

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

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

---

*Л. С. Меламедова*

**Определение экономической эффективности  
подсистем автоматизированного проектирования  
в машиностроении**

Л. С. Меламедова. *Определение экономической эффективности подсистем автоматизированного проектирования в машиностроении: Учебное пособие.* — Куйбышев, КуАИ, 1982. — 24 с.

В пособии изложена методика определения экономической эффективности различных подсистем САПР на этапе технической подготовки производства, в производстве и в эксплуатации изделий.

Пособие предназначено для студентов специальностей 0646, 0647, а также для студентов других специальностей, разрабатывающих или применяющих САПР в дипломном проекте.

Материалы изложены в объеме и порядке, предусмотренном типовой программой.

Рецензенты: В. Ф. Лычев, В. И. Фионин

Утверждено на редакционно-издательском совете института 12.11.80 г.

## В в е д е н и е

Качество проектирования изделий оказывает непосредственное влияние на всю последующую производственно-хозяйственную деятельность предприятия. Именно на этой стадии закладываются основы для достижения высокой эффективности производства. Традиционные методы проектирования в современных условиях НТП вступают в противоречия с требованиями быстрой, периодически повторяющейся перестройки производства. Появилась необходимость в создании качественно новых систем проектирования, которые обладали бы возможностью обработки резко возрастающего объема информации по производству при высоком качестве изделий. Такими системами являются САПР.

На предприятиях и в научно-исследовательских организациях отрасли накоплен опыт по проектированию и практическому использованию подсистем автоматизированного проектирования. Много разработок имеется по САПР ТП (технологических процессов). Все это ставит вопрос о необходимости создания единой методики определения экономической эффективности подсистем автоматизированного проектирования. В этом и отличие настоящего методического пособия от имеющихся в литературе методик по частным задачам САПР.

## *1. ПОДСИСТЕМЫ САПР. ИХ НАЗНАЧЕНИЕ, ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ*

В настоящее время САПР на предприятиях с серийным и мелкосерийным характером производства позволяет автоматизировать значительную часть работ, связанных с выполнением большого объема сложных инженерных расчетов. Наибольшее применение САПР нашло на этапе технологической подготовки, так как большинство работ, выполняемых технологами, носит формализованный характер.

Система автоматизированного проектирования позволяет получить:

1. Маршрутную технологию; проектную документацию при определении маршрута движения обрабатываемых заготовок по цехам;
2. Технологические процессы изготовления и сборки изделий;
3. Расчет производственных мощностей и коэффициентов загрузки оборудования;
4. Расчет режимов резания и норм времени на детали;
5. Расчет материальных нормативов на деталь, изделие;
6. Состав спецификаций деталей и полуфабрикатов, подлежащих изготовлению и получению по кооперации;
7. Выбор оптимальных способов перемещения заготовок и деталей между цехами, складами и др.

Широкий диапазон возможностей САПР позволяет рассматривать ее как комплексную систему, выделяя в ней отдельные подсистемы по признакам, предназначенным для выполнения определенных процедур или их совокупностей. Основные подсистемы, которые разработаны и наиболее часто применяются в машиностроении, следующие:

1. Подсистема конструкторских расчетов деталей и узлов изделий.
2. Подсистема проектирования технологических процессов

механической обработки, агрегатной, общей сборки и заготовительно-штамповочных работ.

3. Подсистема расчета режимов резания и установления норм времени обработки деталей на металлорежущих станках.

4. Подсистема проектирования инструмента, приспособлений и штампов и др.

Анализ имеющихся разработок, литературы по вопросу эффективности подсистем автоматизированного проектирования позволяет построить матрицу эффективности подсистем (табл. 1), из которой видно, что даже по самым распространенным подсистемам эффективность, как правило, оценивается различными не сквозными средними технико-экономическими относительными показателями, не всегда переводимыми в стоимостную оценку (нет общей суммы эффективности комплексной системы или подсистемы). Отсутствие единого оценочного критерия подсистемы автоматизированного проектирования, а также невозможность сравнения относительных показателей не позволяют установить очередность проектирования подсистем в САПР, что в целом снижает эффективность всей подсистемы и не отвечает задачам экономической политики сегодняшнего дня. Некоторые показатели вообще отсутствуют, не ясно как их подсчитать по подсистемам. Поэтому необходимо изложение четкого алгоритма проведения подобного расчета, анализ источников возникновения эффективности САПР и методики расчета.

Таблица 1

Матрицы эффективности подсистем САПР

Средние технико-экономические показатели	Подсистемы			
	конструкторский расчет	проектирование ТП	режимы резания и нормировка мехобработки	проектирование оснастки
1	2	3	4	5
Сокращается трудоемкость расчетов в	10—15 раз			10 раз (п) 5—6 раз (п) 3—4 раза (шп)
Возрастает производительность труда конструкторов в	2—3 раза			
Снижение себестоимости 1-го расчета (в среднем)	на 25 руб.		в 1,5—3,0 раза	на 20 руб. (п) 50% (шт.)
Сокращаются сроки получения рациональных технологических процессов	в 4—5 раз			

1	2	3	4	5
Сокращается время расчета по сравнению с немашинным в	—	—	4—5 раз	—
Средняя экономия на 1 операцию	—	—	1 руб.	30 руб. (п)
Повышается стоимость специального инструмента за счет оптимизации их конструкции	+	—	—	+
Сокращается брак при проектировании в основном производстве	—	—	—	+
Сокращаются затраты на проектирование в	—	—	—	3—4 раза (п)
Сокращаются сроки проектирования	—	—	—	—
Снижается время наладки оборудования	—	—	—	—
Повышается качество спроектированных схем	—	—	—	—

Примечание: и — инструмент; п — приспособление; шт. — штамп; + — означает снижение, экономию по данному показателю.

## 2. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РАСЧЕТУ И ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ САПР

С целью обеспечения методологического единства в расчетах показателей экономической эффективности САПР необходимо выполнить следующие требования:

1. Выбор исходной базы сравнения. При определении экономического эффекта от внедрения САПР за базу сравнения принимается действующая система проектирования на предприятии. При установлении степени прогрессивности вновь разрабатываемых, проектируемых САПР, за базу сравнения принимается лучший вариант САПР, имеющийся в проекте или апробированный в стране.

2. Расчет всех затрат и экономического эффекта на всех этапах, где он возникает (на этапе ТПП, в производстве, в эксплуатации).

3. Учет фактора времени, т. к. проектирование и внедрение САПР происходит в течение длительного времени.

4. Соблюдение условия сопоставимости по нормативам, ценам, тарифным сеткам, объемам выпускаемых изделий, номенклатуре и пр.

5. Выбор оптимального варианта или определение экономической эффективности САПР по критерию приведенных затрат.

6. Дополнение основного критерия качественными показателями (изменение характера труда, рост профессионального мастерства и др.).

Расчет экономической эффективности необходимо при решении следующих задач:

1. Выбор наиболее эффективных областей для капитальных вложений в автоматизацию технической подготовки производства (ТПП) и определение очередности проектирования подсистем САПР.

2. Обоснование технико-экономической целесообразности создания САПР на конкретном предприятии путем сравнения затрат на осуществление системы ТПП и затрат на создание, внедрение и эксплуатацию САПР.

3. Расчеты экономической эффективности отдельных задач автоматизированного проектирования.

Расчет эффективности САПР необходимо проводить на всех стадиях разработки (рабочее проектирование, опытно-промышленная проверка и внедрение).

В качестве основного критерия оценки эффективности вариантов САПР применяется минимум приведенных затрат ( $Z_{пр.з. i}$ ):

$$Z_{пр.з. i} = C_i + Z_{экс. САПР} + E_n K_{САПР} \rightarrow \text{мин.}$$

где  $C_i$  — годовые текущие затраты на проектирование;

$Z_{экс. САПР}$  — годовые эксплуатационные расходы на САПР;

$E_n$  — нормативный коэффициент эффективности

$$(E_n = 0,25 \text{ — } 0,3);$$

$K_{САПР}$  — единовременные затраты на разработку и внедрение САПР по  $i$ -му варианту.

Можно пользоваться критерием максимума экономии приведенных затрат ( $\Theta_{пр.з. i}$ ):

$$\Theta_{пр.з. i} = \sum_{i=1}^3 \Theta_i - Z_{экс. САПР i} - E_n \cdot K_{САПР i} \rightarrow \text{макс.}$$

где  $\sum_{i=1}^3 \Theta_i$  — годовая экономия в  $i$ -й сфере подготовки, производства эксплуатации;

$Z_{экс. САПР i}$  — годовые эксплуатационные расходы на САПР.

Срок окупаемости затрат на САПР определяется:

$$T_{\text{ок. САПР } i} = \frac{K_{\text{САПР } i}}{\sum_{i=1}^3 \Delta \Theta_i}, \text{ где } \sum_{i=1}^3 \Delta \Theta_i = \sum_{i=1}^3 \Theta_i - Z_{\text{экс. САПР } i}.$$

Расчетный коэффициент эффективности затрат на создание и внедрение САПР определяется:

$$E_{\text{расч.}} = \frac{\sum_{i=1}^3 \Delta \Theta_i}{K_{\text{САПР } i}} > E_n.$$

В отдельных случаях (при общей равной величине капитальных вложений по вариантам или при незначительном колебании по стоимости КТС САПР) целесообразно ограничиться расчетом ряда удельных показателей:

стоимость 1 м/ч работы КТС САПР (прил. 1)

стоимость единицы проектной документации, выполненной различными САПР ( $C_{\text{уд. пр. док}}$ ):

$$C_{\text{м/ч САПР } i} = \frac{Z_{\text{экс. САПР } i}}{T_{\text{пол } i}},$$

где  $T_{\text{пол}}$  — годовая полезный фонд времени работы КТС в САПР, ч.

$$C_{\text{уд. пр. док. } i} = \frac{C_{\text{м/ч САПР } i}}{n},$$

где  $n$  — объем чертежной и текстовой документации, выполняемой САПР в час, приведенной к формату А22 при средней плотности заполнения листа.

Плотность чертежа определяется по методике, приведенной в «Единых нормах времени на чертежные и копировальные работы для конструкторских организаций», М., 1973 г.

### 3. ИСТОЧНИКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ САПР

Все источники экономической эффективности САПР связаны тесно с алгоритмом выполняемых работ по основным подсистемам. Например, анализ распределения рабочего времени конструкторов-проектировщиков показывает, что наиболее трудоемкими, занимающими  $\approx 48\%$  рабочего времени являются графические работы (табл. 2).

Анализ структуры графических работ по конструкторскому

бюро, группам конструкторов, по изделиям позволит определить первоочередность внедрения подсистемы САПР конструкторских расчетов и графических работ.

Во время преддипломной практики необходимо провести анализ выполняемых работ конструкторами, технологами, где предполагается внедрение САПР, определение наиболее трудоемких и часто повторяющихся видов работ и выработке рекомендаций о необходимости внедрения САПР.

Таблица 2

*Распределение рабочего времени конструкторов-проектировщиков*

Вид работы	Удельный вес работ, %
Поиск необходимой информации	10,0
Выполнение необходимых технических и экономических расчетов	9,0
Чертежно-графические работы в т. ч.	60,0
вспомогательные работы (заточка карандашей, фиксация рейшины и т. п.)	12,0
Размножение проектно-конструкторской документации и сверка с оригиналом	11,0
Согласование вопросов и документов	4,0
Прочие работы	6,0
Итого:	100,0

Источники экономической эффективности тесно связаны с экономическими факторами, основными среди которых являются:

- рост производительности труда ИТР на этапе технической подготовки производства;
- снижение себестоимости проектирования;
- сокращение сроков подготовки производства;
- улучшение качества проектирования.

Повышение производительности труда достигается за счет типизации проектных решений, ускорения инженерных расчетов, автоматизации чертежно-графических работ, а это в свою очередь ведет к повышению творческого начала в работе ИТР.

Улучшение качества проектирования в результате применения САПР обусловлено повышением точности расчетов возмож-

ностью контроля в ходе проектирования с использованием средств оперативного отображения графической информации.

В свою очередь повышение производительности труда ИТР и улучшение качества проектирования оказывают огромное влияние на сокращение сроков подготовки производства. Рассмотрим подробно, за счет каких источников возникает экономия на этапах ТПП, в производстве и в эксплуатации выпущенных с применением САПР изделий.

#### А. ЭКОНОМИЯ НА ЭТАПЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА (ПРОЕКТИРОВАНИЕ) Э<sub>1</sub>

Экономия на этапе технической подготовки производства складывается за счет унификации направлений проектных решений, а также за счет снижения трудоемкости работ:

$$\mathcal{E}_1^{\text{II}} = \mathcal{E}_1' + \mathcal{E}_2'; \quad \mathcal{E}_1' = \sum_{i=1}^n \sum_{i=1}^m C_i Q_i K_i,$$

- где  $\mathcal{E}_1'$  — экономия от унификации проектных решений;  
 $n$  — число разновидностей направлений унифицированных мероприятий в ТПП;  
 $K_i$  — коэффициент снижения затрат на соответствующей стадии ТПП при внедрении унификации;  
 $Q_i$  — количество унифицированных элементов подготовки по каждому этапу;  
 $m$  — число групп сложности соответствующих элементов подготовки;  
 $C_i$  — затраты на разработку соответствующего элемента ТПП.

$$\mathcal{E}_1'' = \sum_{i=1}^P (C_{i1} - C_{i2}) A_i,$$

- где  $\mathcal{E}_1''$  — экономия за счет снижения трудоемкости проектирования;  
 $P$  — количество объектов проектирования;  
 $C_{i1}$  — себестоимость проектирования  $i$ -го объекта при базовом (ручном) варианте;  
 $C_{i2}$  — себестоимость проектирования  $i$ -го объекта при САПР;  
 $A_i$  — годовой объем проектирования  $i$ -го объекта.

$$C_{i1} = \bar{c}_i / T_i',$$

- где  $\bar{c}_i$  — часовая заработная плата проектировщика при проектировании ручным методом  $i$ -го объекта в базовом варианте (прил. 2);

$T_i^1$  — трудоемкость проектирования  $i$ -го объекта в базовом варианте

$$C_{i2} = c_i^2 T_i^2 + C_{м/ч \text{ САПР } i} t_i^2,$$

где  $c_i^2$  — часовая заработная плата проектировщика при проектировании с использованием САПР  $i$ -го объекта;

$T_i^2$  — трудоемкость проектирования  $i$ -го объекта с использованием САПР;

$t_i^2$  — затраты машинного времени на  $i$ -й объект с переводом проектирования на САПР.

### Б. ЭКОНОМИЯ В СФЕРЕ ПРОИЗВОДСТВА ( $\Theta_{np}$ )

Экономия в сфере производства достигается путем увеличения выпуска продукции за счет:

сокращения сроков ТПП ( $\Theta_1$ ) и за счет сокращения трудоемкости технологических операций проектирования ( $\Theta_2$ );

снижения расхода материальных, энергетических и прочих ресурсов ( $\Theta_3$ );

снижения затрат на технологическую оснастку и инструмент ( $\Theta_4$ );

повышения качества документации ( $\Theta_5$ ).

Экономия за счет сокращения сроков ТПП ( $\Theta_1$ ) определяется по формуле:

$$\Theta_1 = \sum_{i=1}^R \Delta N_{gi} S'_{ni},$$

где  $\Delta N_{gi}$  — дополнительное количество  $i$ -х изделий, деталей (продукции), выпущенных с внедрением САПР, шт;

$S'_{ni}$  — оптовая цена единицы изделия продукции, руб;

$R$  — номенклатура осваемых изделий

$$\Delta N_{gi} = N_{п} T_{осв. п} (1 - K'),$$

где  $N_{п}$  — плановая программа выпуска  $i$ -го изделия в день, шт.;

$T_{осв. п}$  — период освоения производства  $i$ -го изделия до внедрения САПР, дн;

$K'$  — коэффициент, учитывающий влияние автоматизации подготовки производства на сокращение периода освоения производства  $i$ -го изделия

$$K_i = \frac{T_{осв. ф}}{T_{осв. п}},$$

где  $T_{осв. ф}$  — фактический период освоения производства  $i$ -го изделия после внедрения САПР, дни.

Экономия от снижения трудоемкости проектирования ( $\Theta_2$ ) определяется по формуле

$$\Theta_2 = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n (t'_{ij} - t''_{ij}) \cdot \text{Ч}_{\text{ср}} \cdot K_g \cdot K_{\text{отч}} \cdot N_1,$$

$t'_{ij}, t''_{ij}$  — трудоемкость проектирования  $i$ -го вида работ по  $j$ -й детали до и после внедрения САПР;

$\text{Ч}_{\text{ср}}$  — средняя часовая ставка проектировщика;

$K_{\text{отч}}$  — коэффициент, учитывающий отчисления на соцстрах ( $K_{\text{отч}} = 1,156$ );

$N_1$  — количество проектируемых технологических процессов в год;

$K_g$  — коэффициент, учитывающий доплаты.

Внедрение САПР при проектировании технологических процессов позволяет повысить коэффициент использования металла ( $K_{\text{и.м}}$ ) за счет принятия оптимальных решений по выбору конфигурации деталей за счет более рационального раскроя и подбора металла. Экономия ( $\Theta_3$ ) может быть определена по формуле

$$\Theta_3 = \sum_{j=1}^n (H'_j - H''_j) \cdot N_j \cdot \text{Ц}_j,$$

где  $H'_j, H''_j$  — норма расхода ресурса на  $j$ -ю деталь до и после внедрения САПР;

$N_j$  — годовая программа выпуска  $j$ -й детали;

$\text{Ц}_j$  — цена единицы расходуемого ресурса;

$n$  — количество видов деталей с измененной нормой расхода.

Использование САПР при создании оснастки, инструмента повышает их качество, снижает себестоимость за счет широкого применения стандартизации, нормализации, унификации входящих деталей. Экономия ( $\Theta_4$ ) определяется по формуле

$$\Theta_4 = \Theta_{4,1} + \Theta_{4,2},$$

где  $\Theta_{4,1}$  — экономия от повышения качества проектируемой оснастки инструмента;

$\Theta_{4,2}$  — экономия, полученная от использования нормализованных элементов

$$\Theta_{4,1} = \sum_{i=1}^m (S'_i n'_i - S''_i n''_i),$$

где  $S'_i, S''_i$  — себестоимость используемой в производстве единицы технологической оснастки или инструмента  $i$ -го вида до и после внедрения САПР;

$n_i^1; n_i^2$  — потребность в технологической оснастке или инструменте  $i$ -го вида до и после внедрения САПР;  
 $m$  — количество видов оснастки или инструмента улучшенного качества

$$\Theta_{4.2} = 0,328 \sum_{i=1}^l C_i A_i,$$

где  $C_i$  — стоимость изготовленной единицы оснастки  $i$ -го вида сложности, руб;

$A_i$  — количество изготовленной оснастки  $i$ -го вида сложности;

$l$  — группы сложности проектируемой оснастки;

0,328 — средний коэффициент экономии по оснастке до унификации, стандартизации, нормализации ее элементов.

Экономия от повышения качества выпускаемой документации ( $\Theta_5$ ) определяется по формуле

$$\Theta_5 = \Pi_0 \cdot \gamma.$$

где  $\Pi_0$  — величина потерь от брака в результате ошибок в технологической документации до внедрения САПР в проектирование;

$\gamma$  — коэффициент, учитывающий снижение потерь от брака в результате внедрения САПР (средние данные: нарушение технологических процессов — 0,003—0,005; ошибки в чертежах, технической документации — 0,006—0,008).

### В. ЭКОНОМИЯ В СФЕРЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ( $\Theta_{\text{экс}}$ )

Экономия складывается за счет ускорения ввода нового изделия в эксплуатацию ( $\Theta_6$ ) и за счет улучшения эксплуатационных свойств изделия ( $\Theta_7$ ).

Экономия  $\Theta_6$  рассчитывается по формуле

$$\Theta_6 = \Theta_1^3 \Delta t \Delta N_{gi},$$

где  $\Theta_1^3$  — экономия, получаемая при эксплуатации осваиваемых изделий в единицу времени;

$\Delta t$  — ускорение срока ввода изделия в эксплуатацию ( $\Delta t = T_{\text{осв. п}} - T_{\text{осв. ф}}$ ).

Экономия у потребителя ( $\Theta_7$ ) складывается за счет повышения качества и надежности ремонта (тем самым снижаются расходы на внеплановые ремонты):

$$\Theta_7 = (q_{p1} \cdot r_{p1} - q_{p2} \cdot r_{p2}) Q_1,$$

где  $q_{p1}, q_{p2}$  — стоимость одного ремонта изделия до и после внедрения САПР;

$r_{p1}, r_{p2}$  — количество ремонтов, которым подвергаются изделия за год;

$Q_r$  — годовая программа выпуска изделий (шт.) после внедрения САПР.

#### 4. РАСЧЕТ ЗАТРАТ НА СОЗДАНИЕ И ВНЕДРЕНИЕ САПР В ПРОИЗВОДСТВО

Полные затраты на создание САПР носят единовременный характер и включают в себя:

предпроизводственные затраты на разработку САПР ( $K_{п.п. САПР}$ );

затраты на основные фонды предприятия ( $K_{о. ф}$ );

стоимость высвобождаемого оборудования ( $K_{в. об}$ );

изменение величины оборотных средств ( $\Delta Q_{об. ср}$ ).

$$K_{САПР} = K_{п.п. САПР} \pm K_{о. ф} \pm K_{в. об}^* \pm \Delta Q_{об. ср}^*$$

Примечание. При незначительности величин  $K_{в. об}$  и  $\Delta Q_{об. ср}$  ими можно пренебречь.

Рассмотрим более подробно, из чего складываются отдельные составляющие  $K_{САПР}$ .

Предпроизводственные затраты при разработке, отладке и внедрении систем автоматизированного проектирования включают в себя затраты:

на предпроектные, проектные изыскания;

на подготовительные работы по автоматизации проектирования;

на разработку проектной документации САПР;

на постановку и алгоритмизацию задач проектирования;

на разработку, отладку и внедрение пакетов прикладных программ проектирования;

на разработку необходимых методических материалов по автоматизации проектирования;

на привязку типовых проектов подсистем САПР к конкретному объекту проектирования;

на обучение персонала, обслуживающего КТС САПР и переподготовку ИТР, применяющих САПР;

на опытную отладку и внедрение системы.

Суммарная стоимость  $K_{п.п. САПР}$  определяется по сметной стоимости НИР организаций, выполняющих данные разработки и включает в себя затраты на материалы и полуфабрикаты, основную и дополнительную зарплату ИТР с отчислениями на

соцстрах, расходы на командировки, фонд экономического стимулирования (ФЭС) и прочие расходы.

Стоимость математического обеспечения в настоящее время составляет 55—65% от общих затрат на разработку САПР [1].

Разрабатываемые программы по подсистемам САПР инвариантные, т. е. общие для различных пользователей.

По данным источника [4],  $K_{п.п. САПР т.п.}$  раскладывается равными частями на 20—25 лет. При многономенклатурном производстве эти затраты, отнесенные к 1 технологическому процессу, составляют  $0,02 \div 0,05$  р. [4].

Затраты на основные фонды предприятия ( $K_{о. ф.}$ ) включают: стоимость КТС САПР (данные брать по соответствующим прейскурантам на предприятиях, прил. 3);

стоимость производственно-хозяйственного инвентаря (для укрупненного расчета — в размере 1,5% стоимости КТС САПР);

затраты на установку и монтаж, наладку и пуск оборудования и инвентаря (для укрупненного расчета можно брать в размере 10,0% стоимости КТС САПР);

затраты на проектирование, строительство и реконструкцию зданий, где размещается КТС САПР (данные брать по смете затрат организаций, выполняющих данные работы);

транспортно-заготовительные расходы (для укрупненного расчета — в размере 1,0% от стоимости КТС САПР).

Объем затрат по основным фондам и оборотным средствам предприятия в расчете на решение конкретной задачи оценивается пропорционально коэффициенту загрузки технических средств решением этих задач.

Коэффициент загрузки технических средств САПР ( $K_3$ ) определяется:

$$K_3 = \frac{T_{кi}}{T_{пi}},$$

где  $K_3$  — коэффициент загрузки  $i$ -го устройства КТС, работающего в САПР;

$T_{кi}$  — время работы  $i$ -го устройства КТС за год, затрачиваемого на решение конкретной задачи;

$T_{пi}$  — полезный годовой фонд времени работы  $i$ -го устройства КТС.

Суммарная стоимость высвобождаемого оборудования ( $C_{в. об.}$ ) определяется, исходя из количества единиц ликвидируемого оборудования и его остаточной стоимости.

Изменение величины оборотных средств устанавливается путем сопоставления  $\Delta Q_{об. ср.}$  до и после внедрения САПР.

Объем оборотных средств устанавливается по существующей методике.

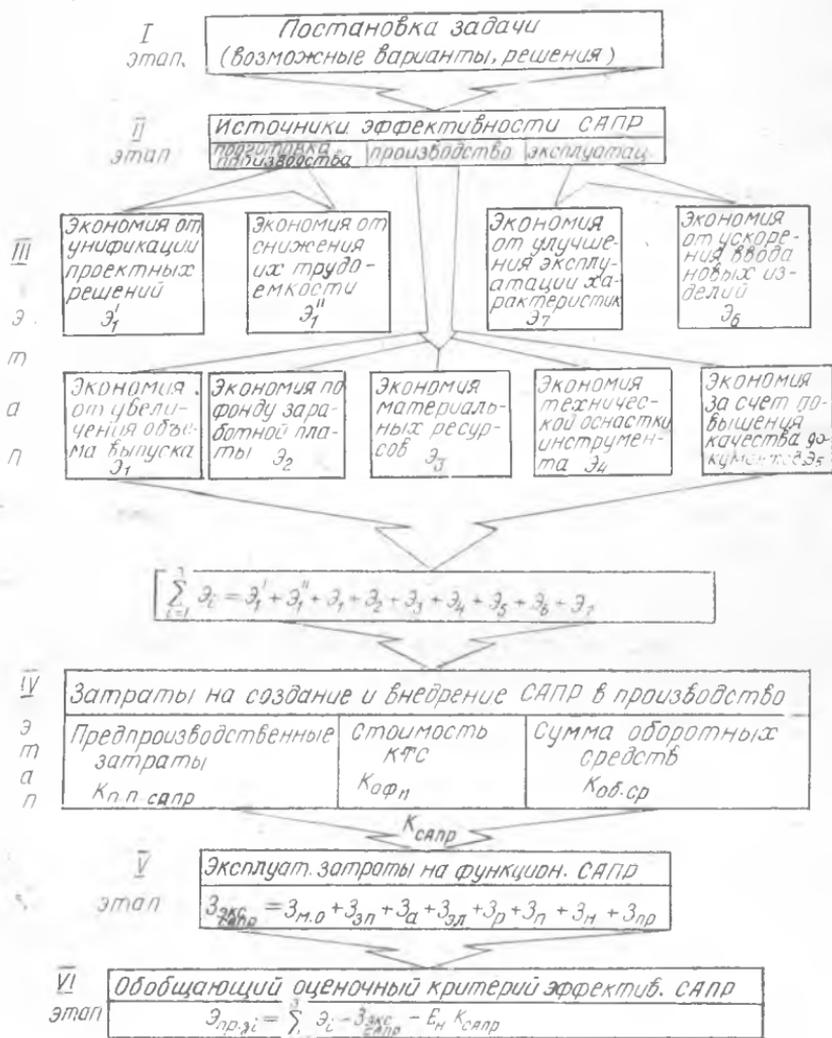
Капитальные вложения для решения  $i$ -й задачи ( $K_{i \text{ САПР}}$ ) могут быть определены:

$$K_{i \text{ САПР}} = K_{\text{п.п. САПР}} + \frac{T_{\text{к}i}}{T_{\text{п}i}} (K_{\text{о.ф}} \pm K_{\text{в.об.}} \pm Q_{\text{об.ср.}}).$$

На рисунке представлена модель расчета экономической эффективности САПР и указаны этапы выполнения расчета.

### Модель

расчета экономической эффективности САПР



## 5. РАСЧЕТ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ САПР

Затраты, обеспечивающие функционирование САПР, являются годовыми текущими расходами ( $Z_{\text{экс. САПР}}$ ) и включают:

$$Z_{\text{экс. САПР}} = Z_{\text{м.о}} + Z_{\text{з.п}} + Z_{\text{а}} + Z_{\text{эл}} + Z_{\text{р}} + Z_{\text{п}} + Z_{\text{и}} + Z_{\text{пр}},$$

где  $Z_{\text{м.о}}$  — затраты на основные материалы;

$Z_{\text{з.п}}$  — заработная плата персонала, обслуживающего САПР, с учетом дополнительной заработной платы и отчислений соцстраху;

$Z_{\text{а}}$  — затраты на амортизацию КТС САПР;

$Z_{\text{эл}}$  — стоимость электроэнергии, потребляемой КТС;

$Z_{\text{р}}$  — затраты на ремонт КТС САПР;

$Z_{\text{п}}$  — затраты на содержание и ремонт производственных площадей, занятых КТС САПР;

$Z_{\text{и}}$  — возмещение износа малоценных и быстроизнашивающихся предметов, используемых в системе;

$Z_{\text{пр}}$  — прочие расходы на САПР.

Эксплуатационные расходы САПР сокращают величину годовой экономии.

Затраты на основные материалы ( $Z_{\text{м.о}}$ ), которые включают носители информации — бумагу, ленты, красящие вещества и прочее, могут быть определены по фактическим данным предприятия, где выполняется дипломный проект, исходя из объема работ, нормы расхода и цены за единицу материала. При укрупненном расчете эти затраты могут быть взяты в размере 1,0% от стоимости КТС САПР.

Заработная плата персонала, обслуживающего САПР ( $Z_{\text{з.п}}$ ) определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{з.п}} = \sum_{i=1}^n p_i t_i \text{ ч}_i K_g K_{\text{с.с}},$$

где  $p_i$  — численность персонала, по категориям обслуживающих САПР;

$t_i$  — затраты времени на выполнение работы с использованием САПР;

$\text{ч}_i$  — часовая тарифная ставка работника, обслуживающего САПР;

$K_g, K_{\text{с.с}}$  — коэффициенты, учитывающие соответственно начисления дополнительной заработной платы и отчисления соцстраху;

$n$  — категория персонала, занятого в обслуживании САПР.

Затраты на амортизацию КТС САПР ( $Z_{\text{а}}$ ) определяются, ис-

ходя из стоимости КТС САПР и годовых норм амортизационных отчислений по видам технических средств (ТС):

$$Z_a = C_{\text{КТС САПР}} N_a,$$

где  $C_{\text{КТС САПР}}$  — стоимость КТС САПР, руб. (прил. 3);

$N_a$  — годовая норма амортизации по КТС САПР (прил. 4).

Стоимость потребляемой электроэнергии КТС САПР определяется по формуле

$$Z_{э,л} = M_{\text{ТС}} A T_{\text{л}} Ц_э,$$

где  $M_{\text{ТС}}$  — установленная мощность ТС, используемых в КТС САПР, квт;

$A$  — коэффициент интенсивного использования мощности ТС (в среднем  $A = 0,9$ );

$Ц_э$  — стоимость 1 квт/ч электроэнергии (в среднем 0,9—1,5 коп. квт. ч.).

В укрупненном расчете  $Z_{э,л}$  составляют (0,4—0,7) % от  $C_{\text{КТС}}$ .

Затраты на ремонт КТС САПР определяются по фактическим данным предприятия (при наличии статистики) или могут быть определены по формуле

$$Z_p = (C'_{\text{л/ч}} + C'_m) K + (C''_{\text{л/ч}} + C''_m) q + t_p \text{ ч}_p K_g \cdot K_{\text{с.с.}}$$

где  $C'_m$ ,  $C''_m$  — соответственно стоимость норматива материалов, необходимых для текущих и профилактических ремонтов;

$C'_{\text{л/ч}}$ ;  $C''_{\text{л/ч}}$  — соответственно стоимость норматива запчастей для текущих и профилактических ремонтов;

$K$  — количество профилактических ремонтов за год;

$q$  — количество текущих ремонтов за год;

$t_p$  — трудоемкость выполняемых ремонтов за год по виду ТС;

$\text{ч}_p$  — тарифная ставка рабочего, выполняющего ремонт.

В укрупненном расчете  $Z_p$  составляют 5% от  $C_{\text{КТС}}$ .

Затраты на содержание и ремонт производственных зданий ( $Z_{\text{п}}$ ) определяются на основании данных о занимаемой площади КТС САПР (по данным предприятия или паспорта ТС) и норм амортизации КТС. В укрупненном расчете  $Z_{\text{п}}$  могут быть взяты в сумме 8 руб/м<sup>2</sup> в год.

Затраты на износ малоценных и быстроизнашивающихся предметов ( $Z_{\text{п}}$ ), прочие расходы ( $Z_{\text{пр}}$ ) определяются в том случае, если их сумма значительна и имеет важное значение в конкретном случае.

В укрупненном расчете можно принять  $Z_{\text{п}} = 2\% C_{\text{КТС}}$ ;  
 $Z_{\text{пр}} = (0,5—2,5) \% C_{\text{КТС}}$ .

## Л и т е р а т у р а

1. Матвеев Ю. И., Пресс Р. И. Автоматизация технической подготовки производства и ее эффективность. Минск: Наука и техника, 1978.
2. Аронов Б. М. Автоматизация конструирования лопаток авиационных турбомашин. М.: Машиностроение, 1978.
3. Принс М. Д. Машинная графика и автоматизация проектирования. М.: Советское радио, 1975.
4. Лычев В. Ф. Некоторые вопросы экономической эффективности применения ЭВМ для проектирования технологических процессов. Куйбышев: КуАИ, 1971.
5. Определение экономической эффективности систем автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР-ТП). Методические материалы. Куйбышев: КуАИ, 1977.
6. Матвеев Ю. И., Рожанская И. Г. Рекомендации по оценке экономической эффективности САПР. Минск: ИТК АН БССР, 1980.

Приложение 1

СТОИМОСТЬ 1 м/ч РАБОТЫ РАЗЛИЧНЫХ ТС,  
ПРИМЕНЯЕМЫХ В САПР [1]

Название ТС	Сложность работы	Стоимость 1 м/ч
ПАСГН	3	1-21
	2	1-56
	1	2-60
ИТЕКАИ	3	1-74
	2	2-29
	1	3-94
АК	3	1-11
	2	1-35
	1	2-06
АПД	3	0-76
	2	0-88
	1	1-26

Приложение 2

ЗАРАБОТНАЯ ПЛАТА РАЗРАБОТЧИКОВ [5]

Специальность	Часовая тарифная ставка, руб.
Инженер-технолог, конструктор	0-76
Инженер-нормировщик	0-76
Техник-технолог, конструктор	0-40
Кодировщик	0-40
Перфораторщица	0-40
Оператор ЭВМ	0-60
Статист-нормировщик	0-40

Примерный перечень  
оборудования, используемого в САПР

Оборудование 1	Обозначение 2
Электронно-вычислительные машины	М-7000, «Электроника-100И», СМ-2, СМ-3, ЕС-1010, ЕС-1022, ЕС-1033, ЕС-1035, ЕС-1040, ЕС-1050, ЕС-1060
Периферийные устройства, развивающие возможности штатного комплекса ЭВМ:	
а) автоматизированное рабочее место	АРМ-М, АРМ-Р, АРМ-Т
б) графические устройства ввода-вывода алфавитно-цифровой дисплей станция индикации графических данных графический дисплей на ЗЭЛТ графический дисплей планшетный графопостроитель рулонный графопостроитель устройства считывания графической информации; автокодировщик	ЕС-7061, ЕС-7063, ЕС-7906 «СИГД» «Итекан- » ЕС-7064 ЕС-7051, ЕС-7054, «Итекан-4» ЕС-7052, ЕС-7053, «Итекан-3» ПАСГИ, «ЭХО» АК-2
в) средства приема и передачи информации мультитексор передачи данных адаптер связи	ЕС-8402 БССК-2
аппаратура передачи данных телеграфный аппарат устройство приема-передачи данных аппаратура передачи данных пишущая машинка с устройством управления пультовые пишущие машины	«Минск-1500», «Минск-1560», «Минск-1571», УНИКАПД РТА-60, Т-51, СТ-2М 5Ц5-1 «Аккорд-1200» УПМ-32 ЕС-7070, ЕС-7071, ЕС-7073, ЕС-7074
алфавитно-цифровые печатающие устройства	АЦПУ-128-3М, ЕС-7030, ЕС-7031, ЕС-7032, ЕС-7033, ЕС-7034, ЕС-7035, ЕС-7038;
устройство вывода на печать	УП2-32А
устройство вывода на перфоленду	УВЛ-23, ЕС-7022
устройство вывода на перфокарты	УВК-23, ЕС-7010
устройство ввода с перфоленды	УВЛ-23, ЕС-6022
устройство ввода с перфокарты	УВК-600М, ЕС-6012, АП-6100
фотосчитывающий механизм	FS-1500, ФСМ-6

1	2
г) устройства хранения информации информационно-поисковая система внешние запоминающие устройства прямого доступа на дисках	ИПС-САПР ЕС-3050, ЕС-5052, ЕС-5055 ЕС-5056
на барабане	ЕС-5058, ЕС-5033
на магнитной ленте	ЕС-5010, ЕС-5012, ЕС-5014, ЕС-5015, ЕС-5016, ЕС-5017, ЕС-5019, ЕС-5022

Приложение 4

## ВЫПИСКА

из «Единых норм амортизационных отчислений»,  
утвержденных Постановлением Совета Министров СССР  
от 14 марта 1974 г. № 183, вводимых с 1 января 1975 г.

Группа и виды основных фондов	Шифр	Норма амортизационных отчислений, %		
		общая	в том числе:	
			на полное восстанов- ление	на капи- тальный ремонт
1	2	3	4	5
Машины электронные цифровые вычислительные с программным управлением общего назначения, специализированные и управляющие	48000	12,0	10,0	2,0
Аналоговые и клавишные электронные вычислительные машины	48001	11,0	10,0	1,0
Перфорационные и клавишные электромеханические вычислительные машины	48002	11,0	7,0	4,0
Аппаратура диспетчерского управления специальных видов связи и прочих средств автоматизации	47031	22,2	22,2	—
Оборудование диспетчерской централизации	47008	5,6	4,0	1,6
Приемники телевизионные и видеоконтрольные устройства	45636	14,0	12,5	1,5
Телеграфное коммутационное оборудование автоматической координатной системы	45620	7,4	5,0	2,4

1	2	3	4	5
Телеграфные и факсимальные аппараты трансляции и приборы	45617	10,2	7,0	3,2
Маршрутно-контрольные устройства	47010	7,0	3,3	3,7
Лабораторное оборудование и приборы	47024	20,0	20,0	—
Печатающее и светокопирующее оборудование (ротаторы, спиртовые и светокопируемые аппараты)	44803	9,0	7,7	1,3
Фотооборудование и электрографические машины (оборудование для контактного фотокопирования и микрофильмирования)	70003	13,5	12,5	1,0
Проявочные машины	45906	14,0	6,7	7,3
Вентиляционные системы главного проветривания (включая вентиляторы, воздухопроводы, камеры увлажнения, подогрева или охлаждения воздуха и прочее) и кондиционеры	41601	12,1	10,0	2,1
Измерительные приборы, аппаратура, устройства МГА	47025	12,8	10,0	2,8
Универсальные и специализированные станки массой до 10 тонн, работающие абразивным инструментом	41001	12,5	7,1	5,4
Здания производственные каркасные, с железобетонным или металлическим каркасом, с заполнением каркаса каменными материалами	10001	2,6	1,2	1,4
Здания непроизводственные каркасные, с железобетонным или металлическим каркасом, с заполнением каркаса каменными материалами	10001	2,6	1,2	1,4

## Содержание

Введение . . . . .	3
1. Подсистемы САПР. Их назначение, область применения и эффективность . . . . .	4
2. Общие требования к расчету и основные показатели эффективности САПР . . . . .	6
3. Источники эффективности применения САПР . . . . .	8
А. Экономия на этапе технической подготовки производства (проектирование) $\Theta_1$ . . . . .	10
Б. Экономия в сфере производства ( $\Theta_{пг}$ ) . . . . .	11
В. Экономия в сфере эксплуатации ( $\Theta_{эксп}$ ) . . . . .	13
4. Расчет затрат на создание и внедрение САПР в производство . . . . .	14
5. Расчет эксплуатационных затрат на функционирование САПР . . . . .	17
Литература . . . . .	19
Приложения . . . . .	20

*Любовь Семеновна Меламедова*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДСИСТЕМ  
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
В МАШИНОСТРОЕНИИ

Учебное пособие

Редактор Н. В. Касаткина  
Техн. редактор Н. М. Каленюк  
Корректор Н. С. Куприянова

Тем. план 1982 г., поз. 1786

Сдано в набор 20.08.82 г.  
Подписано в печать 1.10.1982. ЕО00453.  
Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага оберточная белая.  
Печать высокая. Гарнитура литературная.  
Усл. п. л. 1,39. Уч. изд. л. 1,3.  
Тираж 500 экз. Заказ № 725. Цена 5 коп.

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

---

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