	0-19	0-19
г) цеховые расходы	»	0-071	0-70
д) заработная плата основная и дополнительная	»	152-57,6	140-51,5
е) отчисления соцстраху	»	12-20,6	11-24,1
ж) амортизация изменяемой части основных средств	»	8-37,6	2-11,9
Итого . . .		330-60,3	299-77,6

Удельные капитальные затраты в базовом и внедряемом вариантах определены равными 10,7 и 42,3.

Экономическая эффективность от внедрения подсчитывается по преобразованной формуле приведенных затрат.

$$\mathcal{E}_1 = (330 - 60,3 - 299 - 77,6) \cdot 5050 - 0,2 (10,7 - 42,3) = 162 \text{ тыс. руб.}$$

Экономия за счет высвобождаемой техники рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_2 = (\Phi_{31} + W_1) \cdot P_n,$$

где $\Phi_{31} = 7845-41,28$ руб., $W_1 = 198-24,01$ руб. и обозначают соответственно годовой фонд заработной платы работников, занятых в производстве, и накладные расходы от общего фонда зарплаты этих работников. (В этих расчетах нами использованы основные концепции Г. М. Попова).

Так как $P_n = 0,3$, то \mathcal{E}_2 составит 2413-09,6 руб.

Экономия за счет использования метода экстремальных экспериментов подсчитывается исходя из следующих предпосылок.

В соответствии с общепринятыми методами описания оптимальной области для $j=8$, $m=3$, $k=3$ поставленная в работе задача реализуется 648 экспериментами (j —число параллельных опытов, m —число уровней, k —число факторов). По методу планирования проведено 72 эксперимента.

Подсчет стоимости одного эксперимента ведется в соответствии со следующими данными (стоимость операции условная и не связана с конкретным типом транзистора):

	На 1000 шт. руб. ц коп.
шлифование и травление торца слитка	6-75,09
ориентация слитков в плоскости III	0-01,2
резание слитка на пластины	0-04,96
промывка	0-01,78
контроль	0-01,25
шлифование	0-11,99
промывка	0-01,78
контроль	0-01,11
очистка поверхности	0-87,55
диффузия	0-15,02
измерение глубины диффузии	0-10,56
стоимость энергоносителей	0-26,0
содержание оборудования	0-51,0
цеховые расходы	0-09,0
Итого . . .	9-04,43

Итоговая сумма 9-04,43 руб. относится к двум объектам измерения.

Исходя из требований точности нужно использовать не менее 8 объектов. В условиях эксперимента использовалось 10 объектов.

Экономия от применения метода планирования экспериментов Э₃ составляет 26 547-72 руб.

Экономия за счет внедрения выборочного статистического контроля рассчитывается следующим образом.

За основу принимается типовой технологический процесс изготовления транзисторов.

Операция изготовления и контроля приборов условно разбита на 8 этапов:

- 1) резка слитков;
- 2) шлифование пластин;
- 3) фотолитография;
- 4) блок арматуры;
- 5) блок арматуры в сборе;
- 6) испытания;
- 7) классификация;
- 8) проверка электрических параметров.

При расчетах принималось: число приборов в контролируемой партии $N = 1000$ шт.; вероятность хорошей выборки $P = 0,95$; план контроля $D_1(n_1, c)$, в процессе которого заменяются дефектные изделия при n_1 выборках и допустимом числе дефектов c ; число контролируемых приборов $n = 200$.

Вычислялись оценки экономических потерь: при бесконтрольном приеме партии \bar{z}''' , 100%-ном контроле \bar{z}'' , 20%-ном статистическом контроле \bar{z}' .

На рис. 4 приведены расчетные значения \bar{z}''' , \bar{z}' , \bar{z}'' для каждой группы операций, которые позволяют сделать следующие выводы.

Выборочный контроль эффективнее 10%-ного контроля и бесконтрольной приемки.

Экономия от применения выборочного контроля в среднем составляет 30 руб. на 1000 шт. приборов, годовая экономия — 151 500 руб.

Экономические потери при \bar{z}' растут интенсивнее, чем при \bar{z}''' и \bar{z}'' .

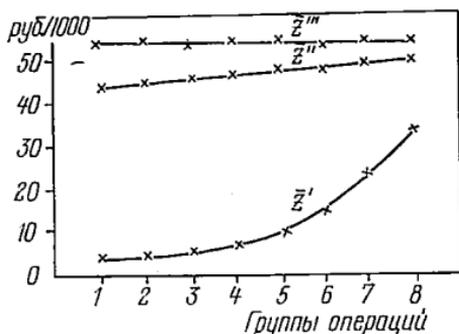


Рис. 4. Расчетные значения \bar{z}''' , \bar{z}'' , \bar{z}' .

В связи с этим целесообразность выборочного статистического контроля на конечных операциях определяется конкретными оптимальными условиями.

Критериями выбора того или иного вида контроля являются стоимость объекта и основные требования к нему.

Полная экономия подсчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{пол}} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3 + \dots + \mathcal{E}_n.$$

Она составляет 342 460-79,6 руб.

Технико-экономическая оценка результатов работы свидетельствует о рациональности применения статистических методов контроля и оптимальных методов планирования экспериментов. Эффект увеличивается в случае использования для расчетов ЭВМ.

Технико-экономические показатели работы УПГ и ВОМОД

Приведем пример расчета, связанный с серийным изготовлением транзисторов. Примем размер контролируемой партии $N=1000$ шт., объем выборки $n=200$ шт.

Статистический контроль условно делится на следующие операции: подготовительные работы (А), измерения (В), запись результатов (С), вычисление (машинное время) (D), анализ результатов (Е), принятие решений (F).

Каждая операция характеризуется средним временем ее выполнения. Это время может быть получено статистическими или иными методами. Для расчета будем использовать сведения, приведенные в табл. 2.

Исходим из того, что данные о параметрах полупроводниковых приборов поступают от датчиков. При увеличении числа датчиков затраты на обработку статистического ряда уменьшаются пропорционально их числу (амортизационные отчисления, производственные площади, расходы на ремонт и т. д.). Вместе с тем возрастает время простоя датчиков в ожидании обработки информации, поступающей от других датчиков.

Определим оптимальные условия применения УПГ и ВОМОД. Для этого найдем число датчиков, удовлетворя-

Таблица 2

Условные операции	Для ВОМОД, ч	Для УПГ, ч
А	0,05	0,05
В	0,10	0,10
С	0,0001	0,10
Д	0,0001	0,50
Е	1,0	1,0
Ф	0,2	0,2

ющих условию оптимальности. В качестве критерия прием себестоимость времени работы устройств.

Предположим, что функция себестоимости имеет вид:

$$Y = (\mu + m + \gamma_k) \cdot \left(B + \frac{C}{k} \right),$$

где $\mu + m + \gamma_k = Q$ — время обработки одного ряда;

γ_k — среднее время простоя при k датчиках;

m — среднее время ввода информации;

μ — среднее время вычислений;

$B + \frac{C}{K} = S$ — стоимость работы одного датчика.

$$B = \frac{З + A_{п} + P_{п} + M}{\Phi_k};$$

$$C = \frac{(З_{ст} + A_{у} + P_{м} + A_{п1} + Э_k) \cdot K_{пр}}{\Phi_k},$$

где $З (З_{ст})$ — годовая стоимость, затраты на зарплату оператора, отчисления в фонд соцстраха, накладные расходы с учетом работы в две смены;

$A_{д} (A_{у}, A_{п})$ — амортизационные отчисления на датчик, устройство, производственную площадь в год;

$P_{п}, P_{м}$ — годовые затраты на ремонт датчика (устройства);

M — затраты на основные материалы в год;

$Э$ — затраты на электроэнергию в год;

$K_{пр}$ — коэффициент, учитывающий прочие затраты;

$\Phi = 8748 \cdot 60$ — годовой фонд рабочего времени датчика из расчета двухсменной работы, *мин*;
 k — коэффициент использования рабочего времени датчика.

Примем для расчетов числовые значения указанных выше элементов (табл. 3).

Таблица 3

Элементы	Для ВОМОД, руб.	Для УПГ, руб.	Примечания
З	2461	2461	Исходя из заработной платы 90 руб. в месяц
З _{ст}	6289	6289	Исходя из заработной платы 115 руб. в месяц
—	150	150	10% от общей стоимости
—	2500	1000	То же
—	625	250	2,5% от общей стоимости
—	100	100	—
—	150	150	—
Э	95	95	—
—	1,085	1,085	—
К	0,74	0,74	—

На основании данных табл. 3 получим:

$B = 0,017$ руб/мин; $C_1 = 0,063$ руб/мин;

$C_2 = 0,045$ руб/мин (индексы 1 и 2 соответственно относятся к ВОМОД и УПГ).

Учитывая реальные условия, принимаем $m = 60$ с, $\mu = 5$ с.

Среднее время простоя датчика в зависимости от их числа подсчитываем по формуле:

$$\gamma_k = M (K - 1) \left(1 - \frac{m}{m + \mu + \gamma_{k-1}} \right).$$

Таким образом, вполне очевидно, что автоматическое вычисление оценок математического ожидания и дисперсии предпочтительнее ручной обработки гистограмм. Увеличение времени обработки статистического ряда и числа датчиков ведет к росту времени их простоя (рис. 5).

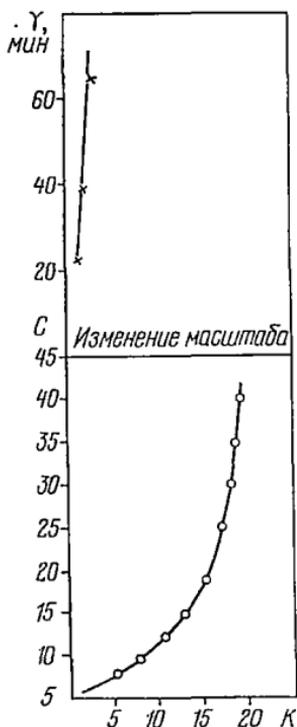


Рис. 5. Рост времени простоя датчиков в зависимости от времени обработки статистического ряда и числа датчиков.



Рис. 6. Оптимальный диапазон числа датчиков.

Таким образом, УПГ невыгодно применять в системах статистического контроля крупносерийного производства транзисторов. Но его можно применять при исследованиях, когда высокая себестоимость работы УПГ будет мала по сравнению с общим экономическим эффектом.

Можно рекомендовать совместную работу УПГ с ЭВМ или ВОМОД для автоматической обработки статистических рядов. При этом необходимо сравнивать технико-экономические характеристики вариантов.

На рис. 6 приведен оптимальный диапазон числа датчиков для ВОМОД — $K=9+14$. В пределах этого количества датчиков себестоимость работы ВОМОД будет наименьшая. Это дает основание полагать, что устройство может применяться в системах статистического контроля серийного изготовления полупроводниковых приборов.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭВМ ДЛЯ РАСЧЕТОВ СЕБЕСТОИМОСТИ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Эффективность автоматизированной системы технической подготовки производства во многом зависит от рационального использования машинного времени электронно-вычислительной техники (ЭВТ).

Затраты на машинное проектирование проектно-конструкторских и технологических разработок слагаются из расходов на собственно машинное время и ручные работы, выполнение которых необходимо для обеспечения работы машины.

Объем ручных работ при машинном проектировании проектно-конструкторских и технологических разработок включает сбор и подготовку данных, перенос информации на перфокарту или перфоленту, ее контроль.

Затраты времени на машинное проектирование можно выразить следующей формулой:

$$T_n = T_{\text{подг}} + T_{\text{пф}} + \sum_{i=1}^n t_{mi} + T_{\text{оф}},$$

Где $T_{\text{подг}}$ — время, затраченное на подготовку, ознакомление и заполнение бланка исходных данных и передачу его в ВЦ;

$T_{\text{пф}}$ — время, использованное на перфорацию и ее контроль;

t_{mi} — машинное время этапов i -го наименования ($i = 1, 2, 3, \dots, n$);

$T_{\text{оф}}$ — оформление результатов и передача их в отдел или цех.

Следует отметить, что подготовка исходной информа-

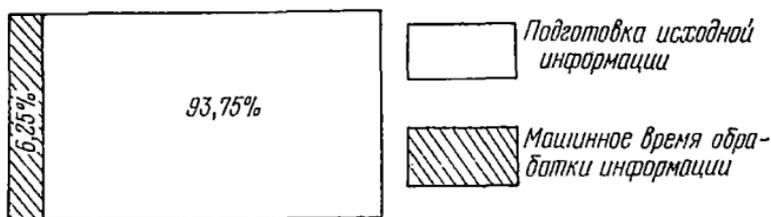


Рис. 7. Схема соотношения времени подготовки информации и времени машинного решения задач.

ции для машинной обработки является серьезной проблемой, так как затраты времени на нее гораздо выше основного машинного времени ЭВМ. Так, по данным расчетов, полученных при внедрении отдельных задач, на их решение с помощью ЭВМ «Минск-22» затрачивается в 8—15 раз меньше времени, чем на подготовку данных для ее решения (рис. 7).

Практика использования устройств для кодирования, обеспечивающих автоматическую фиксацию адреса или признака кодирования информации при одновременной печати в кодировочной карте и пробивке на перфоленте, показала, что с их помощью сокращается время подготовки информации.

Вопросы механизации и автоматизации ввода и вывода информации требуют своего дальнейшего решения.

Немаловажная роль отводится и вопросу повышения производительности труда ИТР в условиях человеко-машинной системы.

В настоящее время основным фактором, влияющим на повышение производительности труда работников, непосредственно занятых эксплуатацией электронно-вычислительной техники, является применение эффективных носителей информации, что в свою очередь требует сокращения подготовительно-заключительного времени (т. е. минимума дискретности во всем цикле проектирования) и увеличения полезного времени в процессе решения задач.

При использовании ЭВМ для решения задачи выполняется определенная работа, поэтому можно говорить о производительности электронно-вычислительной машины. Производительность ЭВМ оценивают с помощью понятия быстродействия — номинального и эффективного. Номинальное быстродействие — это среднее число команд, выполняемых машиной в единицу времени без взаимо-

действия с внешней памятью и другими устройствами. С помощью коэффициента все операции выражаются через какую-либо одну, например, сложение, а эффективное быстродействие ($B_{эф}$) определяется как количество таких стандартных операций, выполненных процессором при взаимодействии с внешними устройствами с учетом системных потерь и потерь, связанных с конечной надежностью оборудования и избыточностью программ.

Усредненная оценка быстродействия ЭВМ производится с помощью показателя среднего эффективного быстродействия ($B_{эф.ср}$), которое рассчитывается согласно уравнению:

$$\frac{1}{B_{эф.ср}} = \frac{P_1}{B_1} + \frac{P_2}{B_2} + \dots + \frac{P_n}{B_n},$$

где n — число задач в рассматриваемой совокупности;

B_1, B_2, \dots, B_n — эффективное быстродействие;

P_1, P_2, \dots, P_n — вероятность решения задач, характеризующая их удельный вес по времени в общей загрузке машины (т. е. $P_1 + P_2 + \dots + P_n = 1$).

Эффективное быстродействие ЭВМ определяется как быстродействие машины с учетом средних затрат времени на ввод, вывод и обмен информацией с внешними запоминающими устройствами и характеризует реальную скорость решения задач при работе всех устройств вычислительного комплекса ЭВМ. Величина эффективного быстродействия зависит от параметров магнитного оперативного запоминающего устройства (МОЗУ), внешних накопителей информации, арифметического блока, устройств ввода и вывода, а также от организации их работы в системе в целом.

Эффективное быстродействие ($B_{эф}$) может быть определено по формуле:

$$B_{эф} = B_n \cdot \frac{t_{выч}}{t_{реш}} \cdot K_a,$$

где B_n — номинальное быстродействие ЭВМ, млн. опер/с;
 $t_{выч}$ — время выполнения вычислений по заданному алгоритму;

$t_{\text{реш}}$ — время решения задачи, включая время ввода, вывода и обращения к внешним накопителям информации;

K_a — коэффициент, учитывающий время на выполнение работ по автоматическому программированию и реализации служебных программ, обеспечивающих многопрограммную работу ЭВМ.

Значение K_a увеличивается с повышением уровня автоматизации. В настоящее время в нашей стране K_a принимается равным 1,2.

Цена эффективного быстрогодействия (q) определяется по формуле:

$$q = \frac{C_{\text{ЭВМ}}}{B_{\text{эф}}},$$

где $C_{\text{ЭВМ}}$ — стоимость ЭВМ.

Приведенная формула отражает обратно пропорциональную зависимость цены эффективного быстрогодействия от его величины.

Полезной работой ЭВМ следует считать время, в течение которого ЭВМ находится в режиме решения задачи или автоматической отладки программы и работает безотказно, что можно выразить формулой:

$$T_{\text{пол}} = \sum_{j=1}^n T_{\text{маш}_j} + \sum_{i=1}^m T_{\text{подг}_i},$$

где $T_{\text{маш}}$ — часть полезного времени работы ЭВМ, затраченного на выполнение i -этапных действий, в результате которых осуществляется непосредственно решение задачи (ввод, расчет, печать);

$T_{\text{подг}_i}$ — подготовительное время, затрачиваемое по операциям 1, 2, 3, ..., m на подготовку перфоленки или перфокарт к вводу в машину, выполнение операции на пульте управления, на первичный анализ результатов решения, смену операторов и т. д.

Коэффициент эффективности использования полезного времени характеризуется следующим отношением:

$$K = \frac{T_{\text{маш}}^*}{T_{\text{пол}}^*}.$$

* Обозначения см. выше.

Величина этого показателя зависит от различных факторов: автоматизации процесса отладки и решения задач, степени формализации действий оператора и программистов, а также условий и организации работы на машине (возможность переключения различных устройств с пульта, освещенность помещения и т. д.).

Проведенные исследования по затратам времени, когда машина использовалась непосредственно для отладки и решения задач, показали, что одним из наиболее экономически целесообразных факторов, способствующих повышению производительности труда программистов, является режим операторной отладки задач на ЭВМ.

Операторная отладка состоит в отладке программ, написанных в машинном коде и на алгоритмических языках. В настоящее время подавляющее большинство программ пишется на алгоритмических языках.

Операторная отладка программ на ЭВМ является наиболее эффективным способом использования машинного времени.

Сущность ее состоит в следующем:

а) исключается выход программиста на ЭВМ для отладки программ (это допускается лишь в случае необходимости);

б) программист для отладки программы заполняет специальный бланк, по которому отладку ее может производить оператор, не знакомый с отлаживаемой программой;

в) отладка программы производится на уровне входного языка и позволяет выявить синтаксические ошибки алгоритмиста и программиста в процессе непосредственной отладки и расчета задач.

Режим операторной отладки имеет следующие преимущества:

1) значительно повышается качество составления рабочих и отладочных программ, что влечет за собой:

а) уменьшение срока отладки;

б) повышение эффективности использования машинного времени;

в) увеличение пропускной способности машин по отладке и расчету задач в смену;

2) отпадает необходимость выхода программистов во вторую и третью смены, в связи с чем расширяются границы их творческого труда;

3) упрощается распределение машинного времени для реализации портфеля заказов на отладку;

4) отпадает надобность в затратах машинного и рабочего времени на обучение новых работников приемам работы за пультом ЭВМ.

Созданием универсальных языков программирования и их реализацией не решается проблема эффективного использования ЭВМ. Практика выдвигает задачи, специфика которых позволяет учесть особенности представления используемой в них информации и диктует необходимость создания таких систем автоматизации, которые на каждом этапе своего развития применяли бы арсенал уже созданного математического обеспечения. В связи с этим представляет значительный интерес организация пакетов задач в автоматизированной системе проектирования.

Пакетная обработка данных при решении экономических задач автоматизированной системы технической подготовки производства является одним из факторов, повышающих эффективное быстроедействие ЭВМ.

Кроме того, эффективное быстроедействие ЭВМ можно увеличить за счет участия математиков-программистов в разработке алгоритмов совместно со специалистами. В этом случае повышается качество разработки алгоритмов, а следовательно, и программ и тратится гораздо меньше дорогостоящего машинного времени на отладку программ.

Важным вопросом в повышении уровня использования ЭВМ является также правильное размещение пультов ввода и вывода информации и их эксплуатация.

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИХ РАБОТ

Одной из важнейших задач, которые необходимо решить при создании автоматизированной системы технического проектирования, является автоматизация расчетов экономической эффективности. Автоматизация проектирования технологических процессов предполагает решение не только технических, но и целого ряда экономи-

ческих задач, позволяющих выбрать наиболее рациональный вариант конструкции или технологического процесса.

Выбор их рационального варианта может производиться по двум методам расчета:

- 1) целевой функции минимально полной себестоимости операции;
- 2) экономической эффективности по критерию минимума приведенных затрат.

Трудность разработки алгоритма проектно-конструкторских работ связана с рядом особенностей. Основной из них является отсутствие единой методики расчета экономической эффективности автоматизации проектно-конструкторских работ.

Существующая методика расчета экономической эффективности капитальных вложений и новой техники позволяет в какой-то мере произвести только общие расчеты и не может быть использована для разработки алгоритмов расчета экономической эффективности, так как в ней отсутствуют некоторые показатели, отражающие специфику автоматизаций инженерного труда. В связи с этим встает прежде всего вопрос о разработке метода, который бы отражал эту специфику.

Существенным недостатком традиционного подхода к разработке алгоритмов решения технических и экономических задач является использование методов, не учитывающих связей между названными типами задач. При этом рассматриваются только инженерные критерии выбора рационального технологического процесса, которые зачастую не обосновываются экономическим анализом. Так, при проектировании технологических процессов учитываются факторы: размерные связи детали; методы механической обработки; состав оборудования; приспособления; режущий инструмент; технические требования; точность размеров; чистота обработки; марка материала; нормативы режимов резания и нормы времени и т. п.

В приведенном алгоритме сделана попытка на основе указанных технических требований экономически обосновать выбор из всех возможных вариантов проектирования технологических процессов наиболее рационального.

На рис. 8 и 9 приводятся блок-схемы укрупненного и подробного алгоритмов расчета экономической эффективности автоматизации проектно-конструкторских работ.

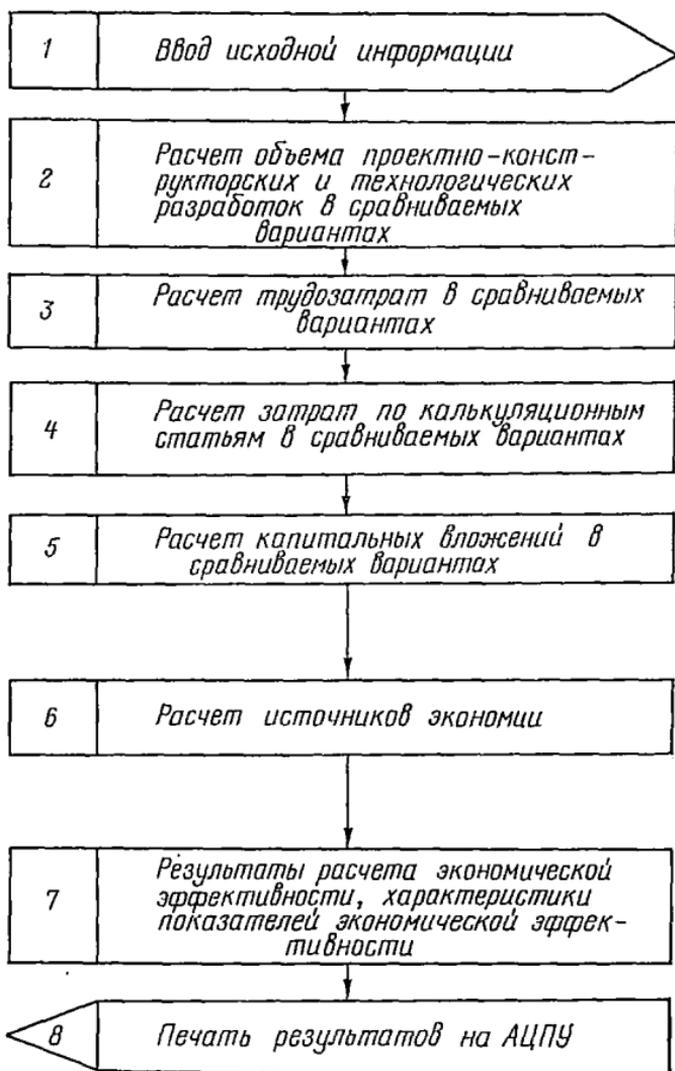


Рис. 8. Укрупненная блок-схема алгоритма расчета экономической эффективности автоматизации проектно-конструкторских работ.

Оба алгоритма разработаны в соответствии с методикой расчета экономической эффективности автоматизации инженерного труда и являются ее дальнейшим развитием*.

* В. А. Трайнев, С. П. Поварич. Методика определения экономической эффективности автоматизации инженерного труда. Минск, 1969.

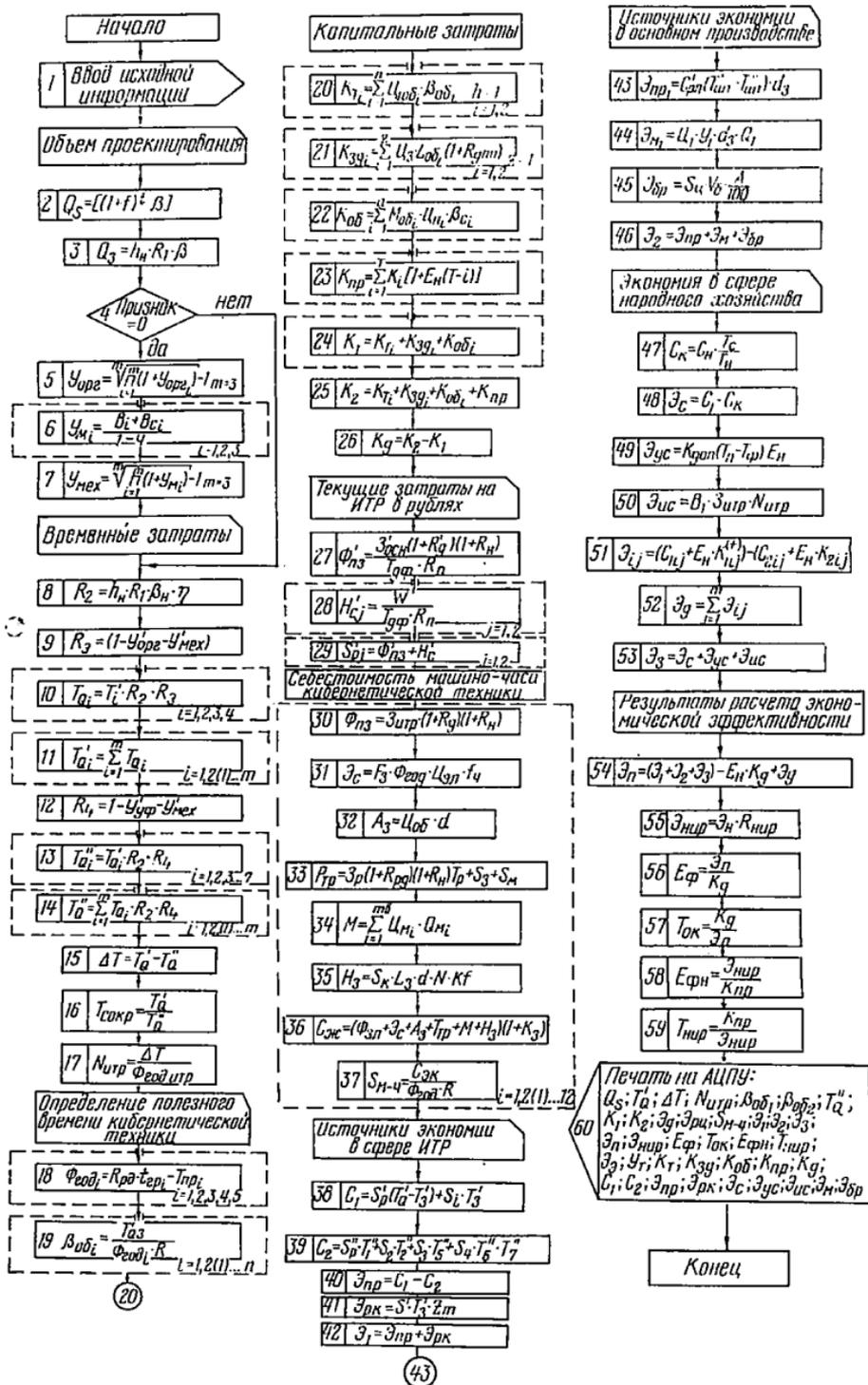


Рис. 9. Блок-схема алгоритма расчета экономической эффективности автоматизации проектно-конструкторских работ.

В алгоритме предусмотрен расчет всех основных показателей, характеризующих экономическую эффективность автоматизации проектирования. При этом определяются:

1) объем проектирования исходя из потребности в технологических разработках на год с учетом корректировок по результатам проведенных испытаний нового изделия (штук проектов);

2) уровень роста производительности труда за счет проведения организационно-экономических мероприятий;

3) уровень механизации;

4) общий уровень механизации на основании значений уровней механизации и автоматизации чертежно-графических, информационно-поисковых и расчетно-вычислительных работ;

5) трудовые затраты на отдельные этапы работ в разрезе некоторых элементов, на подготовительно-заключительные и чертежно-графические работы, поиск информации и инженерно-технические расчеты в базовом варианте, а во внедряемом варианте — на подготовительно-заключительные работы, поиск информации, ее кодирование, передачу информации в ИВЦ, перфорацию и контроль, машинное время ЭВМ и АЧГ;

6) фактические трудозатраты на основании затрат по видам работ, входящих в комплекс инженерных функций человека либо машины, роста уровня производительности труда ИТР за счет повышения организации и механизации в сравниваемых вариантах;

7) полезный фонд рабочего времени технических средств (основных и вспомогательных) для механизации и автоматизации инженерного труда в сравниваемых вариантах;

8) фактически необходимое количество единиц основного и вспомогательного оборудования для выполнения инженерно-технических работ с учетом фактической нагрузки для выполнения годового объема в сравниваемых вариантах;

9) экономия в часах в результате внедрения ЭВМ в сферу инженерного труда;

10) уровень роста производительности труда;

11) количество условно высвобождаемых ИТР;

12) расходы фонда заработной платы с начислениями на подготовительно-заключительные работы ИТР,

приведенные к одному часу, в сравниваемых вариантах;

13) сумма накладных расходов в год, приведенная к одному часу работы ИТР;

14) часовая себестоимость ручных работ, включающих подготовку, поиск и передачу информации, инженерно-технические расчеты и чертежно-графические работы в сравниваемых вариантах;

15) капитальные вложения (в основное и вспомогательное оборудование) по установленной нормативной или расчетной цене в сравниваемых вариантах;

16) капитальные вложения в задания в сравниваемых вариантах;

17) полные капитальные вложения в сравниваемых вариантах и как их разность требуемые дополнительные капитальные вложения;

18) текущие затраты в базовом варианте, а также текущие затраты в сфере инженерного проектирования во внедряемом варианте. Как их разность находится прямая экономия в затратах труда ИТР;

19) экономия за счет:

а) снижения норм расхода материалов в сфере деятельности ИТР;

б) повышения точности или качества проектирования;

в) снижения трудозатрат на изготовление детали или изделия;

г) сокращения норм расхода материалов на деталь или изделие;

д) уменьшения брака при изготовлении детали;

е) сокращения цикла технологической подготовки производства, которое происходит за счет ускорения темпов сдачи в эксплуатацию новых изделий;

ж) улучшения использования инженерно-технических работников.

На основе полученных результатов определяется экономия, полученная за счет снижения стоимости разработки проектно-технологической документации, трудозатрат на изготовление детали (изделия) и при ее эксплуатации;

20) максимальная текущая экономия, полученная в результате механизации и автоматизации инженерного труда;

21) показатели экономической эффективности:

а) относительное сокращение цикла технологической подготовки производства;

б) общий годовой экономический эффект от внедрения данной разработки на N заводах;

в) срок окупаемости дополнительных капитальных вложений на основе достигнутой экономии;

г) эффективность дополнительных капитальных вложений;

д) эффективность затрат предприятия.

В блок-схеме алгоритма сумма накладных расходов, приходящаяся на одного ИТР в год, по калькуляционным статьям приводится в бланке исходных данных.

На основе приведенного алгоритма разработана рабочая программа, позволяющая в условиях автоматизированной системы проектирования в течение 6—7 минут произвести расчет на ЭВМ экономической эффективности (с учетом подготовительно-заключительных работ) и выбрать наиболее рациональный вариант технологического процесса.

Промежуточные и итоговые результаты являются исходными данными для составления технико-экономической карты, используемой для решения задач АСУП.

Рассматриваемый алгоритм может быть применен не только для расчета экономической эффективности большого количества вариантов технологического процесса и выбора наиболее рационального (рис. 10), но и для определения экономической эффективности других подсистем (например, при проектировании режущего инструмента, штампов и др.).

Выбор наиболее рационального технологического процесса механической обработки осуществляется в условиях машинного проектирования следующим образом.

Сбор информации от соответствующих подразделений предприятия происходит по двум направлениям: сбор экономической информации и сбор технической информации. Для обоих видов информации заполняются бланки технических заданий, с которых берутся исходные данные для перфорации. Отперфорированная информация вместе с рабочей программой расчета технико-экономической эффективности автоматизации технологического проектирования и программой проектирования технологического процесса вводится в ЭВМ. В машине происходит образование массивов оперативной и условно-постоянной (нормативно-справочной) информации и осуществляется расчет показателей технико-экономической эффективности

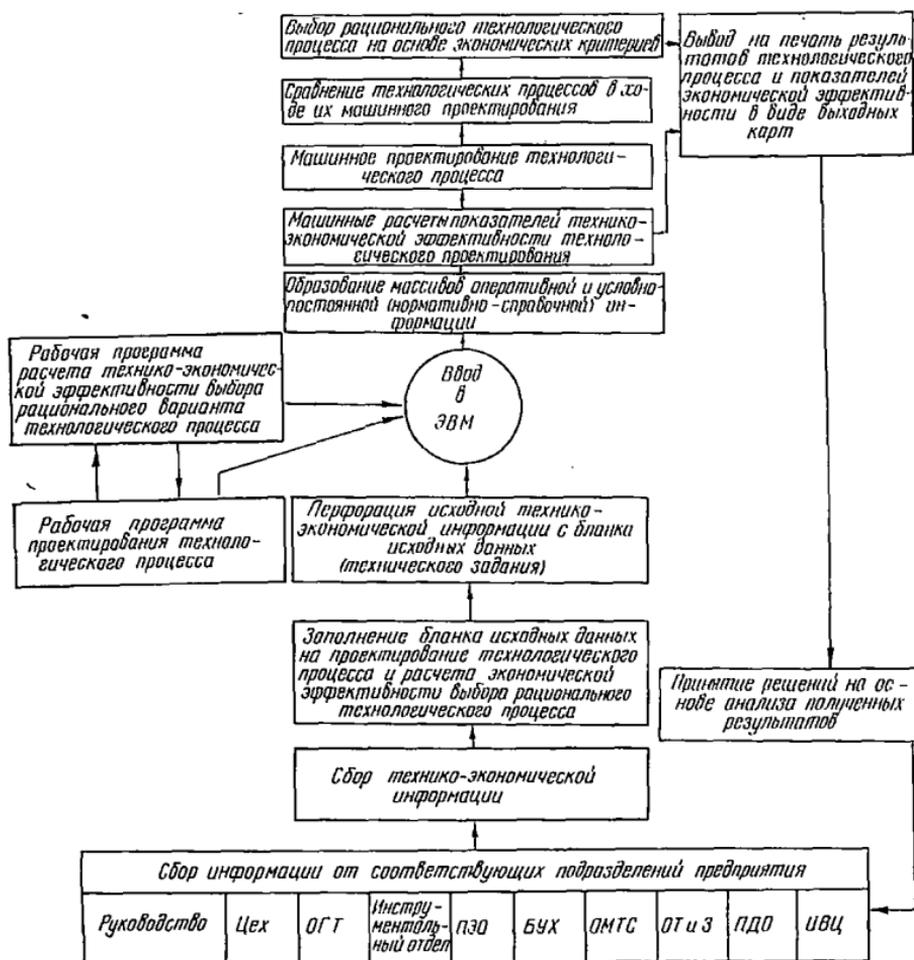


Рис. 10. Общая схема реализации алгоритма расчета технико-экономической эффективности и выбора рационального технологического процесса механической обработки в условиях машинного проектирования.

автоматизации технологического проектирования, на основе которых проектируется технологический процесс. Аналогично проектируются все варианты технологического процесса. В ходе их машинного проектирования происходит сравнение технологических процессов и выбор на основе экономических критериев наиболее рационального из них.

Одновременно с расчетом показателей экономической эффективности происходит их печать на алфавитно-цифровом печатающем устройстве (АЦПУ) и выдача вместе

Таблица 4

Показатели эффективности	Единица измерения	Результаты расчетов	Примечание
Экономия трудовых затрат	ц	+9017,5451	
Относительное сокращение цикла технологического проектирования		+5,1112352	Во сколько раз
Общий годовой экономический эффект с учетом внедрения разработки на заводах	руб.	+11769,1941	N-5
Экономия, достигаемая на одном предприятии в сфере:			
инженерного труда	»	+1500,0295	
основного производства	»	+4400,0135	
народного хозяйства	»	+5869,1511	
Срок окупаемости дополнительных капитальных и производственных затрат	лет	+2,6358216	
Эффективность дополнительных капитальных и производственных затрат	руб./1 руб. капитальных затрат	+0,25611265	

с выходной картой результатов проектирования технологических процессов, которые поступают в соответствующие подразделения предприятия и служат основой для принятия решения.

Экономико-математическая модель расчета показателей экономической эффективности автоматизации технологической подготовки производства может использоваться как самостоятельная задача и как одна из задач АСП. Эта модель позволяет определить целесообразность разработки и внедрения автоматизированных методов проектирования на различных стадиях: предпроектной, опытно-промышленной проверки и внедрения.

Экономико-математическая модель, описанная выше, реализована на ЭВМ «Минск-22». В результате расчетов на АЦПУ получена выходная карта технико-экономических показателей, характеризующих экономическую эффективность выбранного варианта технологического процесса (табл. 4).

Большую роль играет получение карты технико-эко-

номических показателей на стадии предпроектного обследования предприятия. В ней каждый показатель отражает экономическую целесообразность применения автоматизированных методов при проектировании. На стадии опытно-промышленного внедрения также можно получать на ЭВМ подобную выходную карту, в которой приводятся более уточненные показатели, характеризующие результаты внедрения АСТПП.

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Усложнение задач управления народным хозяйством и его организационных форм — закономерный процесс, связанный с развитием производительных сил.

Быстрое развитие народного хозяйства приводит к резкому увеличению объема вычислительных работ, связанных с планированием, учетом и анализом, что выдвигает на первый план вопросы комплексной автоматизации и механизации как самих процессов производства, так и функций управления. Повышение эффективности управленческих решений достигается путем применения современных технических средств и внедрения систем автоматизированного управления.

Создание АСТПП как инструмента, оказывающего существенное влияние на совершенствование и повышение эффективности управления технической подготовкой производства, относится к сложной научно-технической проблеме, которая имеет три взаимосвязанных аспекта: 1) организационно-экономический; 2) математический; 3) технический.

Основным в настоящее время является организационно-экономический аспект, включающий рассмотрение вопросов функциональной структуры системы, целей функционирования и критериев оптимальности, составов решаемых задач, методов их решения, а также экономической эффективности разработки и внедрения системы.

Научные основы управления, закладываемые в систему, методы и требования к ее функционированию формально устанавливаются и математическое описание задач управления, что предопределяет и выбор комплекса специальной и универсальной техники.

Работа, проделанная в этой области, представляет собой лишь начальный этап развития рассматриваемого направления технического прогресса в сфере инженерно-управленческого труда. Создаваемые АСТПП пока отличаются локальностью их функционирования. ЭВМ еще неполно используются в практике управления народным хозяйством, отраслями и предприятиями.

Однако какую бы «умную» ЭВМ не поставили в вычислительный центр предприятия, она не сможет улучшить управления или оказать серьезное влияние на повышение эффективности производства без коренной перестройки самой системы управления на научных основах.

Рассмотрим основные закономерности организации управления в условиях АСУП.

Единство системы управления на всех стадиях развития народного хозяйства предполагает оптимальную структуру АСУП. Все подсистемы подчинены единству принципов управления, независимо от уровня иерархии управляющей и управляемой систем. Адаптация и гибкость АСУП обеспечивают реализацию единой цели с учетом разнообразия форм и методов управления предприятием на той или иной ступени управления. Эта закономерность предполагает и проектирование АСТПП на основе системного подхода с учетом единой методологии системы, что позволяет проектировать отдельные автоматизированные подсистемы, сохраняя при этом общность системы в целом и единый документооборот.

Внедрение АСТПП на ряде предприятий показало, что игнорирование данной закономерности и некоторых других приводит к тому, что имеющиеся отдельные разработки подчас не могут быть совмещены в общую систему.

Организация управления в условиях АСТПП предполагает координацию работ всего коллектива предприятия, всех функций, как формализованных для ЭВМ, так и еще не формализованных на данном этапе (которые не поддаются формализации или не формализуются в силу их экономической неэффективности).

Отрицательное влияние на экономическую эффективность и развитие АСТПП оказывает формализация уже сложившихся методов проектирования, не отвечающих современным требованиям технического развития.

Успех организации управления в условиях АСТПП зависит от продуманного совмещения деятельности людей

и машин, точной увязки системы управления и проектирования с конкретным производством. При этом следует иметь в виду, что:

а) самый сложный алгоритм не может учесть всех факторов, влияющих на эффективность производства;

б) управление сферой инженерного труда — это прежде всего управление трудовым коллективом;

в) для успешного решения задач необходимо создать в коллективе деловую творческую обстановку, заинтересовать всех работников в достижении высоких результатов.

Экономический анализ показывает, что требования, предъявляемые непосредственно к АСТПП с точки зрения ее эффективного функционирования, различны. Так, они могут обуславливаться: скоростью выполнения вычислительной операции, скоростью ввода и вывода данных, объемом машинной памяти и т. д.

Наука управления развивается быстрыми темпами. Основной задачей ее в сфере инженерно-управленческого труда является внедрение достижений технического прогресса с учетом научных основ управления производством.

КЛАССИФИКАЦИЯ АЛГОРИТМОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ ПО СТЕПЕНИ СЛОЖНОСТИ И ОБЪЕМАМ РЕШАЕМЫХ ЗАДАЧ

Технический прогресс обуславливает необходимость установления сроков и минимальных денежных затрат на работы, связанные с автоматизацией проектно-конструкторских и технологических разработок. Эти затраты (по существу предпроизводственные — прикладные) включают расходы на научные исследования, экспериментальное проектирование, разработку алгоритмов и рабочих программ, их отладку и опытно-промышленную проверку.

Основной задачей при расчете фактических предпроизводственных затрат является создание нормативов, которые должны базироваться на классификации алгоритмов и рабочих программ по степени их сложности (с точки зрения затрат квалифицированного труда ИТР).

По сложности алгоритмы могут быть разделены на четыре группы:

1. Простые алгоритмы, при составлении которых используются широко известные математические и технические приемы и не требуется выполнения каких-либо экспериментальных работ.

2. Средней сложности алгоритмы, при составлении которых применяются специальные математические и технические приемы или производятся дополнительные экспериментальные работы.

3. Сложные алгоритмы, при составлении которых разрабатываются новые математические и инженерные методы решения ряда задач, входящих в разрабатываемый алгоритм, или же выполняются сложные экспериментальные работы.

4. Особо сложные алгоритмы, при составлении которых разрабатывается новый подход к решению всей задачи, новые математические или технические методы или же производятся весьма сложные экспериментальные работы.

Общая трудоемкость составления алгоритма может быть определена в человеко-часах, стоимость — в рублях по одной из приведенных формул:

$$T_{\text{НИР}} = d_1 H;$$

$$Z_{\text{НИР}} = S d_1 H,$$

где H — средняя норма времени на выполнение расчета, по которому разрабатывается алгоритм обычными производственными методами;

d_1 — коэффициент сложности разрабатываемого алгоритма (величина d_1 меняется в пределах от 10 до 160);

S — стоимость одного часа работы разработчика алгоритма с учетом накладных расходов (обычно $S = 1,40$ руб/ч).

Величина d_1 для четырех групп сложности алгоритмов приведена ниже:

группа сложности	d_1
1-я	10—20
2-я	20—40
3-я	40—80
4-я	80—160

Она принимает тем меньшие значения, чем больший опыт решения аналогичных задач у специалиста.

Если алгоритмизируемая задача состоит из отдельных этапов разной сложности, то трудоемкость разработки всего алгоритма может быть определена по следующей формуле:

$$T_{\text{НИР}} = \sum_{i=1}^n d_{1i} \cdot H_i;$$
$$Z_{\text{НИР}} = S \cdot T_{\text{НИР}}.$$

Установление оптимальных сроков выполнения этапов и работ в целом (разработка алгоритмов, программ) требует различных экономических расчетов.

Оптимальный срок предполагает ускоренное выполнение работ с целью получения максимального эффекта. Предлагаемый метод расчета предпроизводственных затрат (разработка алгоритмов, рабочих программ и их опытно-промышленная проверка и внедрение) позволяет планировать оптимальное использование выделяемых ресурсов на прикладные научно-исследовательские работы (НИР) с наибольшей отдачей: сократить сроки и стоимость работ, более быстро внедрять полученные результаты НИР в производство.

Необходимо четко разграничить сроки выполнения работ, которые по-разному влияют на их стоимость. Можно выделить следующие типовые сроки:

а) регламентированный (T_p) — соотносится с минимальной суммой прямых затрат ($C_{p,пр} — min$);

б) нормальный (T_n) — соответствует минимальной стоимости работ ($C_n — min$);

в) оптимальный (T_o) — соразмерен с максимальной эффективностью выполняемой работы (C_o);

г) минимальный ($T_{мин}$) — предельно сжатый срок выполнения работ, которому обычно соответствуют наибольшие расходы.

Денежные затраты на НИР состоят из прямых (фонд зарплаты) и накладных расходов. В свою очередь часть накладных расходов фактически не зависит от изменения объема, так как их условно-постоянная часть (H') находится в прямой зависимости от сроков выполнения работ. При сокращении сроков выполнения работ уменьшается и условно-постоянная часть накладных расходов.

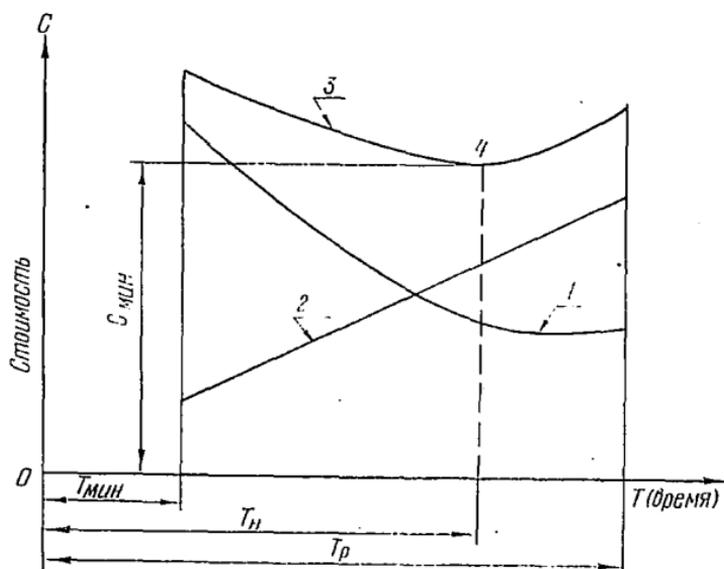


Рис. 11. Суммарная кривая прямых затрат и накладных расходов на научно-исследовательские работы.

Это создает экономию, которая определяется по следующей формуле:

$$\frac{H_{1с}}{H_{1н}} = \frac{T_c}{T_n}, \text{ откуда } H_{1с} = H_{1н} \cdot \frac{T_c}{T_n}.$$

Из формулы следует, что накладные расходы уменьшаются при сокращении сроков выполнения всей работы. Тогда полная стоимость выполнения проектно-конструкторских разработок составит:

$$C = P + H'',$$

где P — прямые затраты на выполнение работ;

H'' — размер полных накладных расходов.

На основании изложенного можно построить суммарную кривую прямых затрат и накладных расходов (рис. 11). На этой кривой существует экстремальная точка, выше которой дополнительные затраты, способствующие ускорению срока выполнения работы, повышают стоимость выполнения проектно-конструкторских разработок.

Суммарная кривая показывает, что точки, характеризующие стоимость проектно-конструкторских разработок, соответствуют крайним срокам выполнения работ, т. е. регламентированному и предельному режимам.

Регламентированный срок выполнения работ сообразуется с таким режимом, при котором последовательные этапы выполняются в строгой очередности, с проверкой и отработкой каждого предыдущего этапа. Суммарные затраты в человеко-часах здесь имеют минимальную величину из-за отсутствия параллелизма в работе и уменьшения вероятности ошибок. Однако общий срок работы продолжителен, а постоянная доля накладных расходов велика.

Нормальный срок выполнения работы соответствует режиму, при котором сумма прямых расходов и постоянной части накладных расходов достигает минимальной величины. С некоторым приближением можно установить зависимость между прямыми затратами, куда входят зарплата основных работников и переменная часть накладных расходов, и продолжительностью разработки темы (T):

$$C' = C_p \cdot \left(\frac{T_p}{T} \right)^{m'} \quad (5)$$

где C' — прямые затраты при выполнении работы за срок T ;

C_p — прямые затраты;

T_p — время выполнения работы при регламентированном режиме;

m' — показатель, величина которого для разных работ колеблется в пределах $0 \leq m' < 1$.

Суммарная стоимость работ с учетом постоянной доли накладных расходов определяется по формуле:

$$C = C_p \cdot \left(\frac{T_p}{T} \right)^{m'} + H_n \cdot T, \quad (6)$$

где H_n — условно-постоянная часть годовых накладных расходов.

Нормальный срок можно определить, приравняв нулю производную $\frac{d_c}{d_m}$:

$$\frac{d_c}{d_m} = -m' \cdot C_p \cdot T_p^{m'} \cdot T_p^{-m'} + H_n = 0,$$

откуда

$$T_n = \sqrt[m'+1]{\frac{m' \cdot C_p \cdot T_p^{m'}}{H_n}}.$$

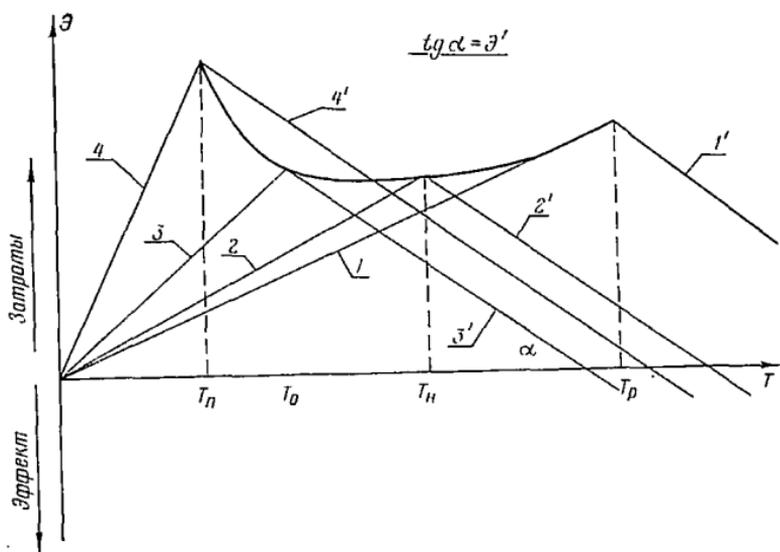


Рис. 12. График динамики денежных средств (затраты + эффект): 1—1' — при регламентированном режиме работ; 2—2' — при нормальном режиме; 3—3' — при оптимальном режиме; 4—4' — при предельном режиме.

Для определения оптимального срока выполнения работы необходимо приравнять нулю сумму приращения эффекта от ускоренного внедрения разрабатываемой темы и соответствующего прироста затрат:

$$\Delta \mathcal{E} + \Delta C = 0.$$

Раскрыв содержание слагаемых, получим

$$\mathcal{E} \Delta T - (m' \cdot C_p \cdot T_p^{m'} \cdot T_0^{-m'-1} - H_n) \cdot \Delta T = 0,$$

откуда для определения оптимального срока находим

$$T_0 = \sqrt[m'+1]{\frac{m' \cdot C_p \cdot T_p^{m'}}{\mathcal{E} + H_n}}. \quad (7)$$

При сравнении формул (5) и (6) видно, что оптимальный срок выполнения работ всегда меньше нормального. Следовательно, для получения наибольшего экономического эффекта от внедрения работ имеет смысл выполнять их в самые сжатые сроки.

Формула (7) иллюстрируется рис. 12.

На рисунке изображена кривая стоимости работ в зависимости от времени их выполнения. Нетрудно заметить,

что как растянутые, так и чрезмерно сжатые сроки выполнения ведут к удорожанию всей работы в целом. На рис. 12 также отражены «затраты — эффект» для разных режимов выполнения работы. Так, например, график 1—1' соответствует регламентированному режиму, когда работа выполняется при равномерной загрузке в течение времени T_p (затраты растут по линейному закону).

По истечении времени T_p проявляется эффект, изображенный линией 1'. Минимальные затраты соответствуют периоду времени T_n (нормативный срок выполнения работ).

Суммарный эффект для этого случая представлен линией 2'. Как видно, этот вариант намного экономичнее предыдущего.

Однако наиболее эффективным является оптимальный режим (график 3—3'), при котором за счет некоторого повышения стоимости работ достигается существенное сокращение сроков их выполнения; возникает дополнительная прибыль от раннего получения эффекта.

Выполнение работ на предельном режиме (график 4—4') также является экономически целесообразным.

ОПЫТНО-НОРМАТИВНЫЕ ДАННЫЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ИНЖЕНЕРНОГО ТРУДА

Автоматизация инженерного труда требует обработки наиболее достоверных трудовых и стоимостных нормативов. Однако особенности автоматизации инженерного труда требуют наиболее тщательного подхода к их обоснованию. Известно, что автоматизация инженерного труда в какой-то мере затрагивают творческие функции ИТР, что не позволяет точно определить фактические затраты труда ИТР.

Такое положение объясняется тем, что на величину затрат по автоматизации инженерного труда влияет ряд объективных и субъективных факторов. С учетом этих факторов приводятся некоторые нормативные данные, полученные в результате опытно-промышленной проверки и внедрения отдельных задач автоматизации проектирования.

Как показывают проведенные исследования, многие предприятия машиностроения не располагают необходимой нормативной базой для автоматизации технической подготовки производства.

Нормативы автоматизации технической подготовки производства в основном можно подразделить на следующие виды: объемные, т. е. нормативы объема работ в натуральном выражении, трудовые и стоимостные.

К первому виду нормативов следует отнести объем проекта технологических разработок на одну оригинальную деталь, коэффициенты оснащенности, коэффициенты, характеризующие уровень среднегодового роста объема или дополнительные объемы на корректировку. Эти нормативы необходимы для установления пропускной способности автоматизированной системы проектирования, а также планирования автоматизированной системы технической подготовки производства.

Второй вид нормативов обычно делится на укрупненные и дифференцированные.

Укрупненные нормативы используются главным образом при укрупненных расчетах выбора объекта проектирования, а также при укрупненных расчетах затрат при планировании этапов технической подготовки производства, составлении сетевых графиков разработки и внедрения автоматизированных систем проектирования.

Дифференцированные нормативы используются в условиях автоматизированной системы технической подготовки производства для текущего планирования на короткие отрезки времени: месяц, квартал и т. д.

Стоимостные нормативы отражают все нормативные данные в рублях.

Вместе с тем системой по существу разрабатываются и обосновываются различные технико-экономические нормативы и исходные данные для АСУП. В связи с этим вопросы разработки и обоснования технико-экономических нормативов автоматизированной системы технической подготовки производства имеют важнейшее значение. Проведенный анализ является попыткой такого рода исследований (см. табл. 5—12) *.

В табл. 5, 6 на основании опытно-статистических данных обосновываются укрупненные коэффициенты (укрупненные нормативы) уровня организации труда ИТР по определенным видам работ средней группы сложности. Например, анализ сравнительных трудозатрат, характе-

* Настоящий анализ проведен автором совместно с Б. И. Мищенко и Е. А. Тимашковой.

Таблица 5

Выполняемые функции	Фактические укрупненные данные затрат по показателю уровня организации труда ИТР							
	Трудозатраты на оптимальное распределение и кооперирование труда						Трудозатраты на рациональное использование вспомогательных работников	
	Виды работ		Распределение работ с учетом кооперирования инженерного труда		Структура и подчиненность в КБ или отделе			
	ранее существовавшие	введенные	ранее существовавшие	введенные	ранее существовавшие	введенные	Фактические в существующем варианте	Фактические во внедренном варианте
Наименование объектов и операций								
Станочные приспособления:								
1) сверлильные	59,1	59,0	59,1	58,95	59,1	59,0	59,1	58,0
2) фрезерные	61,3	61,0	61,3	61,1	61,3	61,2	61,3	60,4
3) токарные	58,7	58,0	58,7	58,5	58,7	58,5	58,7	57,6
Штампы холодной листовой штамповки:								
1) вырубные с направленными колонками	28,5	28,3	28,5	28,4	28,5	28,3	28,5	28,0
2) пробивные	22,5	22,2	22,5	22,3	22,5	22,2	22,5	21,9
Сложнорежущий инструмент:								
1) долбяки	30,43	30,2	30,43	30,2	30,43	30,33	30,43	30,2
2) протяжки шлицевые	40,8	40,4	40,8	40,6	40,8	40,5	40,8	40,6
3) фрезы червячные для обработки прямобочных шлицев	29,2	28,9	29,2	28,96	29,2	28,98	29,2	29,0
4) фрезы червячные для обработки зубчатых колес	21,28	21,1	21,28	21,0	21,28	21,19	21,28	21,18
Технологические процессы обработки:								
1) валов и круглых стержней	5,2	5,1	5,2	5,0	5,2	5,15	5,2	5,0
2) полых цилиндров и дисков	5,7	5,5	5,7	5,4	5,7	5,5	5,7	5,6
3) рычагов и некруглых дисков	7,25	7,15	7,25	7,1	7,25	7,18	7,25	7,20
4) корпусных деталей	5,5	5,3	5,5	5,2	5,5	5,15	5,5	5,3
Техническое нормирование операций:								
1) сверлильных	1,873	1,743	1,873	1,690	1,873	1,700	1,873	1,550
2) фрезерных	1,157	1,130	1,151	1,120	1,157	1,110	1,157	1,050
3) токарных	1,893	1,850	1,893	1,810	1,880	1,803	1,820	—

Таблица 6

Выполняемые функции Наименование объектов и операций	Фактические укрупненные данные затрат по показателю уровня организации труда ИТР											
	Рост производительности труда за счет унификации, стандартизации узлов и деталей, проектно-конструкторской документации и типизации технологических процессов										Организация рабочего места и создание необходимых условий труда	
	Трудозатраты в существующем варианте		Трудозатраты во внедряемом варианте		Трудозатраты при достигнутом проценте типизации технологических процессов		Трудозатраты во внедряемом варианте при достигнутом проценте типизации технологических процессов		Трудозатраты при существующей проектно-конструкторской и технологической документации, чел.·ч		Трудозатраты при внедрении проектно-конструкторской и технологической документации, чел.·ч	
	коэффициент применимости	трудоzатраты	достигнутый коэффициент применимости	трудоzатраты	процент типизации	трудоzатраты	процент типизации	трудоzатраты	Трудозатраты при существующей проектно-конструкторской и технологической документации, чел.·ч	Трудозатраты при внедрении проектно-конструкторской и технологической документации, чел.·ч	затраты на организацию рабочего места и создание условий труда, чел.·ч	затраты при улучшении организации рабочего места и условий труда
Станочные приспособления:												
1) сверлильные	0,45	59,1	0,58	51,4	—	—	—	—	59,1	57,8	59,1	56,5
2) фрезерные	0,40	61,3	0,48	56,4	—	—	—	—	61,3	60,0	61,3	59,4
3) токарные	0,42	58,7	0,54	51,7	—	—	—	—	58,7	57,0	58,7	56,5
Штампы холодной листовой штамповки:												
1) вырубные с направленными колонками	0,38	28,5	0,45	26,5	—	—	—	—	28,5	27,8	28,5	26,3
2) пробивные	0,40	22,5	0,49	20,5	—	—	—	—	22,5	21,9	22,5	19,9
Сложнорезущий инструмент:												
1) долбяки	×	×	×	×	×	×	×	×	30,43	30,1	30,43	29,8

Выполняемые функции Наименование объектов и операций	Фактические укрупненные данные затрат по показателю уровня организации труда ИТР											
	Рост производительности труда за счет унификации, стандартизации узлов и деталей, проектно-конструкторской документации и типизации технологических процессов										Организация рабочего места и создание необходимых условий труда	
	Трудозатраты в существующем варианте		Трудозатраты во внедряемом варианте		Трудозатраты при достигнутом проценте типизации технологических процессов		Трудозатраты во внедряемом варианте при достигнутом проценте типизации технологических процессов		Трудозатраты при существующей проектно-конструкторской и технологической документации, чел.-ч		Трудозатраты при внедрении проектно-конструкторской и технологической документации, чел.-ч	
	коэффициент применяемости	трудозатраты	достигнутый коэффициент применяемости	трудозатраты	процент типизации	трудозатраты	процент типизации	трудозатраты	Трудозатраты при существующей проектно-конструкторской и технологической документации, чел.-ч	Трудозатраты при внедрении проектно-конструкторской и технологической документации, чел.-ч	затраты на организацию рабочего места и создание условий труда, чел.-ч	затраты при улучшении организации рабочего места и условий труда
2) протяжки шлицевые	×	×	×	×	×	×	×	×	40,8	40,2	40,8	40,1
3) фрезы червячные для обработки прямобоочных шлицев	×	×	×	×	×	×	×	×	29,2	28,96	29,2	28,89
4) фрезы червячные для обработки зубчатых колес	×	×	×	×	×	×	×	×	21,28	21,1	21,28	21,0
Технологические процессы обработки:												
1) валов и круглых стержней	×	×	×	×	15,0	5,2	20	4,9	5,2	5,0	5,2	4,9
2) полых цилиндров и дисков	×	×	×	×	14,8	5,7	19,4	5,4	5,7	5,5	5,7	5,2
3) рычагов и некруглых дисков	×	×	×	×	16,8	7,25	22,4	6,86	7,25	7,14	7,25	7,0
4) корпусных деталей	×	×	×	×	15,4	5,5	20,1	5,2	5,5	5,3	5,5	5,1

Выполняемые функции Наименование объектов и операций	Фактические укрупненные данные затрат по показателю уровня организации труда ИТР											
	Рост производительности труда за счет унификации, стандартизации узлов и деталей, проектно-конструкторской документации и типизации технологических процессов										Организация рабочего места и создание необходимых условий труда	
	Трудозатраты в существующем варианте		Трудозатраты во внедряемом варианте		Трудозатраты при достигнутом проценте типизации технологических процессов		Трудозатраты во внедряемом варианте при достигнутом проценте типизации технологических процессов		Трудозатраты при существующей проектно-конструкторской и технологической документации, чел.-ч		Трудозатраты при внедрении проектно-конструкторской и технологической документации, чел.-ч	
	коэффициент применяемости	трудозатраты	коэффициент применяемости	трудозатраты	процент типизации	трудозатраты	процент типизации	трудозатраты	Трудозатраты при существующей проектно-конструкторской и технологической документации, чел.-ч	Трудозатраты при внедрении проектно-конструкторской и технологической документации, чел.-ч	затраты на организацию рабочего места и создание условий труда, чел.-ч	затраты при улучшении организации рабочего места и условий труда
Техническое нормирование операций:												
1) сверлильных	×	×	×	×	15,0	1,873	20,0	1,779	1,873	1,810	1,873	1,795
2) фрезерных	×	×	×	×	16,8	1,157	20,4	1,115	1,157	1,130	1,151	1,050
3) токарных	×	×	×	×	15,4	1,893	20,1	1,804	1,893	1,840	1,893	1,799

Примечания: 1. Под коэффициентом применяемости понимается выраженное в процентах отношение количества наименований типоразмеров стандартизованных, нормализованных, заимствованных и покупных деталей и узлов в изделиях к общему количеству наименований типоразмеров деталей и узлов, применяемых в оснастке (в данном случае приспособлений).

2. Знак × означает отсутствие данных.

Таблица 7

Наименование объектов проектирования	Коэффициент повышения точности расчетов качества проектирования	Коэффициент, учитывающий экономию в затратах на обучение ИТР	Коэффициент дополнительных затрат на совмещение спроектированной автоматизированной системы технической подготовки производства с условиями предприятия
Станочные приспособления (сверлильные)	0,05	0,05	0,3
Штампы холодной листовой штамповки (вырубные с направленными колонками)	0,05	0,05	0,3
Сложнорежущий инструмент (долбяки)	0,058	0,05	0,3

ризующих оптимальное кооперирование труда ИТР при проектировании токарного приспособления средней сложности, показывает, что правильное распределение функциональных обязанностей приводит к сокращению трудозатрат на 0,7 часа, для штампа при холоднолистовой штамповке (вырубного с направляющими колонками) — на 0,2 часа и т. д.

Особенно положительно влияет на снижение трудозатрат установление четкой структуры и норм подчиненности в конструкторском бюро или отделе, использование вспомогательных работников, улучшение организации рабочего места, а также повышение уровня унификации и стандартизации деталей (типизации технологических процессов).

Приведенные нормативные данные таблицы позволяют производить расчеты уровня организации труда ИТР на машиностроительных предприятиях и в конструкторских бюро.

В табл. 7 приведены опытные нормативные данные по трем видам работ. В ней обосновывается коэффициент повышения точности расчетов, приводится коэффициент, учитывающий сумму затрат на обучение ИТР, который, как показали расчеты, составляет (в среднем на одного ИТР, закончившего высшее учебное заведение) 0,05. Дается коэффициент дополнительных затрат на совмещение

Таблица 8

Наименование проекта	Ручное проектирование		Автоматизированное проектирование		Общая экономия	В том числе экономия от чертежно-графических работ
	Общая трудоемкость проектирования	В том числе затраты на чертежно-графические работы	Общая трудоемкость проектирования	В том числе затраты на чертежно-графические работы		
	Общая стоимость проектирования		Общая стоимость проектирования			
Станочные приспособления	54,2	13,45	2,35	1,2	51,85	12,25
	59,5	19,38	10,84	3,27	48,66	16,11
Штампы холодной листовой штамповки	19,2	10,0	2,48	1,17	16,72	8,83
	35,0	18,0	12,45	3,19	22,55	14,81
Шпиндельные коробки агрегатных станков	55,0	14,5	1,98	0,32	53,02	14,18
	47,4	12,47	9,08	0,87	38,32	11,6
Инструментальные наладки агрегатных станков	41,0	13,2	1,1	0,3	39,9	12,9
	52,0	26,63	5,82	0,82	46,18	25,81
Компоновки агрегатных станков	54,3	20,0	2,17	0,79	52,13	19,21
	58,5	21,4	9,12	2,16	19,38	19,24

Примечания: 1. Числитель дроби означает затраты времени (в часах), а знаменатель — стоимость работ (в руб.).

2. Автоматизация проектирования технологической оснастки производится с помощью ЭВМ «Минск-22» и чертежного автомата АЧГ-1.

спроектированной автоматизированной системы технической подготовки производства с условиями другого предприятия.

Данные табл. 5—7 имеют большое значение при оценке затрат на использование различной вспомогательной техники.

В табл. 8—12 приведен ряд нормативных, трудовых и стоимостных данных по автоматизации проектно-конструкторских работ в сравниваемых вариантах (при ручном и автоматизированном проектировании). Эти нормативы позволяют планировать фактические затраты и расчи-

Таблица 9*

Выполнение операций на станках	Среднее количество переходов	Группа сложности	Этапы технического нормирования					
			Техническое нормирование					
			Онакопление с чертёжом	Заполнение расчетных данных	Расчеты			
					выбор режимов резания	расчет машинного времени	расчет дополнительного и вспомогательного времени	расчет штучного времени
T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6			
Токарно-винторезные	2	Средняя	0,17	0,25	0,67	0,17	0,55	0,083
Токарно-револьверные	5	»	0,20	0,23	0,63	0,15	0,50	0,067
Токарно-копировальные	5	»	0,28	0,25	0,75	0,17	0,58	0,083
Токарно-многолезцовые	4	»	0,28	0,33	0,83	0,20	0,67	0,083
Многошпиндельные токарные полуавтоматы	5	»	0,30	0,33	0,58	0,17	0,55	0,100
Горизонтально-проточные полуавтоматы	4	»	0,28	0,35	0,53	0,17	0,53	0,100
Вертикально-сверлильные	1	»	0,27	0,27	0,53	0,15	0,57	0,083
Радиально-сверлильные	3	»	0,28	0,17	0,50	0,17	0,67	0,083
Вертикально-универсальные фрезерные	1	»	0,17	0,18	0,22	0,10	0,42	0,067
Горизонтально-фрезерные	1	»	0,20	0,22	0,25	0,083	0,42	0,067
Продольно-фрезерные	1	»	0,17	0,20	0,33	0,10	0,40	0,067
Круглошлифовальные	1	»	0,22	0,27	0,60	0,15	0,53	0,100
Внутришлифовальные	1	»	0,23	0,30	0,63	0,17	0,50	0,120
Бесцентрово-шлифовальные	1	»	0,22	0,28	0,58	0,15	0,48	0,100
Плоскошлифовальные	1	»	0,20	0,27	0,55	0,13	0,50	0,100
Зубофрезерные	1	»	0,18	0,23	0,33	0,17	0,42	0,067
Зубодолбежные	1	»	0,17	0,22	0,38	0,18	0,37	0,067
Зубошеввинговальные	1	»	0,17	0,20	0,42	0,18	0,33	0,067
Зубошлифовальные	1	»	0,17	0,15	0,37	0,17	0,35	0,067
Шлицефрезерные	1	»	0,17	0,15	0,30	0,17	0,30	0,100

* Составлена на основании опытно-статистических данных Челябинского тракторного завода.

Итого	нормирования		Техническое нормирование с помощью ЭВМ «Минск-22»					Итого		
	ручное		Рост производительности труда за счет повышения уровня его механизации и улучшения организации	T_{II}	T_1	T_2	T_3		T_4	T_5
	Итого	с учетом роста производительности труда								
1,893	0,50	1,798	0,125	0,15	0,0115	0,15	0,025	0,4615		
1,777	0,50	1,688	0,128	0,13	0,0113	0,15	0,025	0,4443		
2,113	0,50	2,007	0,130	0,13	0,0115	0,16	0,025	0,4565		
2,393	0,50	2,273	0,127	0,14	0,0115	0,15	0,025	0,4535		
2,030	0,50	1,928	0,131	0,13	0,0114	0,15	0,025	0,4474		
1,960	0,50	1,862	0,120	0,13	0,0100	0,10	0,025	0,3850		
1,873	0,50	1,779	0,116	0,09	0,0095	0,09	0,025	0,3305		
1,873	0,50	1,779	0,118	0,10	0,0092	0,12	0,025	0,3722		
1,157	0,50	1,099	0,100	0,09	0,0097	0,10	0,025	0,3247		
1,240	0,50	1,178	0,120	0,11	0,0110	0,10	0,025	0,3660		
1,267	0,50	1,204	0,120	0,10	0,0110	0,10	0,025	0,3560		
1,870	0,50	1,776	0,090	0,08	0,0900	0,10	0,025	0,3850		
1,950	0,50	1,852	0,090	0,08	0,0900	0,10	0,025	0,3850		
1,810	0,50	1,719	0,070	0,09	0,0810	0,10	0,025	0,3660		
1,750	0,50	1,662	0,080	0,08	0,0870	0,10	0,025	0,3720		
1,397	0,50	1,327	0,120	0,12	0,0120	0,09	0,025	0,3670		
1,387	0,50	1,317	0,110	0,10	0,0130	0,10	0,025	0,3480		
1,367	0,50	1,298	0,130	0,13	0,0110	0,10	0,025	0,3960		
1,277	0,50	1,213	0,100	0,12	0,0100	0,10	0,025	0,3550		
1,190	0,50	1,131	0,120	0,12	0,0120	0,10	0,025	0,3770		

бинского тракторного завода.

Наименование проекта	Этапы проектно-техно							
	Существующий метод проек							
	Ознакомление с заданием, с чертежами, технологией производства, оборудованием, инструментом и др.	Получение расчетных данных	Разработка чертежей общего вида	Детализация чертежа общего вида, составление технических условий на изготовление и приемку	Сумма расчетов по нормированию	Инженерно-технические расчеты	Составление спецификации	Контроль и проверка
Станочные приспособления:								
1) сверлильные	2,15	—	32,790	17,23	—	2,38	1,51	1,58
2) фрезерные	2,245	—	33,655	17,95	—	2,48	1,68	1,70
3) токарные	2,24	—	32,740	16,53	—	2,45	1,58	1,66
Штампы холодной листовой штамповки:								
1) вырубные с направленными колонками	1,29	—	8,64	9,62	—	1,46	1,26	5,70
2) пробивные	1,25	—	6,69	7,03	—	1,28	1,15	4,65
Сложнорежущий инструмент:								
1) долбяки	0,64	—	2,73	2,33	—	18,28	—	5,5
2) протяжки шлицевые	0,61	—	5,94	4,99	—	22,61	—	5,5
3) фрезы червячные для обработки прямобоочных шлицев	0,60	—	3,24	2,45	—	16,16	—	5,8
4) фрезы червячные для обработки зубчатых колес	0,57	—	1,93	1,34	—	12,19	—	4,3
Технологические процессы обработки:								
1) валов и круглых стержней	0,36	—	2,78	0,975	—	—	—	1,085
2) полых цилиндров и дисков	0,73	—	2,63	1,010	—	—	—	1,330
3) рычагов и некруглых дисков	1,03	—	3,35	1,170	—	—	—	1,700
4) корпусных деталей	0,56	—	3,15	0,740	—	—	—	1,050

логических работ												Коэффициент, учитывающий затраты времени на корректировку
тирования		Автоматизированный метод проектирования										
Сверка калек	Всего	Ознакомление, поиск информации	Кодирование исходной информации (запись в специальные бланки исходной информации)	Передача исходных данных в вычислительный центр	Перфорация и контроль за перфорацией	Машинное время	Чертежно-графические работы	Оформительские работы	Всего			
1,46	59,1	0,9	0,29	0,10	0,140	0,91	1,40	1,20	4,940		0,7	
1,59	61,3	1,1	0,38	0,10	0,180	1,10	1,65	1,40	5,910		0,7	
1,50	58,7	1,0	0,30	0,10	0,165	1,00	1,50	1,28	5,345		0,7	
0,53	28,5	1,60	0,75	0,10	0,40	0,50	0,54	0,28	4,17		0,75	
0,45	22,5	1,40	0,68	0,10	0,35	0,46	0,50	0,20	3,69		0,75	
0,95	30,43	0,40	0,2	0,10	0,11	0,040	0,10	0,10	1,050		0,8	
1,15	40,80	0,38	0,2	0,10	0,11	0,035	0,25	0,11	1,185		0,8	
0,95	29,20	0,35	0,16	0,10	0,09	0,035	0,12	0,10	0,955		0,8	
0,95	21,28	0,30	0,14	0,10	0,10	0,030	0,12	0,10	0,890		0,8	
—	5,20	0,24	0,12	0,10	0,060	0,033	—	0,15	0,703		0,85	
—	5,70	0,22	0,09	0,10	0,050	0,025	—	0,10	0,585		0,85	
—	7,25	0,22	0,11	0,10	0,065	0,028	—	0,12	0,643		0,85	
—	5,50	0,23	0,11	0,10	0,055	0,030	—	0,12	0,645		0,85	

Таблица 11

Наименование проекта	Разработка алгоритма							
	Этапы работы							
	подготовка исходных данных для разработки алгоритма	разработка алгоритма	составление контрольных задач и прорисовка алгоритма	корректировка алгоритма	оформление алгоритма	составление отчета по алгоритму	всего заработной платы с начислением на алгоритм	накладные расходы, приходящиеся на данную тему
Станочные приспособления:								
1) сверлильные	15390	10656	1367	2664	467	888	31432	31432
2) фрезерные	13851	9591	1231	2398	451	800	28322	28292
3) токарные	6925	6830	901	1776	327	222	16981	16981
Штампы холодной листовой штамповки:								
1) вырубные с направленными колонками	2664	13320	5208	1066	107	444	22809	22809
2) пробивные	2664	×	×	×	×	×	×	×
Сложнорезущий инструмент:								
1) долбяки	808	1078	79	107	23	26	2121	2121
2) протяжки шлицевые	444	888	130	133	33	46	1674	1674
3) фрезы червячные для обработки прямобочных шлицев	808	1078	79	133	23	26	2147	2147
4) фрезы червячные для обработки зубчатых колес	277	354	33	69	14	16	763	763
Технологические процессы обработки:								
1) валов и круглых стержней	×	×	×	×	×	×	×	×
2) полых цилиндров и дисков	×	×	×	×	×	×	×	×
3) рычагов	×	×	×	×	×	×	×	×
4) некруглых дисков	×	×	×	×	×	×	×	×
4) корпусных деталей	×	×	×	×	×	×	×	×
Техническое нормирование операций:								
1) сверлильных	345	461	14	19	7	7	853	854
2) фрезерных	577	769	23	33	12	13	1427	1427
3) токарных	1154	1539	47	67	23	26	2856	2856

* Приведена примерная сумма предпроизводственных затрат на
Примечание. Знак × означает отсутствие данных.

Наименование проекта	Разработка программы								Полная себестоимость разработки программы	Опытно-промышленное внедрение	Полная себестоимость разработки алгоритма и программы
	Этапы работы										
	ознакомление с алгоритмом, программирование и отладка программы	перфорация программы и табличного материала	машинное время для отладки программы	оформление материала по использованной программе	всего заработной платы с начислением на программистов	накладные расходы, приходящиеся на данную тему	Полная себестоимость разработки программы	Опытно-промышленное внедрение			
Станочные приспособления:											
1) сверлильные	62864	8880	140	6826	325	16171	16171	32342	4760	99966	
2) фрезерные	56584	7992	126	6144	293	14555	14555	29110	4285	89979	
3) токарные	33962	4440	42	1706	93	6281	6281	12562	2326	48850	
Штампы холодной листовой штамповки:											
1) вырубные с направленными колонками	45618	10556	205	11110	260	22131	22231	44462	4504	94584	
2) пробивные											
Сложнорезущий инструмент:											
1) долбяки	4242	622	65	177	27	891	891	1782	301	6325	
2) протяжки шлицевые	3348	888	93	546	45	1572	1572	3144	325	6817	
3) фрезы червячные для обработки прямобочных шлицев	4294	622	55	177	23	877	887	1774	303	6371	
4) фрезы червячные для обработки зубчатых колес	1526	248	37	109	16	410	410	820	117	2463	
Технологические процессы обработки:											
1) валов и круглых стержней	×	×	×	×	×	×	×	×	×	2267 *	
2) полых цилиндров и дисков	×	×	×	×	×	×	×	×	×	2267 *	
3) рычагов	×	×	×	×	×	×	×	×	×	2267 *	
4) некруглых дисков	×	×	×	×	×	×	×	×	×	2267 *	
4) корпусных деталей	×	×	×	×	×	×	×	×	×	2267 *	
Техническое нормирование операций:											
1) сверлильных	1708	266	28	96	5	395	395	790	125	2623	
2) фрезерных	2854	444	47	164	10	665	665	1330	209	4393	
3) токарных	5712	89	93	341	19	542	542	1084	340	7136	

каждый вид технологического процесса.

Таблица 12

Наименование элементов затрат	Стоимость 1 часа работы в руб.	Затраты на единицу	
		Станочное приспособление	
		ч	руб.
Кодирование исходных данных и передача их в вычислительный центр	0,82	0,55	0,45
Перфорация	0,50	0,25	0,12
Реализация программы на ЭВМ «Минск-22»	20,10	0,15	3,0
Вывод и печатание результатов	20,10	0,20	4,0
Вычерчивание чертежей с помощью чертежно-графического автомата и его контроль	2,75	1,20	3,27
Итого . . .		2,35	10,84

Продолжение табл. 12

автоматизированного проектирования оснастки						Компоновка агрегатного станка	
Штампы холодной листовой штамповки		Шпindelная коробка агрегатного станка		Инструментальная наладка агрегатного станка			
ч	руб.	ч	руб.	ч	руб.		
0,58	0,47	1,05	0,86	0,32	0,26	0,74	0,60
0,30	0,15	0,25	0,12	0,25	0,12	0,33	0,16
0,19	3,82	0,28	5,63	0,16	3,22	0,13	2,60
0,24	4,82	0,08	1,60	0,07	1,40	0,18	3,60
1,17	3,19	0,32	0,87	0,30	0,82	0,79	2,16
2,48	12,45	1,98	9,08	1,10	5,82	2,17	9,12

тывать экономическую эффективность разработки подобного рода задач.

ЛИТЕРАТУРА

Генкин Л. О математической индукции. М., Физматгиз, 1962.
Горанский Г. К. и др. Элементы теории автоматизации машиностроительного проектирования с помощью вычислительной техники. Минск, «Наука и техника», 1970.

Ипатов М. И. и др. Организационно-экономические основы технической подготовки производства. М., «Машиностроение», 1972.

Козлова О. В. Автоматизированная система управления. М., «Мысль», 1972.

Проскуряков А. В. Техничко-экономические основы нормализации и унификации приспособлений. М., Машгиз, 1963.

Разумов И. М., Трайнев В. А. Технический прогресс и эффективность инженерного труда. «Машиностроитель», 1970, № 7.

Русинов Ф. М., Трайнев В. А. Расчет экономической эффективности внедрения ЭВМ. М., «Прогресс», 1968.

Смирницкий Е. К. Экономика и машина. М., «Экономика», 1970.

Стабровский П. А. Организация и экономика технической подготовки производства новых изделий. М., «Экономика», 1970.

Трайнев В. А. Применение вычислительной техники в управлении производством. М., ГОСИНТИ, 1969.

Трайнев В. А. Метод определения экономической эффективности автоматизации инженерного труда с помощью электронно-вычислительной техники. М., изд-во НИИТруда, 1969.

Трайнев В. А., Поварич С. П. Методика определения экономической эффективности автоматизации инженерного труда. Минск, 1969.

Улицкий А. И. Подготовка производства и экономика предприятия. Саратов, Приволжское издательство, 1969.

Ушаков И. А. Эффективность функционирования сложных систем. В сб.: «О надежности сложных технических систем». М., «Советское радио», 1966.

Ющенко Е. Л., Трайнев В. А., Довнар Н. А. Эффективность использования ЭВТ при функционировании АСТПП. Материалы II Всесоюзной конференции по автоматизации технической подготовки производства в машиностроении. Минск, 1972.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Вопросы совершенствования организации труда инженерно-технических работников	5
Анализ организации и содержания труда ИТР	5
Практические вопросы оценки уровня совершенствования организации и механизации инженерно-технического труда	10
Автоматизация процессов подготовки производства как важнейший фактор повышения эффективности инженерного труда	14
Основные задачи экономики и организации технической подготовки производства новых изделий	14
Предпосылки создания автоматизированных систем технической подготовки производства (АСТПП)	18
Экономика унификации, нормализации и стандартизации изделий при автоматизации инженерных работ	20
Особенности определения экономической эффективности автоматизации инструментальной подготовки производства	33
Определение экономической эффективности автоматизации инженерного труда	44
Некоторые вопросы определения экономической эффективности новой техники и автоматизации инженерного труда	44
Методы расчета экономической эффективности автоматизации инженерного труда	49
Применение ЭВМ для расчетов себестоимости и экономической эффективности	74
Экономические вопросы рационального использования электронно-вычислительной техники	74
Алгоритм расчета экономической эффективности автоматизации проектно-конструкторских работ	79
Особенности организации управления в условиях автоматизированной системы технической подготовки производства	88
Классификация алгоритмов автоматизированного конструирования по степени сложности и объемам решаемых задач	90
Опытнo-нормативные данные автоматизации инженерного труда	96
Л и т е р а т у р а	111

Владимир Алексеевич Трайнев,

Алексей Ефимович Степанов

Эффективность автоматизации инженерно-технического труда

Издательство «Беларусь» Государственного комитета Совета Министров Белорусской ССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Минск, Ленинский проспект, 79.

Редактор Т. С. Кашкан. Художник В. Л. Милевский. Художественный редактор Н. И. Евменова. Технический редактор Л. Л. Грамович. Корректор Р. Ц. Карасик. АТ 07760. Сдано в набор 16/IV 1973 г. Подп. к печати 19/IX 1973 г. Тираж 4500 экз. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага тип. № 1. Усл. печ. л. 5,88. Уч.-изд. л. 5,35. Зак. 231. Цена 28 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени типография издательства ЦК КП Белоруссии. Минск, Ленинский проспект, 79.

28 ж.

14

13548