

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ФЕРГАНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

**На правах рукописи**

**УДК 658.512.011.56**

**ТАШМАТОВ АКМАЛ БАХАДИРОВИЧ**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

**ДИССЕРТАЦИЯ**

**для получения степени магистра по специальности**

**5A520601- «Технология машиностроения»**

**Научный руководитель:**

**к.т.н., доц. О.Х.Отакулов**

**Фергана-2011**

## Оглавление

Введение	5
1. Организационно-экономические аспекты создания САПР	15
1.1. Принципы создания САПР и пути повышения его эффективности	15
1.2. Организация процесса создания САПР	20
2. Организационно-экономические аспекты функционирования САПР	26
2.1. Организация проектирования новой техники в САПР	26
2.2. Выполнение функционально-стоимостного и технико-экономического анализа объекта проектирования	31
2.3. Влияние САПР на организационную структуру отраслевой НТО	39
3. Эффективность САПР	47
3.1. Понятие эффективности САПР	47
3.2. Экономическая эффективность комплекса автоматизированных систем создания новой техники	57
3.3. Методы расчета экономической эффективности САПР	62
Выводы	79
Список использованной литературы	80

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АРМ	- автоматизированное рабочее место
АС	- автоматизированная система
АСНИ	- автоматизированная система научных исследований
АСУП	- автоматизированная система управления производством
АСУР	- автоматизированная система управления разработками
АСТПП	- автоматизированная система технологической подготовки производства
БД	- база данных
ГПС	- гибкая производственная система
ИВЦ	- информационно-вычислительный центр
ИПК	- интегрированный производственный комплекс
КСА	- комплекс средств автоматизации
КСАП	- комплекс средств автоматизации проектирования
КТС	- комплекс технических средств
НИОКР	- научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы
НТО	- научно-техническая организация
НТУ	- научно-технический уровень
ОП	- объект проектирования
ПО	- программное обеспечение
ППП	- пакет прикладных программ
САПР	- система автоматизированного проектирования
СПУ	- сетевое планирование и управление
СУБД	- система управления базой данных
ТЗ	- техническое задание
ТЭР	- технико-экономические расчеты
ФСА	- функционально-стоимостной анализ

## ВВЕДЕНИЕ

Реализуемые в стране реформы по формированию устойчивой и эффективной экономики в настоящее время дают свои положительные результаты. За короткий срок достигнуты значительные успехи в работе по глубокому структурному преобразованию в экономике, обеспечению роста доходов населения, усилению внешней торговли и инвестиционных процессов, реформированию сельскохозяйственной сферы, стабильному развитию сферы малого бизнеса и частного предпринимательства, укреплению деятельности банковско-финансовой системы.

Неуклонно и в ощутимой степени возрастают авторитет и позиции Узбекистана на международной экономической арене. Тщательная разработка руководителем государства Исламом Каримовым стратегии социально-экономического развития, точное и правильное определение путей реализации целей и задач экономических реформ создали предпосылки для достижения весомых результатов на пути к главной цели.

В настоящее время социально-экономическое развитие государств мира по содержанию в корне отличается от предыдущих этапов прогресса. Главным и важнейшим аспектом этого является усиление интеграции и глобализации национальных экономик. Ныне эти процессы обостряют конкуренцию на международной арене, оказывают воздействие на усиление борьбы каждого государства за укрепление собственных позиций в международном разделении труда.

Однако, необходимо отметить, что наряду с позитивным влиянием интеграции и глобализации на мировую экономику, возникают и определенные противоречивые моменты. Так, неравномерное развитие экономик отдельных государств, усиление различия социально-экономического развития различных стран, экологических угроз, существенная разница демографического роста в отдельных государствах препятствуют стабильному развитию мирового хозяйства в качестве единой системы. Еще одна особенность этих процессов - происходящие социально-экономические изменения в одной отдельно взятой стране неизбежно оказывают влияние и на другие государства. Финансовый -экономический кризис, охвативший в настоящее

время все мировое сообщество, в этом смысле проявляется в качестве негативного последствия процессов глобализации.

В связи с этим, при определении текущих и перспективных мероприятий по социально-экономическому развитию пашей республики, необходимо всесторонне учитывать воздействия последствий мирового финансово-экономического кризиса, именно с точки зрения воздействия этих процессов составлять и реализовывать программы экономического развития.

Мероприятия такого плана широко и подробно изложены в работе Президента И. Каримова «Мировой финансово-экономический кризис, пути и меры по его преодолению в условиях Узбекистана». В работе подробно освещены суть мирового финансово-экономического кризиса, причины возникновения и формы его проявления, его воздействие на экономику Узбекистана, факторы предотвращения последствий и смягчения кризиса. В качестве верного пути преодоления кризиса и достижения новых высот на мировом рынке определены приоритетные направления:

- 1) реализация принятой в нашей стране Антикризисной программы мер по предотвращению и нейтрализации последствий мирового экономического кризиса на 2009-2012 годы, обеспечение на этой основе долгосрочных стабильных темпов и равномерности роста экономики;
- 2) продолжение структурных преобразований и диверсификации экономики, проведение этих процессов путем модернизации, технического и технологического перевооружения, в первую очередь, важнейших отраслей экономики, направленных на производство конкурентоспособной продукции, соответствующих международным стандартам качества и пользующихся спросом на внутреннем и внешнем рынках;
- 3) реализация широкого комплекса долгосрочных, тесно взаимосвязанных мероприятий, направленных на коренное преобразование качества и условий сельской жизни, ускоренное развитие социальной и производственной инфраструктуры сельской местности, полный пересмотр статуса, роли и значения форм собственности, предпринимательства и малого бизнеса, всестороннюю поддержку развития фермерских хозяйств;

- 4) обеспечение занятости населения, активное развитие сферы услуг и малого бизнеса как важнейшего фактора повышения уровня жизни людей;
- 5) дальнейшее развитие производственной и социальной инфраструктуры в качестве важнейшего фактора модернизации страны и повышения уровня занятости населения;
- 6) дальнейшее совершенствование деятельности банков, стимулирование привлечения свободных денежных средств населения и хозяйствующих субъектов в депозиты коммерческих банков)

В современных условиях независимого Узбекистана необходимость резкого ускорения научно-технического прогресса требует совершенствования и сокращения затрат времени, денежных средств, материальных и трудовых ресурсов на создание и эксплуатацию нового изделия при повышении научно-технического уровня разработок и эффективности их использования. Важнейшей в ряду этих задач является интенсификация стадии проектирования. Решение данной задачи в немалой степени зависит от совершенствования деятельности научно-технических организаций (НТО). Наибольший эффект от автоматизации проектирования достигается в условиях функционирования систем автоматизированного проектирования (САПР).

Создание САПР в большинстве случаев связано со значительными затратами и необходимостью решения целого ряда проблем методологического, математического, информационного, технического, организационного и экономического характера. Системное рассмотрение направлений и факторов интенсификации исследований и проектирования, современного состояния и путей развития САПР в машиностроении позволяет выявить и исследовать основные организационно-экономические проблемы, возникающие в этой области, определить экономически целесообразные и организационно обеспеченные формы и методы реализации всех стадий жизненного цикла САПР.

Превращение науки в непосредственную производительную силу является определяющим требованием ускоренного развития производства, которое происходит на основе всей со-

вокупности качественных изменений в науке, технике, составляющих научно-технического прогресса. Причем прогресс должен заключаться как в обновлении традиционных областей знаний и форм их технического, производственного и экономического воплощения, так и в открытии принципиально новых.

Необходимо также отметить, что велики (до 40-60%) непроизводительные потери рабочего времени из-за несовершенства информационного обслуживания разработчиков, у которых слишком много времени уходит на сбор и обобщение необходимой информации [24]. Расчеты показывают, что сокращение наполовину потерь времени при поиске и обработке информации позволяет уменьшить численность разработчиков примерно на 6-8%. Серьезную проблему представляют также так называемые «рутинные операции», например копирование, вычерчивание стандартных, повторяющихся элементов чертежей. Использование оргтехники, механизация и автоматизация этих операций в ряде случаев в 1,5-2 раза снижают трудоемкость разработки технической документации и значительно (до 60-90%) расширяют границы творческой деятельности разработчиков.

Повышение эффективности и качества исследований и проектирования, сокращение их длительности, рост научно-технического уровня создаваемых изделий при тех же или меньших затратах различных ресурсов и составляют понятие «интенсификация исследований и проектирования».

Автоматизированная система научных исследований. АСНИ представляет собой совокупность комплекса средств автоматизации исследовательских работ (КСАИР), исследователей и экспериментаторов, специализирующихся в данной области науки, и организационно-экономических методов, обеспечивающих взаимосвязь первых двух компонентов. Научные исследования в одном случае могут не иметь непосредственной связи с проектированием, в другом - входить в процесс проектирования. Следовательно, АСНИ могут быть самостоятельными системами или входить в состав интегрированного производственного комплекса (ИПК), согласуясь с САПР или даже объединяясь с ней.

*Комплекс технических средств* (КТС) для АСНИ должен включать приборы и установки для научных исследований, взаимосвязанные с ЭВМ в целях автоматизации экспериментальных и измерительных работ, диагностирования, контроля и испытаний, настройки режимов и т. д. Для оценки целесообразности включения этих средств в систему и эффективности их использования необходимо иметь согласованные данные о производительности каждого агрегата и стоимости его работы и простоя. (К сожалению, такие данные, как правило, в технической документации отсутствуют.)

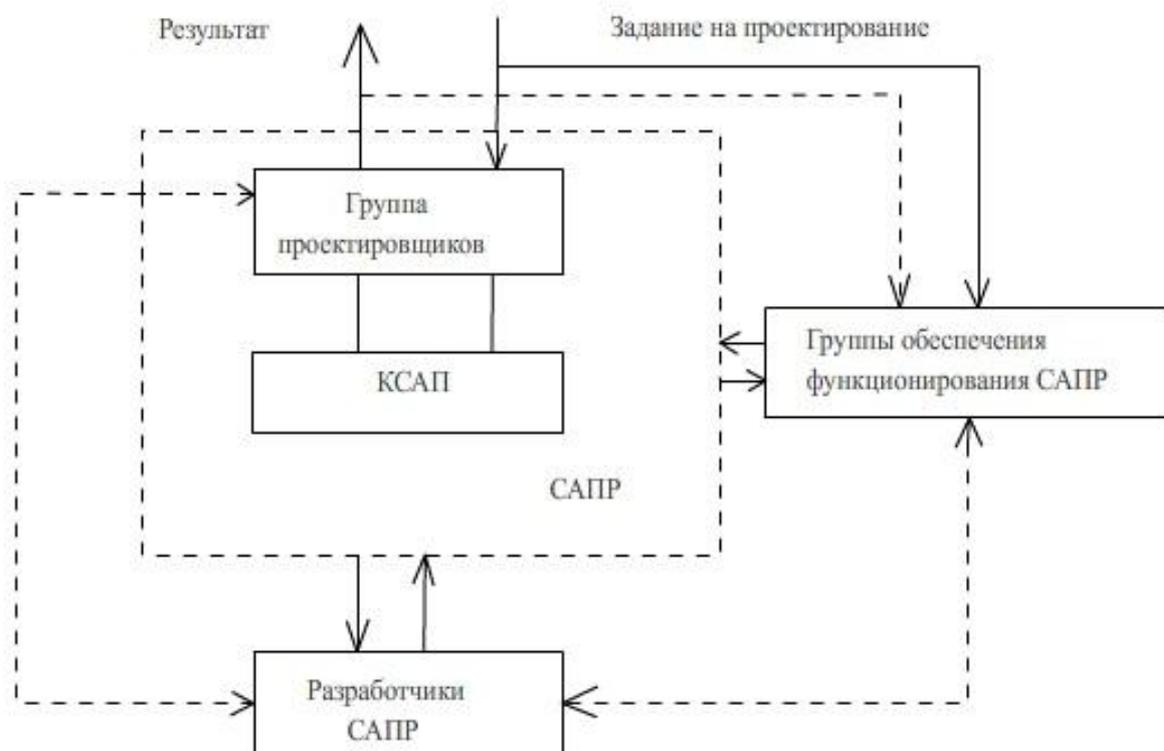
*Средства программного обеспечения* - это операционная система, ориентированная на использование определенного КТС и языков общения специалистов с КСАИР, а также прикладные программы - выполнения расчетов (объектно-независимые и объектно-ориентированные), моделирования, планирования эксперимента, графики, статистики, экспертного анализа и др.

Особую роль в АСНИ играет *информационно-поисковая система* (ИПС), которая выполняет функции как фактографического, так и семантического характера и используется практически на всех этапах исследований. Более того, ИПС должна обеспечивать работу исследователя как со специальной базой данных данной АСНИ, так и с более мощной базой данных соответствующего научного и информационного центра.

Целый ряд вопросов возникает при решении второй проблемы - организационно-экономической. Так, для системной организации использования программных и информационных средств необходимо иметь временные и стоимостные характеристики отдельных программных модулей, информационных массивов, пакетов прикладных программ, а также различных их систем.

Представляется, что приведенное определение требует уточнения и расширения для его использования при рассмотрении процессов создания и функционирования САПР на стадии исследования и проектирования новых изделий. Данная точка зрения сформировалась у авторов на основании исследования конкретных САПР машиностроительного профиля, изучения

публикаций, прежде всего - работ И. П. Норенкова, В. И. Скурихина, Г. В. Орловского, В. Л. Эпштейна, Ю. М. Соломенцева, Р. И. Сольничева, Д. Н. Щеворова, В. Н. Васильева, а также официальных руководящих и методических материалов.



**Рис.1. Структура САПР**

На рис. 1. в самом общем виде показана структура САПР, соответствующая ее определению. Состав компонентов, образующих обеспечение САПР, приведен в табл. 1.

Возможности, функции САПР зависят, прежде всего, от состава и структуры комплекса технических средств (КТС) - *технического обеспечения* данной системы. Надежность каждого компонента КТС и всего комплекса в целом определяет работоспособность КСАП и эффективность других средств автоматизации. В машиностроении к проектирующим подсистемам относят выполняющие следующие проектные процедуры: проектирование деталей; проектирование сборочных единиц; компоновка машины; проектирование схемы управления; технологическое проектирование. Обслуживающими называют подсистемы, предназначенные для поддержания работоспособности проектирующих, например подсистемы информационного поиска, графического отображения объектов проектирования, документирования и др.

Таблица 1.

Комплекс средств автоматизации проектирования (КСАП)	
Вид обеспечения САПР	Элементы обеспечения
Математическое	Модели, алгоритмы, методы вычислений, оптимизации
Лингвистическое	Языки программирования, общения специалиста с ЭВМ
Методическое	Принципы, методы проектирования
Техническое	ЭВМ, периферийные устройства, АРМ, сеть АРМ
Программное	Общее - операционные системы; специальное- прикладные программы, программные модули, ППП
Информационное	База данных АРМ, интегрированная база данных, инструкции по актуализации данных
Организационно - экономическое	Методики, стандарты, нормативы; положения и инструкции, регламентирующие организационную структуру и определяющие экономические показатели; планы, графики, отчеты

Объектными считают подсистемы, выполняющие проектные процедуры, содержание которых зависит от конкретного объекта проектирования, а инвариантными - осуществляющие унифицированные проектные процедуры, не зависящие от объекта проектирования.

*Информационное обеспечение* составляют документы, содержащие описание типовых элементов, комплектующих изделий, материалов, типовых проектных решений, стандартных размеров конструкций и проектных процедур, хранящиеся, как правило, в базе данных.

*Организационно-экономическое обеспечение САПР* (а не «организационное» - как его принято называть) включает документы, регламентирующие организационную структуру подразделения, работающего в САПР, и его взаимодействие с КСАП, а также методики расчета себестоимости, цены и экономической эффективности объекта проектирования и САПР, реализуемые в подсистеме технико-экономических расчетов.

Создание САПР предполагает *научно обоснованное распределение функций между че-*

*ловеком и средствами автоматизации:* человек должен решать задачи творческого характера, а ЭВМ - поддающиеся алгоритмизации и более эффективно ими исполняемые. Так, должны автоматически составляться системы уравнений и рабочие программы по лаконичному исходному описанию анализируемого объекта в виде перечня основных принципов, типов элементов проектируемого изделия и способов их связи между собой. Это освобождает проектировщика от выполнения трудоемкой работы по выводу системы уравнений, от необходимости знать общие языки и технику программирования, поскольку он выступает в роли пользователя, а не создателя программного обеспечения.

Однако, как показывает отечественный и зарубежный опыт, он должен быть знаком с методами проектирования на базе КСАП. Без этого невозможен диалог с КСАП и принятие технических решений по результатам работы программ. Опираясь на знание алгоритмов и программ, проектировщик сможет избежать многих ошибок в формулировке задач, назначении исходных данных, интерпретации результатов и достичь целей с наименьшими затратами общего и машинного времени. Таким образом, первоначально сложившееся мнение, что автоматизация проектирования снизит требования к квалификации разработчиков, в корне неверно.

В настоящее время автоматизированное проектирование охватывает практически все сферы инженерной деятельности в машиностроении. Созданы и развиваются САПР конструирования деталей и узлов сложных машин и механизмов, электротехнических устройств, радиоэлектронной аппаратуры, технологических процессов, подготовки программ для станков с ЧПУ и другие. Имеющийся в нашей стране и за рубежом опыт создания и функционирования САПР показывает, что перевод стадии исследования и проектирования изделий в условия САПР дает значительный эффект, включающий в себя следующие составляющие.

1. Существенный экономический эффект достигается за счет создания более качественного (оптимального) нового изделия, в том числе благодаря возможности включения в систему ранее не поддававшихся учету факторов, сокращения длительности процесса «исследование - производство» и, в частности, стадии исследования и проектирования; совершенствования

процесса выполнения МИОКР, снижения стоимости проектирования, повышения его точности.

2. Обеспечивается экономия затрат труда исследователей, конструкторов, технологов и вспомогательных работников за счет резкого снижения трудоемкости проектирования и существенного увеличения производительности их труда.

3. Улучшается качество технической документации: уменьшается количество ошибок в ней, снижается объем доработок, ликвидируется этап перепроектирования, облегчается восприятие документов.

4. Появляется возможность одновременного согласованного проектирования всего параметрического ряда новых изделий с учетом требований стандартов.

5. Открываются принципиально новые перспективы в проектировании и согласовании технических и организационно-экономических вопросов, системном решении проблем создания новых изделий на необходимом научно-техническом уровне, облегчается координация усилий специалистов по созданию новых изделий.

6. Повышается удовлетворенность трудом конструкторов и технологов, возрастает научный уровень исследований и проектирования, инженерный труд становится более престижным.

В дальнейшем экономический эффект от внедрения и распространения САПР будет расти в связи с совершенствованием технико-экономических характеристик КСАП: повышением быстродействия и производительности ЭВМ всех классов; расширением функциональных возможностей периферийного оборудования, прежде всего - средств обработки графической информации; снижением стоимости КСАП и созданием развитого программного обеспечения.

Первоначально основу технического обеспечения САПР составляли ЭВМ общего назначения, в настоящее время используются и специализированные ЭВМ, ориентированные на применение в САПР. В последние годы все чаще используются автоматизированные рабочие места (АРМ) на основе микропроцессорной техники, которые могут функционировать автономно или в составе распределенной сети, включающей более мощную ЭВМ.

Направления создания и развития САПР определяются социальной потребностью в этих системах, экономической целесообразностью их создания и функционирования в конкретной сфере инженерной деятельности, а также возможностями, предоставляемыми их математическим, техническим и организационно-экономическим обеспечением.

Развитие системы определяется во многом развитием совокупности составляющих ее элементов, соответственно можно выделить следующие основные его направления:

*методическое, математическое, лингвистическое* - специализация систем на базе общих принципов построения САПР; совершенствование и специализация описания объектов проектирования и взаимодействия специалиста с системой, развитие языковых средств; применение методов многовариантного проектирования и оптимизации, типовых и стандартных проектных решений и расчетных методов;

*программное* - развитие общесистемного программного обеспечения; широкое применение и совершенствование технологических комплексов программ; создание системы программ обработки данных геометрического характера для решения задач с трехмерными объектами; максимально возможное применение стандартного программного обеспечения, создание ППП объектно-независимых подсистем САПР;

*техническое* - создание и производство в достаточном количестве ЭВМ различных типов, ориентированных на САПР разного уровня и производительности, назначения; развитие идеологии АРМ исследователей и разработчиков, разработка более совершенных средств оборудования АРМ, объектно-ориентированных автономных САПР;

*информационное* - создание и ведение динамических баз данных гибкой организации и открытой структуры для системного технико-экономического проектирования; организация баз графических данных; обеспечение совместимости баз данных автономных и проблемно-ориентированных САПР;

*организационно-экономическое и социальное* - обеспечение «разномерной» автоматизации всех этапов и элементов процесса НИОКР; сочетание возможностей, предоставляемых

комплексом средств автоматизации (КСА), с творческими усилиями специалистов.

# **1.ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ САПР**

## **1.1. Принципы создания САПР и пути повышения его эффективности**

Общие принципы создания САПР определяются, прежде всего, тем, что они являются разновидностью автоматизированных систем, характеризующихся определенными свойствами. Они представляют собой, с одной стороны, совокупность специалистов и КСАП, создаваемого как сложный объект новой техники, с другой - систему управления процессом проектирования новых изделий. Данное положение обуславливает особенности организации процесса создания САПР.

В процессе создания САПР возникает необходимость решения прямой или обратной задачи: исходя из характеристик объекта проектирования определить требования к САПР и ее состав или, наоборот, основываясь на характеристиках работающей системы, определить, какие объекты могут проектироваться в ней.

При создании САПР выявляются организационно-экономические задачи, которые должны входить в состав системы или сопровождать ее создание. Так, важное место в процессе создания САПР занимает функционально-стоимостной анализ, с помощью которого выбирается наиболее эффективный вариант системы, соответствующий ее целям и ограничениям затрат на реализацию поставленных задач.

Основываясь на общих положениях организации создания автоматизированных систем как объектов новой техники, можно выделить отличительные особенности технологического процесса создания САПР и пути повышения его эффективности.

Одной из важнейших задач, которая должна решаться на стадии создания САПР, является оценка требуемого и реализуемого научно-технического уровня САПР.

Поскольку САПР представляет собой одну из разновидностей автоматизированных систем, процессу ее создания присущи общие особенности, т. е. он включает следующие группы работ:

- 1) выбор наиболее эффективного варианта распределения функций между специалистами, работающими в АС, и КСА;
- 2) формализация и алгоритмизация автоматизируемых функций, программирование их и представление специалисту в виде системы программного обеспечения автоматического процесса;
- 3) определение необходимого и достаточного состава, рациональной структуры комплекса технических средств для реализации автоматизируемых работ;
- 4) формулирование концепции системного информационного обеспечения, выбор или разработка системы управления базой данных, формирование базы данных;
- 5) выбор формы специализации, разделения и кооперирования труда специалистов и подразделений организации в условиях функционирования АС;
- 6) решение вопросов концентрации производства в АС (родственных работ, процессов, функций);
- 7) определение научно-технического уровня, качества и эффективности АС;
- 8) разработка методов организации, нормирования, форм оплаты и стимулирования труда специалистов, работающих в условиях функционирования АС;
- 9) разработка психологических и эргономических требований к АС, контроль поддержания соответствующих условий.

Кроме общности основных групп работ, определяющих особенности процессов создания всех видов АС, этим процессам свойственна также общность основных принципов, таких как: комплексность, или непрерывность процесса автоматизации; надежность; мобильность и способность адаптироваться к различным средствам автоматизации и условиям функционирования системы; способность к эволюционному развитию; простота и удобство КСА' для использования их в системе специалистами, проектирующими новые изделия; экономичность; совместимость этапов и систем; эффективность.



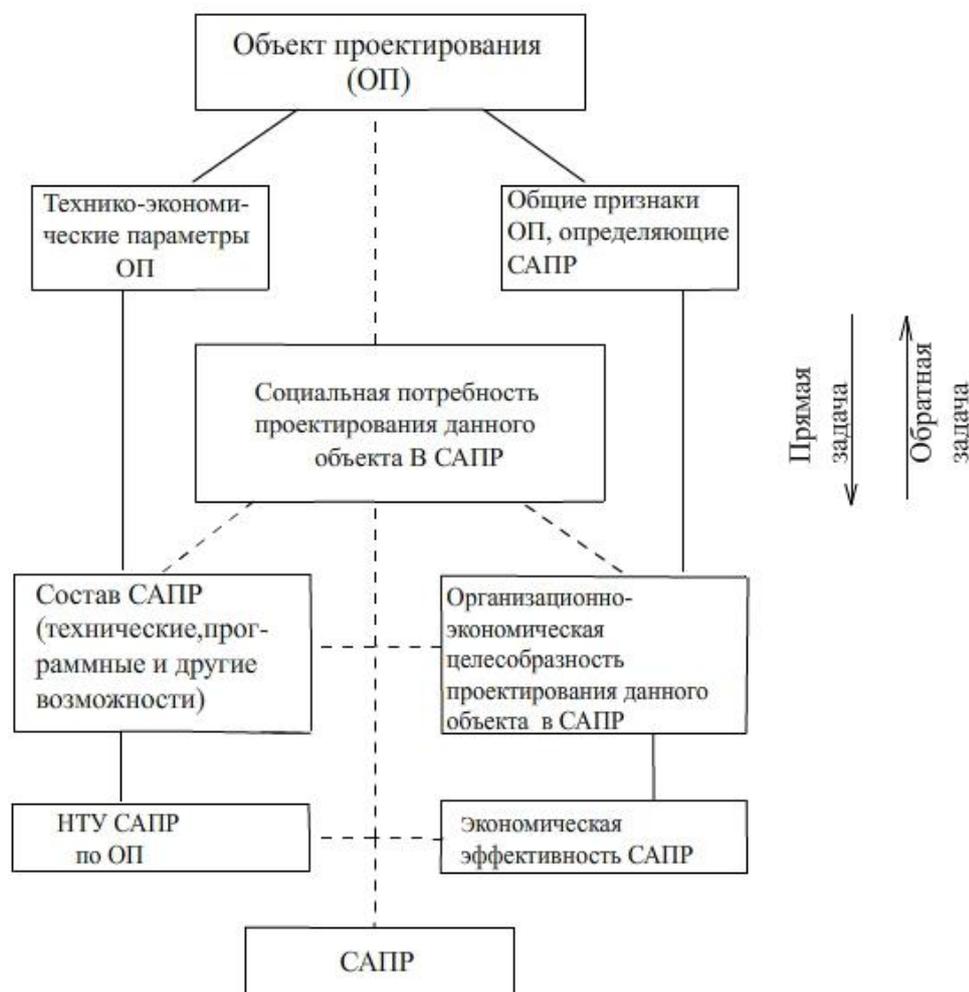
**Рис. 2. Организационно-экономические задачи САПР**

Эффективность создаваемой САПР и процесса ее создания можно повысить, если включить в этот процесс в качестве его органичной составляющей *организационно-экономические задачи*.

Задачи данного типа можно разбить на две группы (рис. 2): 1) входящие в состав САПР и реализуемые в процессе ее функционирования параллельно с решением задач проектирования; 2) сопровождающие процесс создания и функционирования САПР.

В первую группу входят задачи: 1) технико-экономического и функционально-стоимостного анализа, составляющие подсистему технико-экономических расчетов (ТЭР) САПР; 2) организации непрерывного процесса проектирования, оптимального взаимодействия проектировщика с КСАП, согласования автоматических и автоматизированных этапов, которые должны входить в операционную систему САПР; 3) рационального ведения базы технико-

экономических данных; 4) оптимизации объекта проектирования по экономическим параметрам и расчета экономической эффективности проектируемого объекта на различных этапах выполнения работ.



**Рис.3 Прямая и обратная задачи создания САПР**

Вторая группа включает задачи: 1) системной организации процессов создания и функционирования САПР; 2) сопряжения САПР с другими АС; 3) оценки затрат и результатов создания САПР; 4) оценки научно-технического уровня и качества САПР; 5) расчета сравнительной экономической эффективности вариантов САПР и др.

САПР создается для системной автоматизации проектирования определенного объекта или группы объектов, обладающих общими свойствами (признаками), определяющими характер этого процесса. Задача создания САПР для проектирования заданных объектов может рас-

смагиваться как прямая. В самом общем виде на рис. 3 выделены две взаимосвязанные ветви процесса: левая - непосредственно создание САПР требуемого научно-технического уровня, правая - организационно-экономическое сопровождение, позволяющее наиболее рационально выполнить процесс создания эффективной системы.

Кроме прямой - создания САПР исходя из характеристик объекта - на практике довольно часто встречается обратная задача - отталкиваясь от заданных параметров САПР, определить группу объектов, которые могут проектироваться в данной системе. С развитием САПР задачи такого рода приобретут еще большее значение. Они связаны с проблемой концентрации родственных объектов проектирования и процессов их создания на введенных в действие, функционирующих и развивающихся САПР. При решении обратной задачи также необходимо проанализировать содержание САПР и выполнить необходимые расчеты по обеим ветвям, позволяющие сделать вывод о возможности и организационно-экономической целесообразности проектирования в ней рассматриваемых объектов.

1. По технико-экономическим требованиям к объекту и процессу проектирования определяются технико-экономические параметры и классификационный код САПР (ГОСТ 23501.108-85).

2. Выявляются функции проектирования в САПР (например, с помощью альтернативного графа) и участие в их выполнении различных средств автоматизации и специалистов.

3. Оцениваются затраты на выполнение каждой функции в САПР. Выполняется функционально-стоимостной анализ (ФСА) предполагаемого варианта САПР. В результате формируется состав системы и ее структура.

4. Для выбранных с помощью ФСА вариантов производится структурно-стоимостной анализ САПР. Определяются полные затраты на создание и функционирование САПР и ее экономическая эффективность, а также НТУ.

5. Возможные варианты САПР сравниваются по экономической эффективности и НТУ по критерию достижения наибольшего значения НТУ при экономической эффективности не

ниже нормативной, принятой для данного класса систем.

В настоящее время при создании САПР, как правило, выполняется структурно-стоимостной анализ при определении затрат на создание и функционирование системы, а также рассчитывается ее экономическая эффективность. Не останавливаясь на недостатках, имеющих в проведении указанных расчетов [16], необходимо отметить, что при создании и развитии САПР практически не используются принципы ФСА.

В процессе анализа производственной функции САПР необходимо определить три основных ее диапазона: 1) *область инвестирования*, в которой осуществление затрат не обуславливает прироста объема производства; 2) *область высокой отдачи*, в которой относительно небольшое увеличение затрат дает в результате относительно большое увеличение объема производства; 3) *область сокращения отдачи*, в которой дополнительные затраты приводят к относительно небольшому увеличению объема производства. Характер производственной функции в трех основных диапазонах нужно учитывать при определении (моделировании) *жизненного цикла САПР* и оценке моментов развития системы.

Изложенные соображения и принципы создания САПР связаны в основном с ее стоимостной оценкой и ориентацией на эффективность. Помимо стоимости системы при ее создании необходимо учитывать «человеческий фактор», например уровень подготовки основных специалистов; психологический климат в коллективе, наличие стимулов роста квалификации и др. Очень важно, чтобы можно было управлять деятельностью, как сторонних разработчиков, так и собственных исполнителей.

## **1.2. Организация процесса создания САПР**

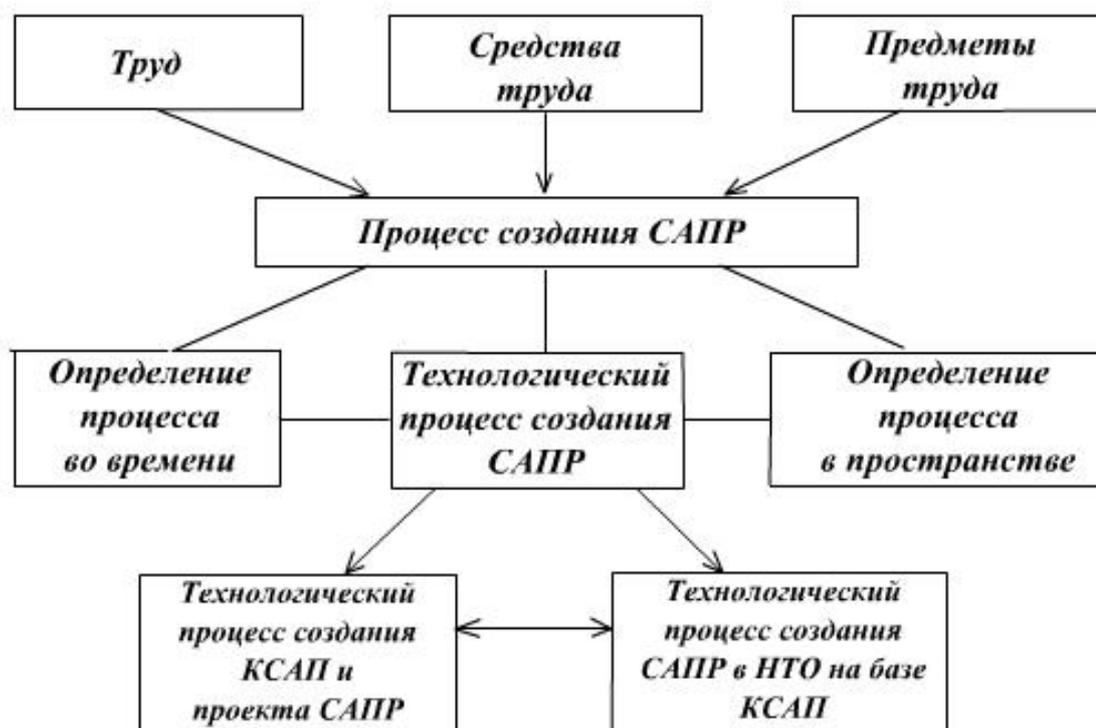
Процесс создания САПР представляет собой важный и сложный элемент единой системы создания и освоения новой техники, поэтому его организация и планирование должны рассматриваться с позиции общих для процессов создания и освоения новой техники требований и

регламентирующих документов. САПР создаются в НТО, деятельность которых определяется общепринятыми принципами, положениями и нормативами. Однако ввиду того, что их создание является мощным фактором НТП, повышения качества изделий, сокращения длительности цикла «исследование- производство», экономии материальных и трудовых ресурсов, особенно тщательной проработки требуют вопросы организации и планирования этого процесса с тем, чтобы механизм его осуществления позволял достигать поставленных целей и эффективно создавать эффективные системы.

Конечно, при наличии необходимых технических средств и информации по технологии создания КСА и отдельных его компонентов (видов обеспечения) и кадров соответствующей квалификации возможно создание эффективных КСА и в условиях неспециализированных НТО, чему есть примеры в отечественной практике. Однако более рациональным с точки зрения проведения единой политики автоматизации различных сфер деятельности человека (исследований, проектирования, производства, управления и др.) является выполнение процесса создания КСА специализированными организациями.

Подход к организации технологического процесса создания САПР иллюстрирует рис. 4. Прежде всего, как и в любом процессе производства, в процессе создания САПР можно выделить три основных элемента: *предметы труда*, т. е. то, что обрабатывается в этом процессе, превращаясь в результат - созданную и готовую к функционированию САПР; *средства труда* - то, что используется при выполнении процесса и достижении его цели; *труд работников*, участвующих в процессе создания САПР.

Итак, в процессе создания САПР участвуют три основных элемента - труд, предметы труда и средства труда. *Технологический процесс создания САПР* объединяет эти три элемента во времени и пространстве. Технологичным считается процесс, отвечающий требованиям экономической технологии его проведения в целях обеспечения заданных характеристик создаваемой САПР - совокупности методов создания САПР и ее компонентов в кратчайшие сроки и с наименьшими затратами.



**Рис. 4. Схема процесса создания САПР**

Технологический процесс создания САПР осуществляется на нескольких предметно-специализированных технологических линиях и сборочном участке с полигоном для испытаний готовой системы. Предметная специализация технологических линий определяется составом и содержанием компонентов САПР (видов ее обеспечения - методического и математического, технического, программного, информационного, организационно-экономического и кадрового). На каждой из технологических линий системное изделие проходит определенные стандарты стадии обработки.

Наиболее рациональной представляется параллельно-последовательная организация работ по созданию компонентов САПР, при которой достаточно хорошо используются все ресурсы, вовлекаемые в процесс, прежде всего - труд специалистов, участвующих в создании САПР, в настоящее время - наиболее дефицитных и высококвалифицированных. Кроме того, при параллельно-последовательной организации можно добиться наименьшей продолжительности процесса. Однако она требует четкой координации работы всех технологических линий и си-

стемного согласования всех элементов процесса. Эти функции должны выполняться системными руководителями проектов САПР и ответственными исполнителями по каждой линии процесса.

Координация технологического процесса создания САПР может быть осуществлена на основе применения системы *сетевого планирования и управления* (СПУ) комплексом работ. Для этого на этапе планирования работ и системного анализа требований, предъявляемых к САПР, разрабатывается сетевой график комплекса работ исходя из ожидаемой трудоемкости каждой работы и комплекса работ по каждой технологической линии, а также из числа специалистов, которых можно привлечь к данной разработке, с учетом их профессий и уровня квалификации по соответствующим видам работ.

Расчет параметров сетевого графика и длительность его критического пути позволяют оценить возможности выполнения комплекса работ в заданные директивные сроки с учетом фактического состава и численности исполнителей. Оптимизируя сетевой график, можно добиться сокращения общей продолжительности процесса создания САПР и более рационального распределения работ между специалистами.

Требование технологичности обуславливает необходимость применения в процессе создания САПР отлаженных, нормативных методов и операций, унифицированных и типовых элементов. Как уже отмечалось, наиболее приемлема в данном случае гибкая организация технологического процесса на основе технологических и организационных модулей, отдельных типовых проектных решений. В условиях автоматизированного проектирования САПР база данных системы должна содержать совокупность таких модулей.

Технологический процесс создания КСАП в общем случае включает следующие группы технологических модулей: 1) системный анализ требований; 2) проектирование компонентов КСАП; 3) выбор, изготовление и отладка отдельных элементов комплекса; 4) планирование и проектирование КСАП; 5) системная отладка комплекса; 6) документирование и согласование результатов проектирования; 7) сопровождение КСАП в процессе его применения в

системах.

По установившемуся порядку выделяют такие стадии создания САПР, как: 1) предпроектные исследования; 2) составление технического задания; 3) формирование технического предложения, 4) эскизное проектирование; 5) техническое проектирование; 6) рабочее проектирование; 7) изготовление, отладка и испытания; 8) ввод в действие.

Исходным документом, по которому оценивается качество созданной системы, является *техническое задание на создание САПР*. Этот документ включает следующие разделы: наименование и область применения; основание для создания; характеристика объектов проектирования; цель и назначение; характеристика процесса проектирования; требования к САПР; технико-экономические показатели; стадии и этапы; порядок испытаний и ввода в действие; источники разработки (при необходимости).

Техническое задание разрабатывается с учетом результатов предпроектных исследований и содержит полные данные и требования к созданию САПР. Представляется, что причиной многих недоработок в САПР и разногласий между разработчиком и заказчиком системы является положение о том, что техническое задание формулируется разработчиком САПР.

Проектированию САПР должны предшествовать исследования целесообразности создания САПР совместно разработчиками новых изделий и специалистами по созданию САПР (из организации, которая, возможно, будет разрабатывать систему). Техническое задание на САПР разрабатывается специалистами в конкретной области проектирования с привлечением специалистов по САПР, выступающих в роли консультантов по системным вопросам, средствам САПР и современным возможностям этих систем.

В *технический проект САПР* входят следующие документы: ведомость технического проекта; пояснительная записка; технико-экономические показатели САПР; план мероприятий по подготовке организации к вводу в действие САПР; задание на строительные, электротехнические, санитарно-технические и другие подготовительные работы; план размещения технических средств САПР; техническое задание на программы и пакеты прикладных программ; пере-

чень заявок на разработку специализированных технических средств; описание проектной операции (процедуры); требования к работе специалистов в САПР; заказная спецификация.

*Рабочий проект САПР* включает следующие документы: спецификация; спецификация технического обеспечения, комплект конструкторских документов технического обеспечения; спецификация информационного обеспечения; описание базы данных; каталог базы данных; инструкция по заполнению базы данных; инструкция по ведению массивов данных; спецификация программного обеспечения; тексты программ; описание программ; порядок и методика испытаний; спецификация методического обеспечения; пояснительная записка; описание языка; спецификация организационного обеспечения; программа подготовки специалистов для работы в САПР; положение об организационной структуре САПР; должностные инструкции специалистов, работающих в САПР; программа и методика испытаний КСАП; программа и методика опытного функционирования системы (подсистем); акт приемки (сдачи) компонентов САПР и КСАП; акт приемки (сдачи) системы (подсистем); протокол испытаний.

В комплект *эксплуатационных документов* входят следующие: ведомость эксплуатационных документов; комплект эксплуатационных документов методического обеспечения (общее описание САПР, инструкция по эксплуатации КСАП), технического обеспечения, программного обеспечения (общее описание, руководство системного программиста, руководство программиста, руководство оператора, описание языка, руководство по техническому обслуживанию, формуляр).

Как правило, такой анализ осуществляется при помощи треугольного графа анализа развития системы [12,13]. При этом последовательно, циклически оцениваются: 1) социальная потребность в создании или развитии САПР; 2) экономическая целесообразность проведения работ; 3) математические, технические и организационные возможности создания и развития САПР. Результаты оценки отражаются в техническом задании на создание или развитие системы.

## **2.ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ**

### **ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ САПР**

#### **2.1. Организация проектирования новой техники в САПР**

Функционирование САПР заключается в применении КСАП специалистами, проектирующими новую технику в целях наиболее эффективного выполнения этого процесса. При этом происходят существенные изменения традиционно сложившихся характера и условий труда специалистов - по сути формируется новая технология проектирования, ориентированная на интенсивное использование средств труда (КСАП), повышение его производительности.

В условиях САПР реализуется новая возможность - параллельно выполнять техническое проектирование и все экономические расчеты по создаваемому объекту. Наличие подсистемы технико-экономических расчетов в САПР позволяет автоматизировать выполнение функционально-стоимостного и технико-экономического анализа объекта проектирования.

Функционирование САПР требует определенных изменений организационной структуры НТО, основных подразделений, выполняющих НИОКР, а также обслуживающих их подразделений. Правильное решение организационно-экономических вопросов функционирования САПР во многом определяет его эффективность.

Как уже говорилось, в условиях функционирования САПР существенно изменяется традиционное представление о проектировании новой техники - порядке ее разработки, конструирования, технологической подготовки к производству.

Основные изменения касаются: состава работ на каждом этапе проектирования; функций работников, участвующих в процессе проектирования; их функциональных взаимосвязей, которые в большинстве операций опосредуются через КСАП; способа хранения информации и доступа к ней; оперативного режима работы специалистов. Таким образом, происходит изменение характера и условий труда специалистов.

Кроме качественных преобразований введение в процесс проектирования такого прин-

ципально нового, высокопроизводительного инструмента, как КСАП, несет с собой и количественные изменения труда разработчиков новой техники, вызывая повышение его интенсивности.

На стадии создания САПР должны быть учтены основные организационные требования к рабочим характеристикам системы. Удовлетворение этих требований позволяет заложить основу организации наиболее эффективного функционирования САПР, целью которого является создание действительно нового - конкурентоспособного и технологичного - изделия.

Процесс проектирования по существу является процессом *принятия решений* (табл. 2).

Таблица 2.

Проектирование объекта в САПР как процесс принятия решения

Составляющие процесса принятия решения	Формы его реализации в САПР	Этапы проектирования объекта в САПР
Формирование целей (мотивация) и информационных потребностей	Составление задания на проектирование и запроса на выявление аналога	Формирование ГЗ на проектирование объекта
Получение информации	Прием и анализ запроса на выявление аналога. Поиск аналога в базе данных	Разработка технического предложения
Анализ информации	Определение аналога и анализ возможности его использования	
Выявление проблемной ситуации	Формирование стратегии проектирования: доработка аналога или проведение оригинального проектирования	
Построение модели	Выбор и анализ моделей, входящих в состав САПР, из числа существующих или их построение. Пополнение базы моделей САПР	Разработка эскизного проекта
Разработка решений	Определение множества решений, позволяющих достичь цели	

	проектирования при заданных ограничениях	
Прогноз решений и их последствий	Выявление возможности решения; проверка конструкции на совместимость с другими конструкциями, на технологичность; выполнение технико-экономических и проверочных расчетов	Разработка технического проекта
Постановка задачи	Доработка аналога или оригинальное проектирование	
Поиск форм и процедур решения	Поиск ППП выбранного способа проектирования	
Выбор решения	Автоматизированное проектирование. Оценка первых результатов по критериям допустимости, достижения цели и качества	Выполнение рабочего проекта
Корректировка решения (в случае неадекватности модели)	Корректировка результатов проектирования на основе субъективных суждений о качестве и результатов проверки по критериям	
Реализация решения	Формирование проектных документов. Передача данных в АС реализации проектного решения в условиях функционирования комплекса АС (ИПК)	Изготовление рабочей документации

Часть работ на различных этапах автоматизированного проектирования выполняется по заданию или запросу в автоматическом режиме в соответствии с ППП или отдельными программами в составе комплекса. Однако более характерным для САПР является диалоговый режим работы специалиста с КСАП, позволяющий наиболее рационально сочетать творческие способности, знания и опыт специалиста с высокой производительностью выполнения формализованных операций средствами автоматизации.

Одним из важных достоинств САПР является то, что в ней все этапы проектирования

могут быть выполнены или, по крайней мере, проконтролированы ведущим специалистом. Однако опыт показывает, что более рациональным является формирование бригады специалистов различной квалификации. В связи с этим при создании САПР особенно тщательно должны быть отработаны средства защиты и контроля информации. Технология проектирования, заложенная в КСАП и определенная совокупностью средств методического и организационного обеспечения САПР, должна предусматривать участие специалистов различной квалификации на различных этапах проектирования.

Развитие бригадной формы организации труда специалистов происходит в неразрывной связи с широкой автоматизацией процессов «исследование - производство» и является ее важнейшим составным элементом в связи с тем, что одной из основных проблем эффективного функционирования САПР является проблема формализации знаний и взаимодействия специалистов, создающих новую технику, со специалистами в области вычислительной техники и систем обработки данных.

Создание бригад позволяет ликвидировать барьеры между отдельными подразделениями, упростить их взаимосвязи, сконцентрировать силы на основных вопросах ОКР и получить нестандартные их решения.

Бригады специалистов, как показывает практика, могут создаваться при существующих отделах с привлечением в них специалистов из других подразделений НТО. Бригады могут быть постоянно действующими или временными, иметь стабильный или переменный состав, что определяется характером выполняемых работ. При их организации особое внимание следует уделять подбору членов трудового коллектива, который осуществляет руководитель бригады.

Временные бригады создаются для разработки проекта нового изделия. Они могут включать: основного разработчика проекта; ведущих специалистов по отдельным частям проекта; программиста для оперативного ведения программного обеспечения, используемого при выполнении проекта; специалиста по базе данных САПР, ведущего данные, связанные с вы-

полнением определенного проекта; инженера или техника, который обслуживает АРМ и другие технические средства, входящие в САПР. Состав и численность такой бригады может изменяться в зависимости от сложности и объема проекта. Факт формирования бригад подобного типа должен быть определен соответствующим типовым положением о бригаде специалистов, которое конкретизируется применительно к отдельным ситуациям.

Для создания, ведения и развития САПР и входящих в нее АРМ формируются постоянные бригады, включающие идеологов - разработчиков методического и организационного обеспечения САПР; ведущих специалистов в области проектирования, подлежащей автоматизации; а также специалистов по созданию и развитию баз данных САПР; системных и прикладных программистов.

Нужно предусмотреть более или менее свободный регламент работы в САПР для творческих работников - «генераторов идей», определяющих качество принимаемых проектных решений, выделив так называемый «творческий терминал», свободный от текущих, регламентированных работ и предназначенный для анализа различных ситуаций, отработки идей, развития системы. Он должен иметь приоритет доступа к КСАП по сравнению с другими терминалами.

Технологический процесс проектирования нового изделия в САПР включает в разном составе, различной последовательности и объеме автоматизированное выполнение расчетных, графических и оформительских работ. В САПР изделий машиностроения в автоматизированном режиме выполняются следующие функции [11]:

информационное обеспечение конструирования - получение справочных данных о различных параметрах конструируемых изделий (деталей), применяемых материалов, комплектующих изделий; использование расчетных характеристик, документации на ранее спроектированные изделия (детали), стандартизированные изделия и типовых решений;

конструкторское моделирование - формирование и расчет моделей, описывающих конструкции и ситуации, при которых изделие подвергается испытаниям; трехмерная компоновка

изделий (деталей);

выполнение кинематических, прочностных, тепловых и других расчетов характеристик изделия;

формирование образа изделия как совокупности его частей и проверка их конструктивной и функциональной сопряженности;

выполнение сборочных чертежей отдельных узлов и всего изделия;

детализовка, конструирование деталей, выбор материалов и вида заготовок, генерация изображения деталей с расстановкой их размеров;

подготовка конструкторской документации, чертежей в соответствии с требованиями стандартов, редактирование инструкций и текстовой информации;

систематизация конструкторской информации в целях ее нормализации, хранения, поиска и выдачи исходных данных в АСУ;

организация накопления и хранения информации, ее изменения и использования;

редактирование и внесение необходимых изменений в конструкторскую документацию;

получение копий конструкторских документов, справочных материалов, типовых проектных решений и пр.;

учет, контроль и анализ выполнения исследовательских, конструкторских и технологических работ;

анализ эффективности использования КСАП в процессе автоматизированного проектирования.

## **2.2. Выполнение функционально-стоимостного и технико-экономического анализа объекта проектирования**

В условиях научно-технического прогресса значительно возросла роль технико-экономического обоснования разрабатываемых изделий и технологических процессов их из-

готовления. Новое изделие должно быть выполнено на высоком научно-техническом уровне и при этом иметь оптимальные экономические характеристики. Оно должно быть более эффективным, прогрессивным, чем то, которое заменяет.

Цель САПР состоит в повышении эффективности проектируемого изделия. Это достигается совершенствованием самого процесса проектирования, прежде всего - его системностью, непрерывностью, многовариантностью расчетов, оптимизацией параметров, использованием полной, достоверной базы данных, содержащей все необходимые нормативные и справочные данные (данные стандартов, сведения об унифицированных и типизированных элементах).

Большое значение для повышения качества разработки и проектирования имеет автоматическое изготовление чертежей и спецификаций, что резко сокращает брак технической документации и дает полную систему информации для экономической оценки нового изделия, разработанного в условиях функционирования САПР.

При традиционном подходе проектирование и экономический анализ разнесены во времени и пространстве, экономические расчеты лишь фиксируют результаты проектирования. В условиях САПР появляется возможность их параллельного, согласованного проведения за счет введения в состав САПР *подсистемы технико-экономических расчетов* (ТЭР) (табл. 3).

Таблица 3.

	<b>Состав подсистемы ТЭР</b>
<b>Часть подсистемы</b>	<b>Состав</b>
Функциональная	<i>Задачи:</i> определения проектной цены изделия на этапе оптимизации формирования калькуляции себестоимости изделия и его проектной цены; определения экономической эффективности изделия; формирования «технико-экономического паспорта» изделия; определения экономической эффективности функционирования САПР

Обеспечивающая	<p><i>Информационное обеспечение</i> - база данных:</p> <p>массив данных о комплектующих изделиях, включая цену и номер прейскуранта по каждой позиции; прейскурант цен на материалы; массив данных о технологических операциях;</p> <p>массив данных для нормирования трудозатрат; данные об удельном весе статей затрат калькуляции себестоимости (дополнительная заработная плата, отчисления на социальное страхование, цеховые и заводские накладные расходы, непроизводственные расходы, нормативы рентабельности и т. д.); технико-экономические параметры базового изделия или возможных базовых изделий; то же нового изделия (его технико-экономический паспорт)</p>
Обеспечивающая	<p><i>Методическое и организационно-экономическое обеспечение</i> - программы и инструкции для: уточнения и совершенствования методов экономических расчетов; поддержания экономико-математических моделей в актуальном состоянии;</p> <p>обеспечения тесной взаимосвязи между подсистемой ТЭР и другими подсистемами САПР;</p> <p>накопления и обработки статистических данных по разработкам;</p> <p>исследования влияния параметров изделий на их экономические показате-</p>

Включение в состав САПР подсистемы ТЭР дает возможность использовать на всех этапах исследования и проектирования метод *функционально-стоимостного анализа* (ФСА) для нахождения наиболее экономичных путей реализации функций нового изделия, вариантов конструкции и технологии, что позволяет сформировать единую целенаправленную систему технико-экономического проектирования оптимального нового изделия.

Известно, что не допустить потерь значительно проще и дешевле, чем затем, возмещать или сокращать их. По мере продвижения недостаточно обоснованного объекта от стадии исследования и проектирования к изготовлению и дальше - к эксплуатации происходит снижение экономического эффекта, рассчитанного на предпроектной стадии. Поэтому применение ФСА на стадии исследования и проектирования имеет чрезвычайно важное значение, а САПР создает для этого самые благоприятные условия.

В условиях функционирования САПР создается благоприятная почва для проведения ФСА, проявления следующих его характерных черт.

1. *Функциональный подход* - основа ФСА. Нужна ли вообще конкретная функция изделия в целом или отдельного его узла, детали - на этот вопрос отвечает человек-исследователь, проектировщик. ЭВМ может оказать ему существенную помощь, особенно при выборе вариантов реализации исследуемой функции, за счет использования множества программ, отрабатывающих различные функции, и большого статистического материала, накопленного в ходе проектирования, изготовления и эксплуатации аналогичных изделий. Кроме того, формализуя задачу проектирования для ее решения в САПР, проектировщик уже прибегает к функциональному подходу.

2. *Оригинальность решения*. Освобожденный от необходимости выполнения рутинных операций разработчик нового изделия может уделить больше внимания решению принципиальных, действительно творческих вопросов, что в конечном счете приводит к нахождению более рациональных, новых, подчас неожиданных путей решения проблемы.

3. *Системный подход*. Эта черта ФСА также органично присуща САПР. Процесс проектирования в САПР является непрерывным. Он имеет вход (задание и исходные данные, хранящиеся в базе данных, которые представляют собой ресурсы) и выход (техническая документация на изготовление нового изделия и его технико-экономический паспорт). В этом процессе осуществляется логическая взаимосвязь подсистем и этапов выполнения НИОКР.

4. *Универсальность*. Это свойство реализуется в САПР при включении ФСА в выполнение каждого этапа проектирования с сохранением общей цели - оптимизации результата с учетом затрат на его получение.

5. *Снижение затрат при повышении качества*. В САПР создаются наиболее благоприятные возможности одновременного решения двух, на первый взгляд, взаимно исключающих задач за счет включения в число критериев оптимальности нового изделия его проектной цены, контроля соблюдения этого критерия на каждом этапе проектирования, а также примене-

ния многовариантных расчетов.

6. *Органическое соединение инженерного и экономического подхода.* Только в условиях САПР можно преодолеть взаимное «непонимание» разработчиков и экономистов, провести одновременно инженерное и экономическое проектирование. При этом технико-экономическое проектирование выполняется как единый итерационный процесс, сходящийся к оптимальному варианту нового изделия. Исключается несогласованность или противоречивость исходных данных экономических расчетов, так как они формируются непосредственно в процессе проектирования.

7. *Нацеленность на сокращение будущих затрат.* Проведение ФСА на стадии исследования и проектирования уже само по себе реализует данное свойство, которое углубляется при поэтапном применении ФСА - начиная с эскизного проектирования и кончая выдачей готовой рабочей документации и программ для автоматических технологических линий, станков с ЧПУ и ГПС. Оно становится тем результативнее, чем полнее в базе данных представлены данные заводов - потенциальных изготовителей нового изделия и другая справочная информация, необходимая для определения будущих затрат.

В настоящее время ФСА признан самым эффективным методом технико-экономического анализа, и он непременно должен быть положен в основу организации САПР, только в этом случае можно ожидать достижения высокой эффективности от САПР.

Процесс технико-экономического проектирования нового изделия в САПР, все этапы которого включают элементы ФСА, может быть представлен блок-схемой (рис. 5).



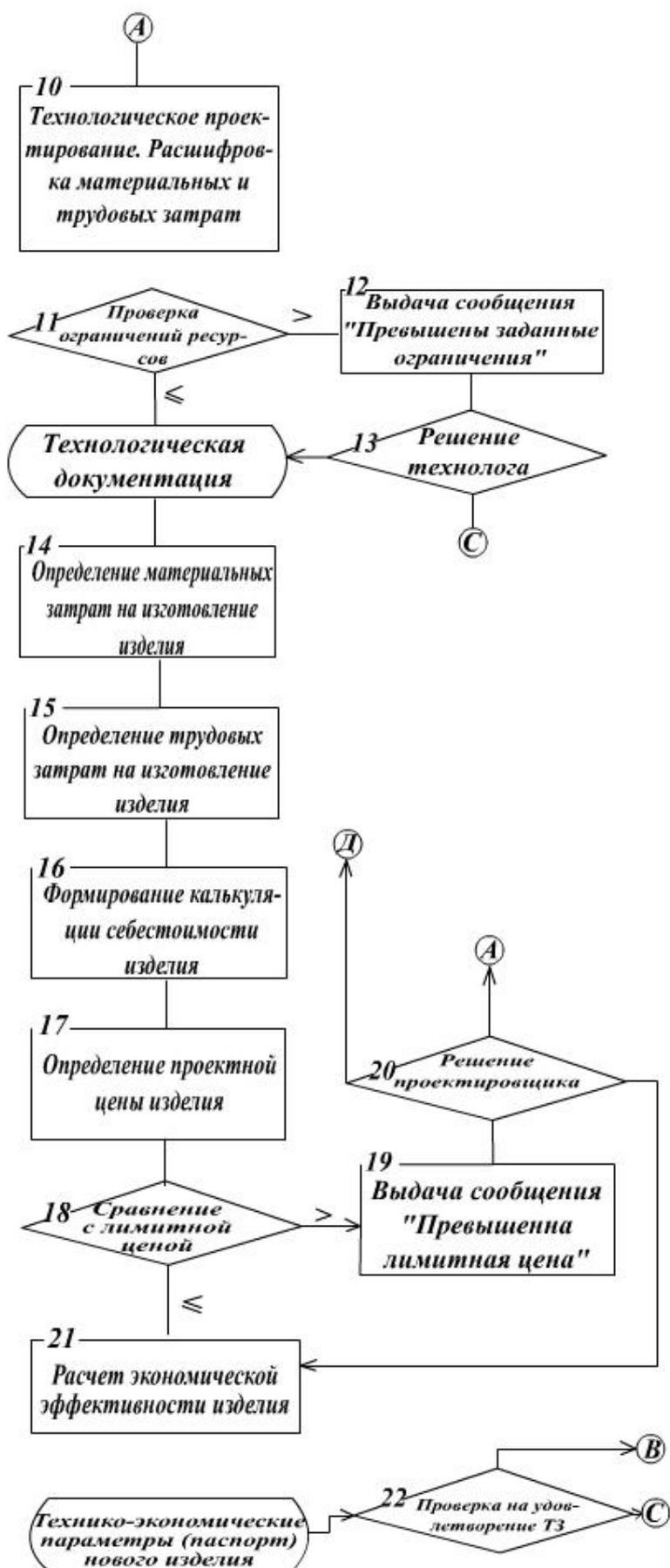


Рис. 5. Схема технико-экономического проектирования в САПР

Блоки 1-12 представляют процесс технического проектирования - начиная от задания исходных данных на разработку нового изделия и кончая выдачей с графопостроителей готовых рабочих чертежей, сопровождаемых автоматически сформированными спецификациями и технологической документацией, а также машинными носителями рабочей информации для изготовления изделий в условиях ГПС и на станках с ЧПУ. Включение в блоки технического проектирования экономических расчетов, а также дополнение схемы процесса специальными блоками экономических расчетов превращает его в технико-экономическое проектирование нового изделия с оптимизацией по проектной цене.

Функционирование подсистемы ТЭР в составе САПР обеспечивает единство технического и экономического аспектов процесса проектирования. Согласно блок-схеме, изображенной на рис. 5. ФСА осуществляется в несколько этапов, частично в автоматическом, но в основном в диалоговом режиме: анализ выполняет ЭВМ, а решение о продолжении проектирования с соответствующим изменением его хода принимает специалист, проектирующий данный класс изделий.

В процессе технико-экономического проектирования нового-изделия на основе ФСА можно выделить восемь этапов.

1. Выбор принципа нового изделия - используются отдельные программы САПР.
2. Выбор конструкции изделия и его размеров для реализации заданной функции в пределах лимитной цены. В диалоговом режиме по программам расчета различных конфигураций деталей и изделий-аналогов определяется ориентировочная проектная цена изделия и сравнивается с заданной лимитной ценой. В зависимости от результата сравнения проектировщик по сообщению ЭВМ может либо продолжить ход процесса проектирования, либо возвратиться на предыдущий этап для внесения соответствующих корректив.
3. Выбор комплектующих изделий, удовлетворяющих как конструктивному решению, так и критерию минимума затрат. С использованием ИПС производится вариантное сравнение затрат на комплектующие изделия, в том числе с учетом их дефицитности.

4. Выдача конструкторской документации с необходимой степенью детализации с учетом ее назначения и требования технологичности конструкции.

5. Выбор по критерию минимальных затрат технологического решения для принятой конструкции, проверка на дефицитность материальных и трудовых ресурсов.

6. Выдача только необходимой технологической документации.

7. Контроль процесса проектирования по результату сравнения рассчитанной проектной цены нового изделия и заданной лимитной цены.

8. Проверка соответствия технико-экономических параметров спроектированного изделия требованиям ТЗ.

В результате на печать выводится технико-экономический паспорт нового изделия, содержащий основные технические и экономические параметры его и результаты их сравнения с параметрами изделия, принятого на базовое. Кроме того, формируются исходные данные (удельный вес затрат, функциональные зависимости и др.) для работы модели на стадии оптимизации при последующих расчетах, т. е. при разработке новых изделий, для которых базовым будет служить спроектированное. Таким образом подготавливаются исходные данные для дальнейшей работы системы и ее развития.

### **2.3 Влияние САПР на организационную структуру отраслевой НТО**

САПР является сложной организационно-технологической системой, связывающей через процесс автоматизированного проектирования различные подразделения научно-технической организации (НТО). Внедрение САПР в деятельность НТО, изменяя традиционную технологию исследования и проектирования, требует пересмотра сложившихся представлений, изменения организационной структуры отделов, участвующих в основном процессе выполнения НИОКР, некоторого изменения их взаимосвязей, существенной перестройки вспомогательных подразделений, в том числе создания новых служб, формирования современной си-

стемы управления на базе использования ЭВМ.

Особенно заметное влияние САПР оказывает на организационную структуру отраслевой НТО. В отраслевой НТО САПР не только участвует в процессе выполнения НИОКР, но и создается, т. е. проходит все стадии жизненного цикла от исследования и проектирования до функционирования. В связи с этим в отраслевой НТО, создающей САПР, дополнительно должны быть сформированы специальные подразделения и определены специальные функции и связи.

При этом под *организационной структурой* понимается состав подразделений и взаимосвязь между ними в соответствии с выполняемыми функциями. Организационная структура должна быть экономичной, гибкой, удовлетворять назначению НТО и обеспечивать оперативное взаимодействие подразделений. Она определяет формы планирования и распределения работ, способы их координации, влияет на методы оценки вклада каждого подразделения и работника в достижение конечных результатов НТО.

Одна из важнейших особенностей САПР заключается в развитии разделения и кооперации труда. В зависимости от вида и характера работ, выполняемых в НТО, научно-производственные процессы (НПП) подразделяют на: *основные* - комплекс работ, связанных с выполнением НИОКР в соответствии с тематическим планом; *вспомогательные* - обеспечение основных подразделений необходимой информацией, размножение и изготовление документации, редакционно-издательские процессы и т. д.; *обслуживающие* - материально-техническое и хозяйственное обеспечение основных и вспомогательных подразделений [6].

САПР требует существенного изменения технологии основного НПП, перераспределения функций между участниками этого процесса, а также между специалистами и комплексом средств автоматизации процесса исследования и проектирования. В работе проектировщика повышается удельный вес творческих, принципиальных функций (выбор новых принципов, алгоритмов, конструкций; принятие решения и т. д.) за счет резкого снижения доли рутинных операций (расчеты по отработанным алгоритмам, вычерчивание чертежей деталей и изделий

повторяющейся формы, составление спецификаций к сборочным чертежам и т. д.). Это вызывает необходимость изменения численности и профессионально-квалификационного состава основных подразделений НТО, пересмотра положений о подразделениях и должностных инструкций работников.

Одна из особенностей функционирования САПР состоит в том, что большинство вспомогательных операций, например связанных с поиском информации и изготовлением технической документации, вливаются в основной НПП, обуславливая высвобождение работников, традиционно выполнявших вспомогательный НПП. Однако это не означает ликвидации вспомогательных НПП, просто изменяются функции вспомогательных подразделений. Теперь основная цель их деятельности заключается в сборе и систематизации информации нормативного и справочного характера (данные о стандартизации и типизации, патентная информация, данные заводов-изготовителей и т. д.) для создания и поддержания в актуальном состоянии полной и достоверной базы данных САПР, а также создании и ведении других видов обеспечения САПР. Соответственно в составе вспомогательных подразделений увеличивается доля работников, выполняющих эти функции. Часть вспомогательных подразделений включается в состав службы САПР, а другая часть - в состав информационно-вычислительного центра (ИВЦ), обеспечивающего функционирование различных АС и их комплекса.

Что касается обслуживающих НПП, то на них меньше отражается влияние САПР. Оно проявляется в некотором изменении характера заявок, поступающих от основных и вспомогательных подразделений, в повышении четкости и ритмичности обслуживания в связи с увеличением скорости выполнения основного НПП, улучшении качества обслуживания подразделений, работающих в условиях систем высокой технической культуры, какими являются САПР и другие автоматизированные системы НТО.

САПР оказывает некоторое влияние на структуру и функции производственных подразделений, не изменяя их в целом. Существенно повышается уровень технологии опытного производства, его организации и культуры за счет улучшения качества технической документации,

лучшей конструкторской и технологической проработки нового изделия в САПР до этапа опытного производства.

Определенные изменения в условиях функционирования САПР претерпевает также деятельность управленческих подразделений: прежде всего, возникает необходимость автоматизации управленческих функций, особенно оперативного управления исследованиями и проектированием, создания одновременно с САПР автоматизированной системы управления разработками (АСУР).

Исследование возможных изменений организационной структуры и функций подразделений НТО вследствие внедрения САПР в НПП показало следующее.

1. Существовавшая ранее организационная структура НТО в основном сохраняется.
2. Не меняются представления о рациональности принятых типов оргструктур, в частности - о прогрессивности матричной структуры, в которую хорошо вписывается целевое направление создания и развития САПР по всем объектам, разрабатываемым в НТО.
3. Сохраняют свою силу принципы категоричности, иерархии и управляемости при установлении правильных размеров подразделений, входящих в НТО. Более того - изменения, которые внедрение САПР вносит в организационную структуру НТО, обосновываются необходимостью соблюдения этих принципов.
4. Возникает необходимость пересмотра положений о подразделениях и должностных инструкций работников в связи с изменением технологических процессов выполнения НИОКР. Внедрение САПР должно сопровождаться разработкой типовых автоматизированных технологических процессов выполнения НИОКР.

Несколько изменяется численность и квалификационный состав персонала подразделений в связи с изменением характера и объема выполняемых работ, числа ступеней подчинения, организации и характера системы обслуживания, необходимой плотности информационных «связей» внутри подразделения, принципа организационного построения и научной управляемости. Конкретные предложения по определению рациональной численности и состава персонала

подразделений НТО в условиях функционирования САПР могут быть сформулированы лишь при наличии достаточного объема статистических данных о распределении трудоемкости по видам и этапам работ, а также по категориям работников. Однако в целом можно отметить, что в условиях функционирования САПР *существенно увеличивается доля теоретической разработки и обоснования параметров нового изделия* в общем объеме работ по его созданию. Соответственно целесообразно увеличение доли высококвалифицированных работников, в частности - научно-исследовательской группы, и уменьшение доли вспомогательного персонала. В целом по НТО соотношение численности групп научно-производственного персонала примерно сохраняется, так как большая часть научно-технического и научно-вспомогательного персонала сосредоточивается в группе эксплуатации ИВЦ.

6. В НТО, внедряющей САПР определенных объектов проектирования, на период создания и внедрения САПР целесообразно формировать комплексные и творческие бригады из научных работников, конструкторов, технологов, экономистов, возглавляемые руководителем системы, который осуществляет контакты с линейными руководителями. В основных подразделениях, внедряющих САПР, назначаются ответственные лица и организуются группы специалистов, обеспечивающих функционирование и развитие подсистем и компонентов САПР в соответствии со специализацией этих подразделений.

7. В НТО, выполняющей работы по созданию отраслевых САПР и их внедрению в НПП, следует создавать специальное подразделение САПР, разработав положение, определяющее его структуру и схему взаимосвязей с другими подразделениями НТО. Основная задача подразделения САПР в отраслевой НТО-проведение единой технической политики по разработке систем в организациях отрасли. Подразделение САПР обеспечивает создание, сопровождение и развитие САПР в НТО. Оно может привлекать в качестве исполнителей при формировании объектно-ориентированных подсистем основные подразделения, в которых создается САПР.

Проведение исследования, изучение официальных материалов по САПР, а также обобщение опыта функционирования подразделений САПР НТО позволили сформулировать общие

рекомендации по определению места подразделения САПР в организационной структуре НТО и его составу.

В соответствии с типовой иерархической организационной структурой НТО подразделение САПР может иметь статус сектора или отдела, а входящие в него подразделения - статус группы или сектор а.

Исходя из комплексного характера автоматизации процесса создания новой техники целесообразно все службы, связанные с созданием АС, объединить в отдел автоматизации и включить его в отделение развития НТО. На рис. 6 представлен один из возможных вариантов структурной схемы такого отделения.

Рекомендация о формировании специального отделения развития НТО продиктована следующими соображениями.

1. Каждый из отделов, входящих в данное отделение (перспективного планирования, технико-экономических исследований и ФСА, автоматизации и др.), призван решать задачи перспективного характера, направленные на совершенствование деятельности НТО, интенсификацию исследований и проектирования, а также всего жизненного цикла изделий.

2. Ни один из этих специализированных отделов не может решить все задачи, входящие в указанную проблему.

3. Все эти отделы выполняют свои функции с использованием единой отраслевой базы данных, при этом ИВЦ является основным структурным элементом системы развития НТО на основе автоматизации всех сторон его деятельности.

4. Совокупность отделов, входящих в отделение развития НТО, должна быть необходимой и достаточной для реализации целевой программы развития организации, поэтому в данное отделение могут быть включены и другие отделы, определяющие развитие НТО.

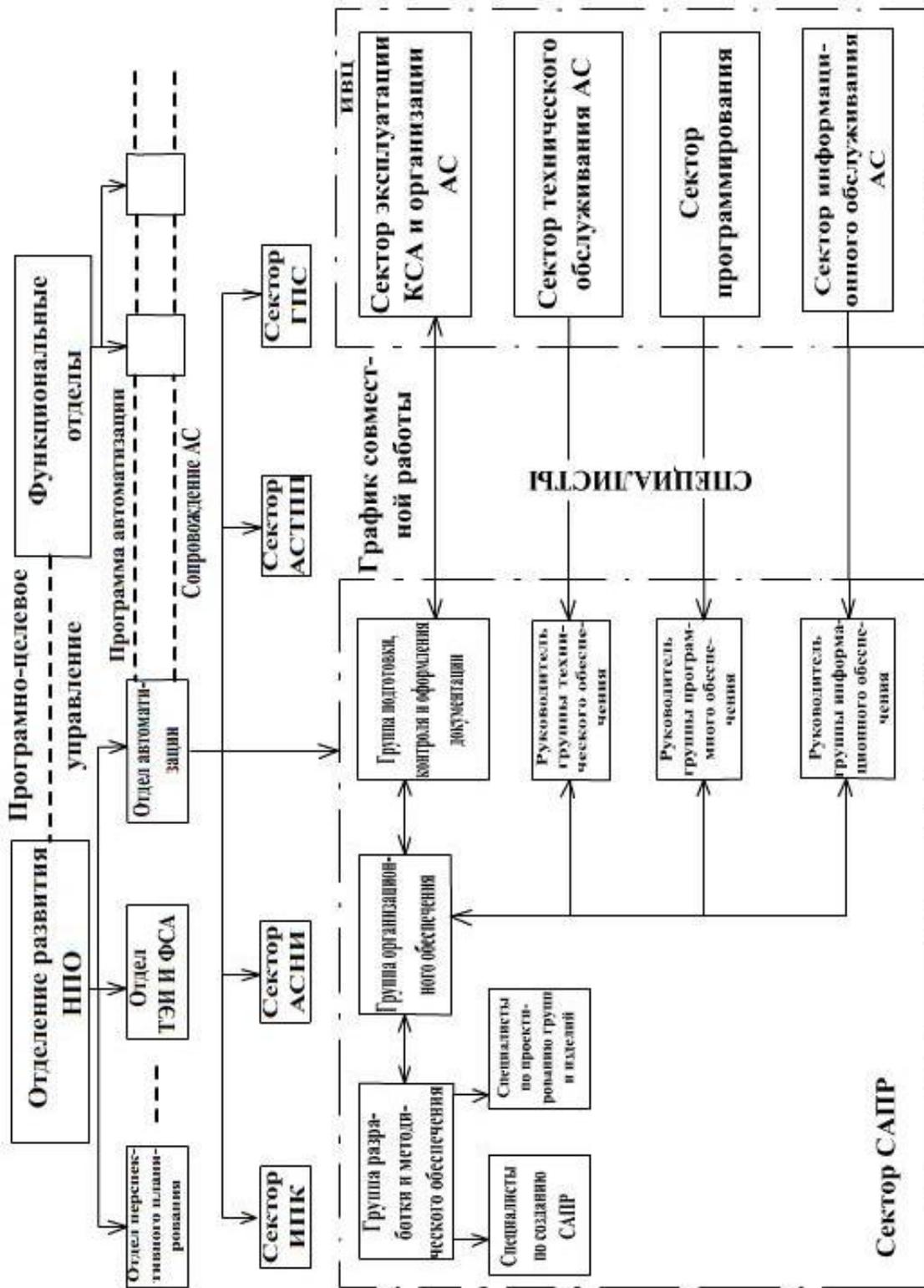


Рис. 6. Место службы САПР в организационной структуре

Рациональная численность работников сектора САПР составляет 30-50 чел. С учетом разбиения сектора на группы при такой численности выдерживается принцип научной управляемости, под которым понимается возможность руководителя фактически осуществлять научное руководство и контроль за работой подразделений или непосредственных исполнителей. Особое внимание следует уделять подбору кадров в сектор САПР и в специальные группы основных отделов, чтобы не скомпрометировать прогрессивное высокоэффективное мероприятие, каким является создание и развитие САПР. Персонал сектора САПР в основном (на 80-85%) должны составлять специалисты с высшим образованием. Желательно, чтобы они имели практический опыт работы по своей специальности и выраженные склонности к творческой работе. Это пожелание особенно относится к руководителям сектора и групп, а также к специалистам по объектам проектирования. Для преодоления возможного и неизбежного психологического барьера у руководителей НТО и работников отделов, не знакомых с САПР, важное значение имеет их ознакомление с основами САПР, пропаганда опыта работы.

Для реализации решения о создании САПР в отраслевой НТО руководством министерства и НТО принимаются следующие меры экономического и кадрового обеспечения этих работ [18], устанавливаются формы морального и материального стимулирования, определяется ориентировочный объем затрат на создание САПР; выделяются средства на проведение подготовительных работ, в том числе для оплаты договоров с организациями-исполнителями; организуется обучение и стажировка специалистов НТО в целях привлечения их к созданию САПР и работе в условиях ее функционирования. Начало создания САПР оформляется приказом по министерству и НТО. Совершенствование организационной структуры НТО в связи с созданием САПР осуществляется по мере ввода в действие подсистем САПР, автоматизирующих исследование и проектирование новых изделий, в основных подразделениях НТО.

### 3. ЭФФЕКТИВНОСТЬ САПР

#### 3.1. Понятие эффективности САПР

Планирование процессов создания и функционирования САПР, а также управления ими, с одной стороны, существенно зависит от эффективности создаваемой и функционирующей системы, с другой - во многом определяет ее. Оценка эффективности САПР необходима не столько для фиксации соотношения произведенных затрат и полученных результатов, сколько для определения форм и методов эффективного создания САПР, а затем эффективного ее функционирования. Знание механизма формирования эффективности САПР необходимо не только экономистам, но и разработчикам САПР, а также специалистам, работающим в ней и обслуживающим ее.

Понятие *эффективность САПР* можно рассматривать через более общее - *эффективность системы*, которое определяется как числовой показатель, характеризующий качество ее работы в заданных условиях применения. В общем случае эффективность системы можно представить как функцию, достигающую максимального значения (1) в «идеальных» условиях. Для этого необходимо выявить для каждой конкретной системы такие «идеальные» условия, а также факторы, их изменяющие и снижающие эффективность системы. Выполнить подобное исследование можно с помощью *имитационного моделирования* - основного практического метода оценки эффективности системы.

Качество работы системы ( $E$ ) по существу определяется ее НТУ ( $Y$ ), а условия функционирования - затратами различных ресурсов на создание и поддержание этих условий (3) (рис. 7). В кибернетическом толковании  $E_k = f(Y, Z)$ ,  $0 \leq E_k \leq 1$ . При разных значениях  $Y$  требуются разные  $Z_{\text{опт}}$  для получения  $E_k = 1$ .

В экономическом смысле как результат, так и затраты при соответствующем приведении могут быть представлены в стоимостном выражении, в рублях. При этом экономическая эффективность системы  $E_э$  (сум/год)/сум., как известно [18], определяется отношением годовой экономии (прибыли), получаемой в результате работы системы  $\mathcal{E}$  (сум./год), к суммарным за-

тратам на ее создание  $Z$  (сум.), т.е.



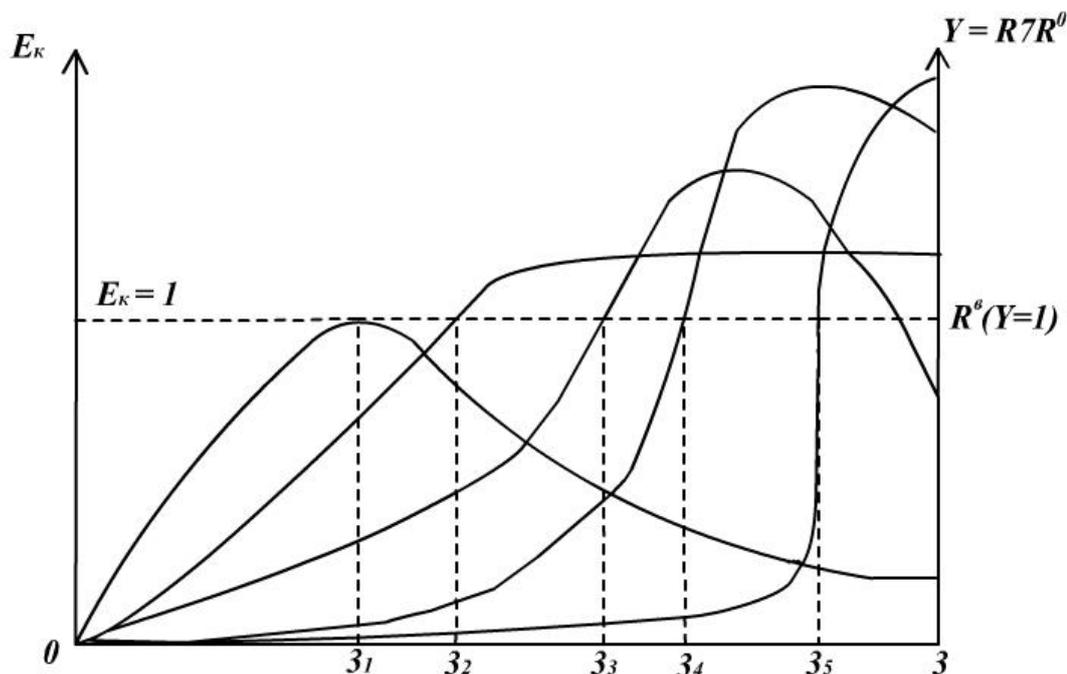
Рис. 7. Эффективность САПР в кибернетическом и экономическом смысле.

$E = \mathcal{E}/Z$ . (1) Задача получения максимальной экономической эффективности системы сводится к достижению  $\max E$ , как правило - при заданном или ограниченном значении  $Z$ .

Обычно, в том числе и применительно САПР, экономическая эффективность системы оценивается именно в стоимостном выражении по формуле (1) с детализацией ее составляющих является САПР, не позволяет учесть НТУ системы и качество ее исполнения, которые при одних и тех же затратах могут быть разными.

НТУ САПР при определенных затратах по сути представляет эффективность системы в кибернетическом смысле. Для САПР различного НТУ «идеальные» условия, характеризуемые оптимальными затратами, будут разными (рис. 8): чем больше рост НТУ опережает рост затрат на его получение, тем меньше значение  $Z_{\text{опт}}$ , при котором достигается максимальная эффективность системы ( $E_k = 1$ ).

Следует различать эффективность создания САПР и эффективность ее функционирования (рис. 9).



**Рис. 8. График зависимости НТУ и эффективности САПР от затрат на создание системы в различных её вариантах**

Процесс создания САПР (исследование и проектирование системы, изготовление КСАП и пуск его в эксплуатацию, организация функционирования САПР) можно рассматривать, с одной стороны, как процесс создания новой техники, с другой - как формирование системы управления проектированием по новой технологии, в целом - как этап НТП.

В первом случае в процессе создания САПР можно выделить все известные стадии создания объекта новой техники, которые должны осуществляться в соответствии с разработанными и зафиксированными в стандартах требованиями, принципами и т. д. Тип производства САПР, как правило, единичный, хотя можно представить и серийное производство малых САПР широкого назначения на основе АРМ.

Рассматривая САПР как объект новой техники, для определения ее эффективности можно воспользоваться общими положениями. Безусловно, при этом должна учитываться специфика САПР, в частности, то, что в ее состав кроме технических входят программные, информационные и другие средства автоматизации. Это обстоятельство заставляет вносить

коррективы в расчеты различных показателей, связанных с эффективностью системы.

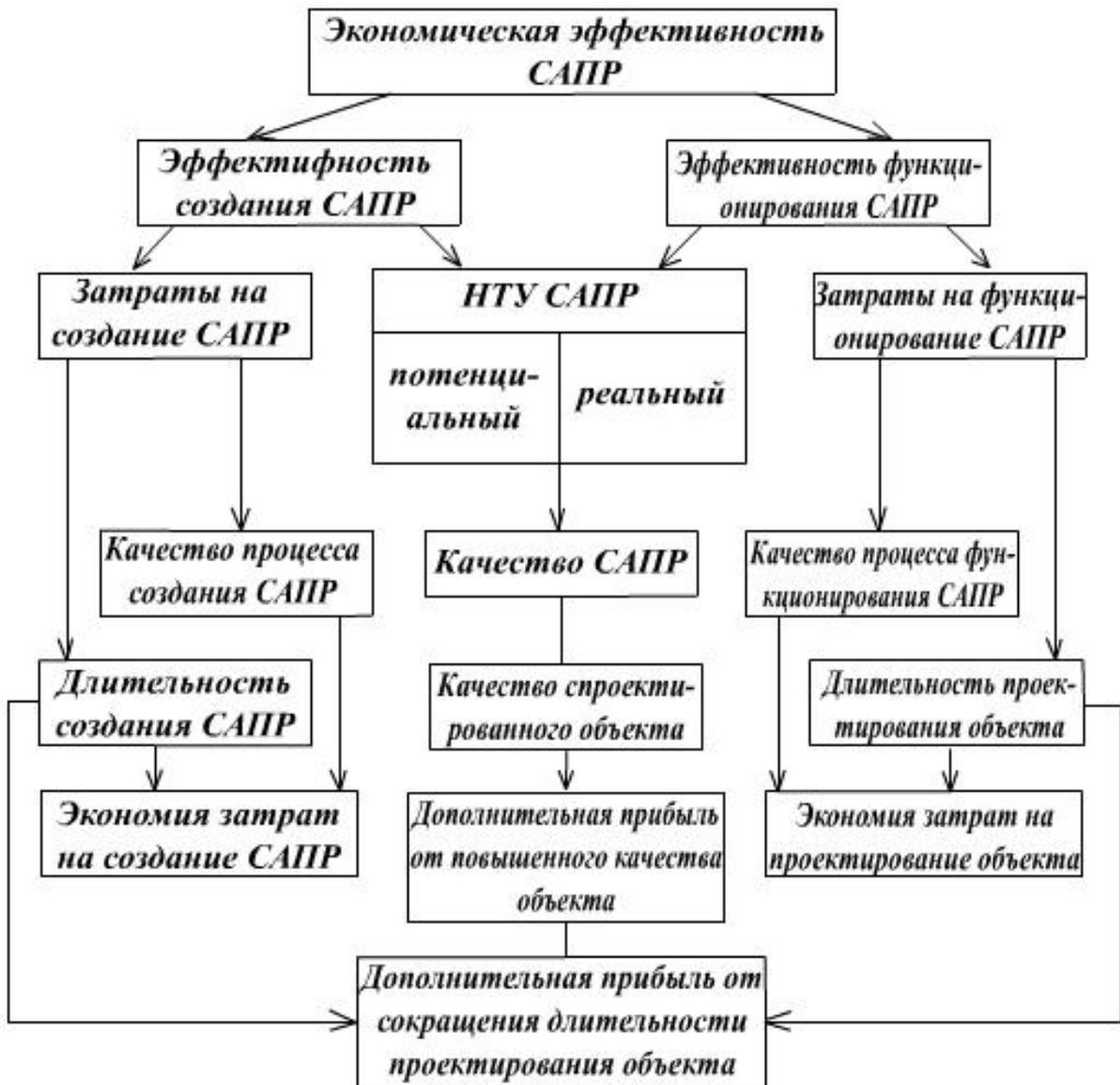


Рис.9. Экономическая эффективность создания и функционирования САПР

Однако САПР нельзя отождествлять с КСАП, процесс создания которого может быть типовым и подчиняться общим нормативным требованиям. Оценивая САПР как систему управления процессом проектирования заданного класса объектов, необходимо учитывать, что кроме КСАП в САПР входят люди-специалисты по проектированию объектов новой техники и обслуживанию системы; а также руководители и администраторы. Таким образом, в САПР создаются как средства проектирования, так и система управления этими средствами - автома-

тизируемая система проектирования. Этот процесс похож на создание автоматической линии, только вместо средств автоматического управления здесь фигурируют средства автоматизированного управления процессом, т. е. управления с участием человека.

Рассмотрение эффективности САПР, как с кибернетической, так и экономической позиций позволяет предложить следующий порядок *определения экономической эффективности создания САПР*.

1. Определить качество САПР, необходимое для конкретных условий ее функционирования или для достижения максимального уровня  $E_k = 1$ .

2. Построить семейство кривых для различных вариантов зависимостей НТУ САПР от затрат на ее создание  $Z$ . (В составе автоматизированных средств создания САПР необходимо иметь такие, которые позволяют рассчитать показатели НТУ САПР и построить графики типа изображенных на рис. 8).

3. Если задана величина  $Z$ , то по этим графикам (см. рис. 8) найти ближайшее значение  $Z_{\text{опт}i} \leq Z_{\text{зад}}$  и по нему соответствующий вариант построения системы: точка пересечения линий  $E_k = 1$  и  $Z_{\text{опт}}$  лежит на кривой данного варианта и наоборот - если выбран вариант построения САПР, т. е. соответствующая кривая на графике, то по точке пересечения данной кривой  $E_k = 1$ , находим значение  $Z_{\text{опт}}$ . Если полученное таким образом, значение оказывается неприемлемым, а изменение варианту САПР по составу невозможно, то делается вывод, что создаваемая система будет иметь эффективность, меньшую 1, а по заданной величине  $Z$  можно на графике определить возможный уровень эффективности системы.

4. По заданному или определенному значению  $Z$  и выбранному или заданному варианту САПР рассчитать потенциально возможную экономию  $\mathcal{E}$ , которая может быть получена при функционировании САПР в конкретной системе проектирования.

5. Исходя из известных экономии и затрат, рассчитать показатель экономической эффективности  $E_e$  и срок окупаемости затрат на создание САПР  $T_{\text{ок}}$ .

Рассчитанные указанным способом показатели НТУ, кибернетической и экономической

эффективности являются паспортными данными созданной САПР, с которыми должны сопоставляться соответствующие данные, полученные при функционировании САПР в реальных условиях.

На этапе функционирования оценка эффективности САПР заключается в сопоставлении результатов проектирования определенного класса объектов в САПР с традиционными, «ручными» методами или в сравнении с результатами, полученными в другой САПР, если один вариант системы заменяется другим.

Подчеркнем еще раз принципиальное различие: на этапе создания САПР является объектом проектирования, в то время как в процессе функционирования она выступает в роли среды, в которой осуществляется проектирование нового изделия. САПР, в отличие от КСАП, включает средства и предметы труда, а также сам труд. Эти три неотъемлемые составляющие системы любого производства (кроме полностью автоматического), в том числе системы автоматизированного проектирования, должны присутствовать в расчетах эффективности ее функционирования.

Аналогично изложенному выше для создания САПР можно рекомендовать следующий порядок оценки *экономической эффективности функционирования САПР*.

1. Построить график зависимости качества функционирования САПР (в баллах, как при определении НТУ) от текущих затрат на функционирование САПР и определить уровень  $E_k = 1$  (см. рис. 9) с помощью автоматизированных средств выполнения расчетов и построения графиков, включенных с этой целью в состав САПР.

2. На графике построить зависимости для сравниваемых вариантов систем проектирования.

3. По графику определить ориентировочные значения текущих затрат для разных ситуаций функционирования САПР, которые затем уточняются расчетами.

При сравнении вариантов по текущим затратам может оказаться, что: а) выбранный при создании вариант САПР не приводит к значительному снижению текущих затрат; б) ка-

чество функционирующей САПР ниже проектного; в) в реальных условиях работы САПР не достигается максимальный уровень ее эффективности. Могут выявиться и другие отклонения от проекта САПР.

С помощью графиков удобно проводить исследования, связанные с эффективностью САПР, особенно если в составе средств проектирования САПР предусмотрен *аппарат имитационного моделирования влияния различных факторов на эффективность создаваемой и функционирующей САПР*.

САПР как система проектирования новой техники характеризуется определенным жизненным циклом, включающим, как уже отмечалось, стадии: 1) исследования и проектирования САПР; 2) изготовления - создания КСАП и формирования на его основе САПР; 3) обращения (применительно к САПР как системе, включающей КТС и ПО, - сопровождения); 4) функционирования в соответствии с заданной целью.

При ориентации на проектирование новых изделий в САПР и изготовление их в ГПС в жизненном цикле изделий появляется стадия создания условий для его эффективного осуществления путем формирования или адаптации соответствующих автоматизированных систем (САПР, АСТПП, ГПС и др.). Выполнение работ на данной стадии будет тем эффективнее, чем большее число новых изделий и процессов будет охвачено этими системами, что, конечно, не отменяет специализации систем по классам изделий.

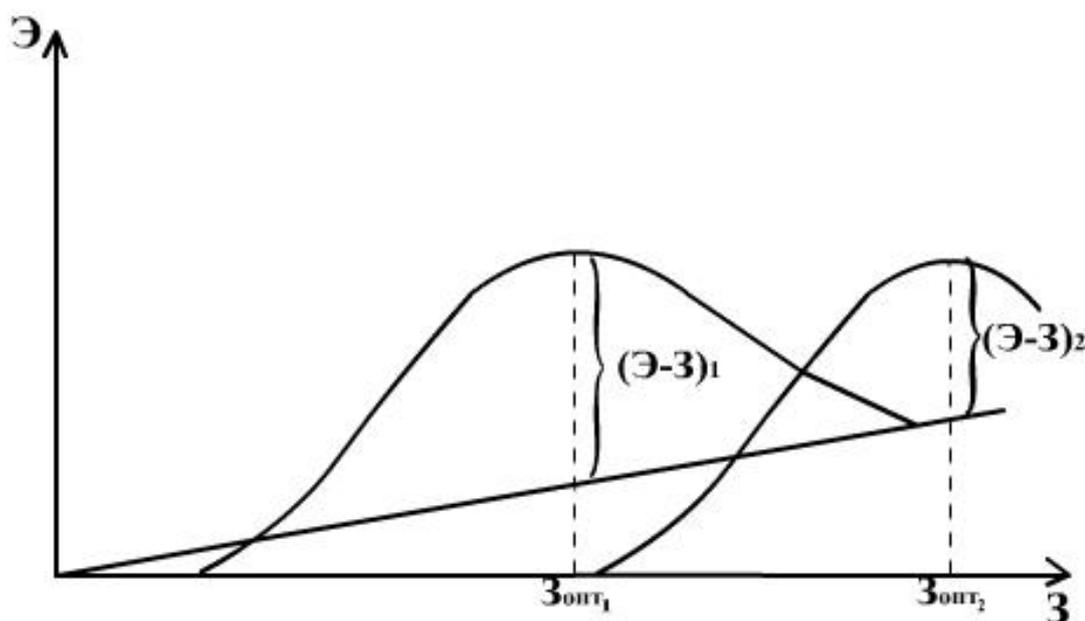
4. В связи с тем, что САПР относится к тому типу современных организационно-технических систем, для которых характерно очень быстрое развитие методов и средств, в них особенно взыскательно нужно подходить к выбору, планированию и реализации *стратегии осуществления затрат* в целях повышения производительности и эффективности системы. Как правило, в момент начала функционирования САПР она определена в таком варианте, который без принципиальных изменений может наращиваться и совершенствоваться в процессе развития системы.

Стратегия затрат должна учитывать, с одной стороны, революционный характер созда-

ния САПР, коренным образом изменяющий традиционный процесс проектирования, с другой - эволюционный характер ее развития, предполагающий периодическое вложение средств в актуализацию системы и повышение ее изменяющейся со временем эффективности.

При этом могут использоваться следующие варианты *критериев выбора средств системы*: 1) максимум производительности  $\Pi$  при ограниченных затратах  $З$ ; 2) минимум  $З$  при ограниченной  $\Pi$ ; 3) максимум отношения  $\Pi/З$ ; 4) максимум разности экономии  $\mathcal{E}$  и затрат; 5) критерии смешанных стратегий.

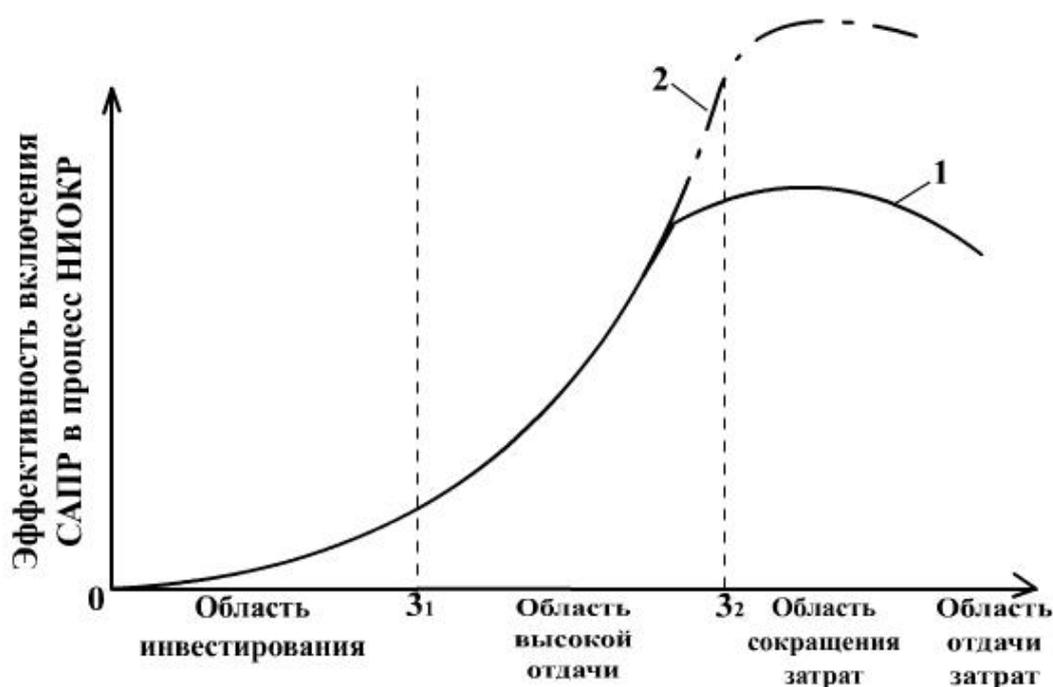
На рис. 10 показаны качественные зависимости роста эффективности системы при увеличении затрат на систему. Так, вариант 2 требует больших первоначальных затрат, чем вариант 1, но позволяет получить значительный эффект, вариант 1 уже не дает прибавления эффекта (5 - прямая, соответствующая равенству величин  $\mathcal{E}$  и  $З$ ).



**Рис.10. График зависимости экономии, достигаемой в САПР, от затрат на её создание**

Для создания эффективной САПР требуется тщательный анализ *выбора средств автоматизации, включаемых в систему на разных этапах ее создания и развития*. Например, дорогостоящими излишествами в ряде случаев являются мгновенный ответ, абсолютная точность, средства искусственного интеллекта, диалоговая многоцветная графика, универсаль-

ность системы и др. Однако ни в коем случае нельзя считать излишними средства, обеспечивающие простой и надежный ввод большого объема данных (препроцессоры ввода), а также средства вывода сообщений об особых ситуациях, избавляющие специалиста от необходимости анализа огромного количества распечаток (постпроцессоры вывода). Кроме того, полезными являются средства, обеспечивающие модульность и защиту информации, средства измерения, диагностики, резервирования, восстановления и другие, повышающие качество КСАП и эффективность САПР.



**Рис. 11. Изменение эффективности включения САПР в процесс НИОКР в зависимости от отдачи затрат**

Для каждого возможного средства необходимо определить его вклад в эффективность САПР и в затраты на разработку системы. Если рассчитанные для анализируемого средства значения приходятся на участок сокращения отдачи производственной функции  $q=f(z)$  (рис. 11), то оно является излишним и от него следует отказаться. Если же они попадают на участок инвестирования или высокой отдачи, то данное средство нужно включить в состав КСАП. На рис. 11 показана производственная функция САПР (1) и кривая, характеризующая стратегию ее

поддержания в области сокращения отдачи затрат за счет включения дополнительных средств в систему (2). В области инвестирования разработки САПР целесообразно включать в систему основные системные средства (ОС, СУБД и др.), средства, реализующие базовые прикладные функции, в области высокой отдачи затрат - реализовать основные прикладные функции, в области сокращения отдачи затрат - вводить средства искусственного интеллекта, второстепенные прикладные функции.

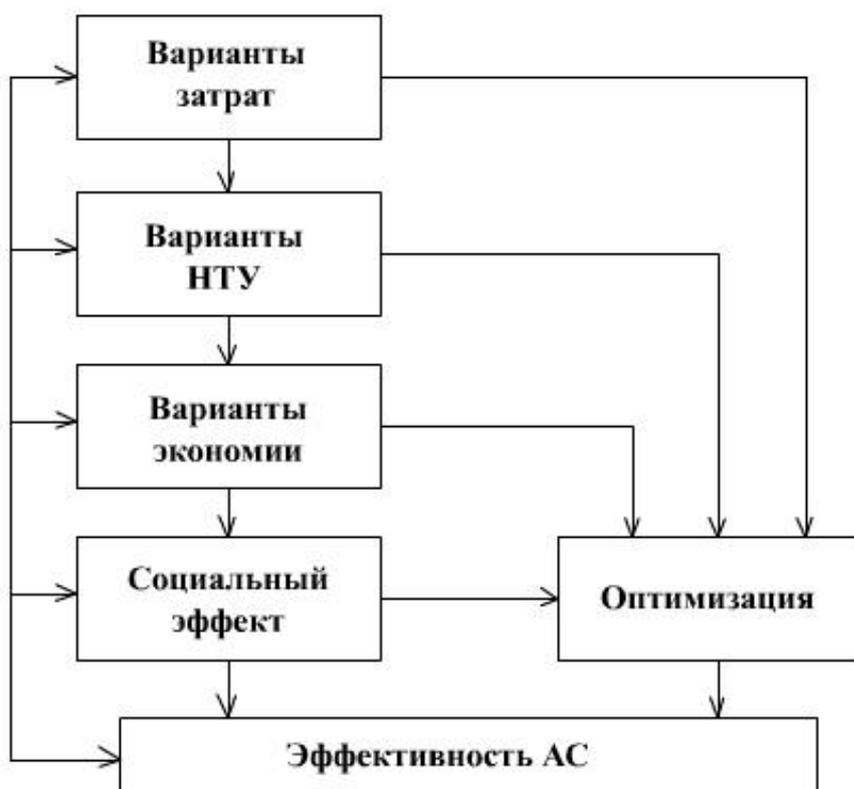
Следует отметить, что величины  $Z_1$  и  $Z_2$ , определяющие области отдачи затрат, неодинаковы для различных систем. Их важно знать в каждом конкретном случае, чтобы, своевременно и в нужном объеме включать средства повышения эффективности системы.

### **3.2 Экономическая эффективность комплекса автоматизированных систем создания новой техники**

В соответствии со сложившимся подходом к определению экономической эффективности новой техники результаты ее создания характеризуются экономией, получаемой на оцениваемом объекте по сравнению с базовым. В связи с этим теоретическая и практическая сложность оценки экономической эффективности АС заключается в подборе и разработке *методов определения результатов автоматизации в виде получаемой экономии*, а также в *правильном сопоставлении достигаемой экономии с произведенными затратами*. Кроме того, определенную сложность при расчетах вызывает разновременность затрат и результатов, необходимость учета динамических зависимостей экономических результатов от затрат на их достижение.

Для того чтобы показатели эффективности АС можно было использовать в управлении созданием, функционированием и развитием АС и их комплекса, они должны быть включены в механизм формирования эффективных систем. Это означает, что аппарат оценки эффективности АС должен включать анализ различных вариантов факторов, влияющих на значение

эффективности АС. С этой целью расчеты эффективности должны выполняться по многовариантной схеме, включающей оптимизацию по критерию достижения максимального значения показателя экономической эффективности. Кроме того, здесь необходимо также учитывать социальный эффект, численное значение которого в ряде случаев трудно или невозможно рассчитать. Общая схема механизма формирования эффективности АС и ее управляющего воздействия в системе показана на рис. 12.



**Рис. 12.** Схема механизма формирования эффективности АС и её управляющего воздействия в системе

Экономическая эффективность комплекса АС будет максимальной при следующих условиях: 1) максимальной эффективности каждой отдельной системы; 2) максимальной эффективности трансляции с выходного языка предыдущей системы на входной язык последующей [22], т. е. совместности систем, входящих в комплекс; 3) минимальных затратах на комплексную автоматизацию, т. е. ликвидации дублирования затрат на аналогичные работы в рам-

ках отдельных систем.

На рис. 13 представлена абстрактная схема процесса «исследование - производство» и управления им, позволяющая выделить составляющие эффективности комплекса АС: 1) эффективность методов и баз знаний (данных); 2) эффективность языков представления информации на этапах исследования  $L_{и}$ , конструкторских  $L_{к}$  и технологических  $L_{т}$  работ, производства  $L_{п}$ , контроля и испытаний  $L'_{п}$ , управления  $L_{у}$ ; 3) эффективность построителя моделей  $u_{п.м}$  4) эффективность трансляторов языков  $U_{т}$ ,  $U_{п}$ ,  $U_{у}$ ; 5) эффективность схемы организации процесса (реализации принципов надежности, гибкости, непрерывности, прямоточности, параллельности, ритмичности и др.); 6) эффективность технических средств (совместимость, агрегируемость и др.); 7) эффективность длительности процессов.

Приведенный перечень обосновывает степень детализации и согласованности расчетов при определении эффективности отдельных С и их комплекса в целом.

Экономическая эффективность комплекса АС создания новой техники, так же как и других организационно-технических систем, характеризуется следующими основными показателями: 1) годовой экономией, достигаемой в процессе создания новой техники в результате комплексной автоматизации  $\mathcal{E}^a$ ; 2) годовым экономическим эффектом функционирования комплекса АС  $\mathcal{E}_r^a$ ; 3) экономической эффективностью затрат на комплексную автоматизацию процесса создания новой техники  $E^a$  или сроком окупаемости этих затрат  $T_{ок}^a$ .

Годовая экономия  $\mathcal{E}^a$  рассчитывается по следующей формуле, в которой все составляющие экономии должны быть приведены к расчетному году:

$$\mathcal{E}^a = \left( \mathcal{E}_p^a + \mathcal{E}_k^a + \mathcal{E}_{дн}^a \right) \left( + E^a \Delta T^a \right)$$

где  $\mathcal{E}_p^a$  - экономия трудовых и материальных ресурсов в автоматизированном процессе создания новой техники, тыс. сум./год;  $\mathcal{E}_k^a$  - экономия, достигаемая в результате повышения качества новой техники, тыс. сум./год;  $\mathcal{E}_{дн}^a$  - дополнительная прибыль, обусловленная приоритетной новизной изделия, созданного в кратчайшие сроки в условиях комплекса АС, тыс. сум./год;  $E^a$  - нормативный показатель экономической эффективности капитальных вложе-

ний в автоматизацию процесса исследование - производство», (тыс. сум./год)/тыс. сум.;  $\Delta T^a$  - сокращение длительности процесса создания новой техники в результате его автоматизации, лет.

В условиях, когда экономические результаты деятельности отдельных предприятий и народного хозяйства в целом во многом определяются темпами ускорения научно-технического прогресса и скорейшим созданием конкурентоспособной новой техники, одним из важнейших показателей эффективности автоматизации является *сокращение длительности создания новой техники*  $\Delta T^a$ . Он важен и сам по себе - как характеристика процесса, но, кроме того, с ним связано получение дополнительной прибыли от ускорения  $\mathcal{E}_{дн}^a$  и увеличение всех составляющих экономии.

Остальные показатели экономической эффективности комплекса АС определяются по формулам:

*годовой экономический эффект от комплексной автоматизации*

$$\mathcal{E}_{г}^a = \mathcal{E}^a - E^a \Delta K^a,$$

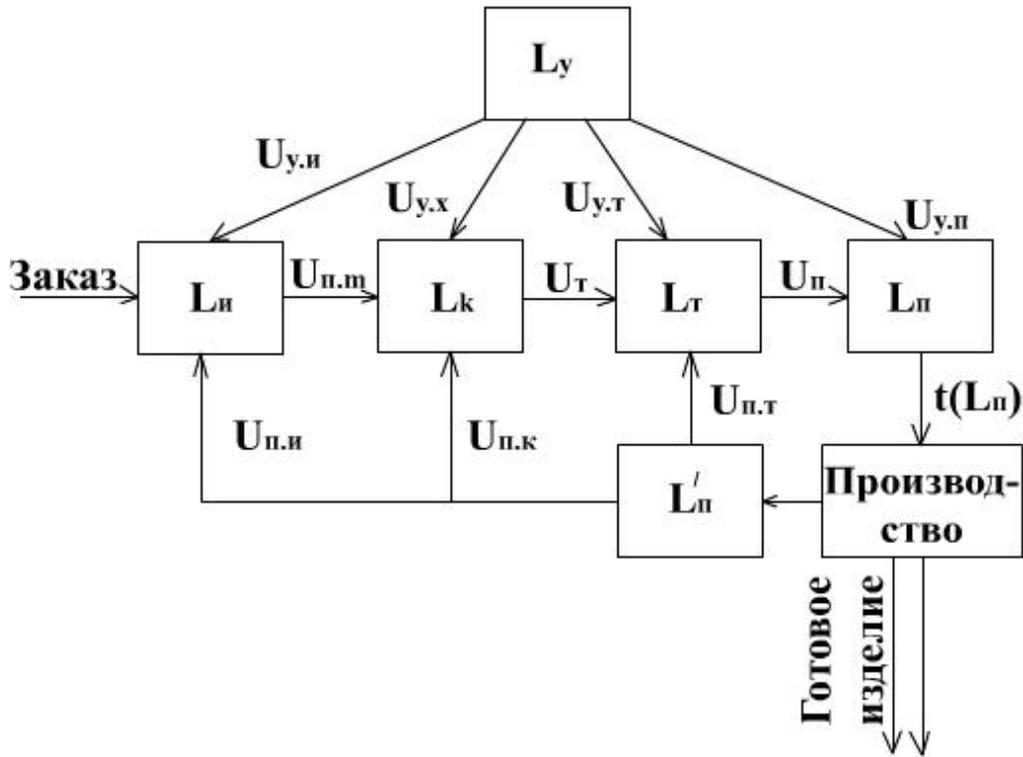
где  $\Delta K^a$  - дополнительные капитальные затраты на автоматизацию процесса создания новой техники, приведенные к году расчета эффекта, тыс. руб.;

*обобщающий показатель экономической эффективности автоматизации процесса создания новой техники*

$$E^a = \mathcal{E}^a / \Delta K^a;$$

*срок окупаемости затрат на автоматизацию*

$$T_{о}^a = \Delta K^a / \mathcal{E}^a.$$



**Рис.13. Составляющие эффективности комплекса АС**

Таким образом, экономическая эффективность комплекса АС, создания новой техники характеризуется совершенствованием потребительских свойств изделий, экономией от повышения качества проектируемой и изготавливаемой новой техники, экономией трудовых и материальных ресурсов, вовлекаемых в процесс проектирования и изготовления новых изделий, а также дополнительной экономией и прибылью, получаемой в результате сокращения длительности процесса «исследование - производство».

Экономия ресурсов определяется формулой

$$\mathcal{E}_p^a = \sum_{i=1}^n \mathcal{E}_{пр i}^a + \sum_{i=1}^m \mathcal{E}_{пер j}^a ,$$

где  $\mathcal{E}_{пр i}^a$  - экономия ресурсов при выполнении процесса  $i$ -й стадии в АС;  $\mathcal{E}_{пер j}^a$  - экономия ресурсов при  $j$ -м переходе от одной стадии процесса к другой;  $n$  - число стадий процесса;  $m$  - число переходов между стадиями.

Экономия ресурсов достигается за счет правильной организации и соответствующего научно-технического уровня каждой АС, а также их согласованной взаимосвязи. Данное поло-

жение диктует необходимость выполнения экономических расчетов для каждого варианта АС и их комплекса в целях выбора для реализации оптимального по технико-экономическим характеристикам варианта.

Кроме рассмотренных показателей представляется целесообразным оценивать эффективность автоматизации процесса «исследование - производство» соотношением высвобождаемого в результате автоматизации рабочего времени  $T^a$  (ч) и затрат на автоматизацию  $Z^a$  (руб.):

$$E^a_B = T^a / Z^a$$

Здесь

$$T^a = \sum_{i=1}^n T_i \left( \sum_{j=1}^{N^a_{вр i}} k_{pj} \Phi_{r.pj} \right) + \Delta T^a \sum_{j=1}^{N^a} K_{pj} \Phi_{r.pj},$$

где  $T_i$  - длительность функционирования  $i$ -й АС, лет;  $K_{pj}$  - коэффициент значимости  $j$ -го работника (весовой коэффициент, устанавливаемый, например, в соответствии с зарплатой работника);  $\Phi_{r.pj}$  - годовой бюджет времени  $j$ -го работника, ч/год;  $N^a_{вр i}$  - общее число работников, высвобожденных в результате внедрения  $i$ -й АС, чел.;  $N^a$  - общее число работников в АС, чел.;  $n$  - общее число систем в комплексе автоматизации процесса «исследование - производство»;

$$Z^a = \sum_{i=1}^n \left( K^a_i + T_i I^a_{r i} \right) + E^a_{r i},$$

где  $K^a_i$  - единовременные затраты на создание  $i$ -й АС, тыс. руб.;  $I^a_{r i}$  - годовые затраты на функционирование  $i$ -й АС, тыс. сум./год;  $(1+E)^t_i$  - коэффициент приведения затрат к расчетному году.

Для выполнения практических расчетов экономической эффективности комплекса систем автоматизации процесса «исследование-производство» необходимо раскрыть содержание и методы расчета каждого из указанных основных показателей применительно к особенностям автоматизации определенной стадии жизненного цикла изделия. При этом должны удовлетворяться следующие основные требования.

1. Расчеты экономической эффективности отдельных АС должны выполняться на основе единого методологического подхода.
2. Расчеты частных показателей должны быть определены в общей системе расчетов и обеспечены исходными данными на конкретной стадии автоматизации.
3. Недопустимо дублирование учета экономии или затрат на других стадиях автоматизации.
4. При расчетах (сравнении с автоматизированными вариантами) должны использоваться сопоставимые смежные базовые варианты процессов.

### **3.3. Методы расчета экономической эффективности САПР**

В САПР потенциально заложен положительный эффект, который реализуется при ее внедрении. Такое утверждение базируется на том, что целью САПР является повышение качества исследований, расчетов и документирования; снижение материальных затрат на проектирование; сокращение длительности создания новой техники; предотвращение дальнейшего роста численности работников, занятых проектированием, при объективно увеличивающихся объемах, и сложности проектирования. САПР всегда эффективна, если она выполняет функции, определяемые целями создания системы.

Оценка экономической эффективности САПР должна включать: во-первых, определение *затрат совокупного общественного труда*, обусловленных созданием системы, включением ее в действующую организационную систему научно-технической организации и функционированием; во-вторых, расчет *экономическо-1го эффекта функционирования САПР*, создаваемого на всех стадиях жизненного цикла изделия; в-третьих, учет *влияния САПР на качество проектируемых изделий и процессов*. В результате определяется интегральный показате-

тель, позволяющий оценить *совокупный экономический эффект* от создания и функционирования САПР. Экономический эффект функционирования САПР формируется на всех стадиях жизненного цикла изделия, создаваемого в САПР, - исследования и проектирования, изготовления и эксплуатации.

Основными факторами, определяющими экономический эффект САПР, являются характеристики КСАП, в том числе такие важнейшие из них, как: высокая скорость автоматической обработки данных; хранение больших массивов информации, возможность работы с базой данных и знаний; наличие автоматической информационно-поисковой системы; наличие монитора проекта, системная организация проектирования, автоматическая регистрация всех операций проектирования; взаимоувязанная корректировка с помощью дисплеев; автоматический контроль и согласование всех частей проекта; автоматическое изготовление чертежей и технической документации.

Однако важную роль играет и человеческий фактор- специалисты, которые, используя КСАП, реализуют в САПР свои идеи и творческие способности. В этом отношении успех зависит от правильности подбора и расстановки кадров, их квалификации, а также от тщательности проработки организационно-системных вопросов функционирования САПР.

Для оценки экономической эффективности САПР используются те же основные показатели, что и перечисленные выше для комплекса АС.

**Расчет годовой экономии от функционирования САПР.** Годовая экономия  $\mathcal{E}^{САПР}$ , получаемая при функционировании САПР, определяется по формуле, которая не противоречит общей формуле определения экономии от создания и функционирования комплекса АС, а дополняет, детализирует ее применительно к стадиям жизненного цикла изделия:

$$\mathcal{E}^{САПР} = \mathcal{E}_{И.П} + \mathcal{E}_{ПР} + \mathcal{E}_{ЭКС}$$

где  $\mathcal{E}_{И.П}$ ,  $\mathcal{E}_{ПР}$ ,  $\mathcal{E}_{ЭКС}$  - годовая экономия, получаемая соответственно на стадиях НИОКР, производства, эксплуатации изделий, спроектированных в САПР, тыс. сум./год. (Все составляющие с учетом фактора времени приводятся к расчетному году).

Годовая экономия, которая будет получена при проведении НИОКР в условиях САПР, образуется за счет снижения затрат на исследовательские, конструкторские и технологические работы, в основном - за счет сокращения времени проектирования в результате резкого увеличения производительности труда проектировщиков в САПР.

На стадии производства изделий, спроектированных в САПР, экономия  $\mathcal{E}_{пр}$  обеспечивается в результате повышения качества конструкторской и технологической документации, что ведет к сокращению трудоемкости технологических процессов и более рациональному использованию материальных и энергетических ресурсов. Это, в свою очередь, создает условия для снижения себестоимости изготовления новых изделий.

Получение годовой экономии на стадии эксплуатации новых изделий  $\mathcal{E}_{экс}$  обусловлено, в первую очередь, улучшением эксплуатационных характеристик изделий, спроектированных в САПР.

Расчет значений  $\mathcal{E}_{и.п.}$ ,  $\mathcal{E}_{пр}$ ,  $\mathcal{E}_{экс}$  проводится с учетом специфики создаваемой новой техники, фактора времени, конкретных условий ее создания.

**Расчет годового экономического эффекта от функционирования САПР.** Эта величина определяется по формуле

$$\mathcal{E}_r^{САПР} = \mathcal{E}^{САПР} - E^a_H K^{САПР}.$$

Здесь  $E^a_H$  - нормативный показатель эффективности капитальных вложений в автоматизацию, (сум./год)/сум.;  $K^{САПР}$  - объем капитальных вложений, связанных с созданием САПР, приведенный к расчетному году, тыс. сум.;

$$K^{САПР} = K_n^{САПР} + K_k^{САПР},$$

где  $K_n^{САПР}$  - предпроизводственные затраты, тыс. сум.;  $K_k^{САПР}$  - капитальные затраты на создание САПР, тыс. сум.

**Расчет предпроизводственных затрат.** Предпроизводственные затраты на САПР определяются по формуле

$$K_n^{САПР} = K_{пр} + K_{прсгр} + K_{кнф} + K_{отл}.$$

где  $K_{пр}$ ,  $K_{пр}$ ,  $K_{инф}$ ,  $K_{отл}$  - затраты соответственно на: проектирование САПР; создание программных изделий, образующих программное обеспечение САПР; подготовку информационного обеспечения длительного пользования, включение в состав САПР информационно-поисковой системы, создание базы данных САПР; отладку и ввод САПР в работу, тыс. сум.

В случае использования в проектируемой САПР типовых проектных решений в расчет принимаются только затраты на разработку оригинальных решений для данного предприятия или конкретного назначения и на привязку к нему типовых проектных решений.

В предпроизводственных затратах на создание САПР особое место занимают *затраты на разработку программного обеспечения* функционирования САПР, определяемые по специальной смете и рассчитываемые по формуле:

$$K_{прсгр} = K_{прогр}^{смет} + \sum_{j=1}^m K_{прогрj},$$

где  $K_{прогр}^{смет}$  - суммарные затраты на создание проблемной части ПО САПР и системной координации прикладных программных изделий в ПО конкретной САПР, тыс. сум.;  $K_{прогрj}$  - затраты на разработку  $j$ -го программного изделия, входящего в специальную (прикладную) часть ПО САПР, тыс. сум.;  $m$  - число прикладных программных изделий в ПО САПР.

Затраты на разработку  $j$ -го программного изделия определяются по формуле:

$$K_{прогрj} = \sum_{i=1}^n T_{ij} \cdot C_{3ij},$$

где  $T_{ij}$  - время, затраченное  $i$ -и специалистом-программистом на разработку  $j$ -го программного изделия, мес;  $C_{3ij}$  - среднемесячная зарплата  $i$ -го специалиста, участвующего в разработке  $j$ -го программного изделия, тыс. сум./мес. Здесь и далее при расчетах заработная плата работника принимается с учетом коэффициента (в долях от основной зарплаты  $C_0$ ) дополнительной зарплаты  $K_{доп}$ , отчислений на социальное страхование  $K_c$  и накладных расходов  $K_n$ :

$$C_3 = C_{3.0} \left[ 1 + K_{доп} + K_c + K_n \right]$$

Время  $T_{ij}$  необходимое или затраченное на создание программного изделия, определяется через трудоемкость его разработки, отладки и оформления. Последняя, в свою очередь, оценивается исходя из объема программы (числа исходных команд в тексте программы) с учетом влияния различных факторов или по укрупненным нормативам трудоемкости типовых программных изделий (модулей ввода, контроля, вывода, обработки данных и др.) При этом принимается во внимание их сложность, взаимосвязи, количество макетов данных и т. п.

Затраты  $K_{инф}$  на подготовку информационного обеспечения определяются специальной сметой затрат, если создается информационный продукт (база данных, ИПС и др.), который может быть использован отдельно от проекта создаваемой САПР. В случае создания специализированного информационного обеспечения САПР затраты  $K_{инф}$  включаются в состав затрат  $K_{пр}$ .

Затраты на отладку системы и ввод ее в действие  $K_{отл}$  определяются по формуле

$$K_{СТЛ} = \sigma_{ОТЛ} K_{КСАП} + K_{орг} + K_{П.к}.$$

Здесь  $K_{КСАП}$  - сметная стоимость КСАП, используемого для отладки САПР;  $\sigma_{отл}$  - доля времени работы КСАП, используемая для отладки данной САПР,  $\sigma_{отл} = (\Phi_{КСАП})_{отл}^{САПР} / \Phi_{КСАП}$ , где  $\Phi_{КСАП}$  и  $(\Phi_{КСАП})_{отл}^{САПР}$  - годовой фонд времени работы КСАП - общий и используемый для отладки САПР соответственно;  $K_{орг}$  - затраты на создание организационных условий функционирования САПР (изменение оргструктуры, подготовка положений, инструкций нормативов и т. п.);  $K_{п.к}$  - затраты на обучение и подготовку кадров в работе в условиях САПР (плата вузам и ФПК, доплаты специалистам за получение дополнительной квалификации и др.).

Расчет капитальных затрат. В состав капитальных затрат входят расходы на приобретение комплекса технических средств и его стандартное обеспечение, а также на установку, монтаж и наладку.

Следует отметить, что при расчете эффективности конкретной САПР величина капитальных затрат  $K_{ki}^{САПР}$  определяется пропорционально доле времени использования КСАП в

данной САПР  $\sigma_i$ . Это положение объясняется тем, что один и тот же КСАП может использоваться в ряде САПР. Величина  $\sigma_i$  определяется аналогично  $\sigma_{отл}$ .

Капитальные вложения в создание и ввод в действие  $i$ -й САПР определяются по формуле:

$$K_l^{САПР} = K_{ni}^{САПР} + \sigma_i K_{\kappa}^{САПР}$$

здесь

$$K \frac{САПР}{\kappa} = K_{КТС} + K_{МСКТ} + K_{ИПП} + K_{ЗД} + K_{О.С} + K_{ТР} + K_{СОП} - K_{высв}$$

или

$$K \frac{САПР}{\kappa} = K_{КТС} \left( + d_{МОНТ} + d_{инв} + d_{уд} + d_{о.с} + d_{ТР} + d_{соп} \right) K_{высв},$$

где  $K_{КТС}$  - сметная стоимость КТС САПР;  $K_{МОНТ}$ ,  $K_{инв}$ ,  $K_{ЗД}$  - затраты соответственно на: установку, монтаж и запуск КТС в работу; на производственно-хозяйственный инвентарь; на строительство и реконструкцию зданий и сооружений для размещения КТС;  $K_{о.с}$  - оборотные средства;  $K_{ТР}$  - транспортно-заготовительные расходы;  $K_{СОП}$  - сметная стоимость системы стандартного обеспечения КТС;  $K_{высв}$  - сметная стоимость средств, высвобожденных в результате ввода в действие КСАП (все перечисленные показатели в тыс. сум.);  $d_{МОНТ}$ ,  $d_{инв}$ ,  $d_{ЗД}$ ,  $d_{о.с}$ ,  $d_{ТР}$ ,  $d_{СОП}$  - удельные веса перечисленных выше затрат в стоимости КТС САПР.

В свою очередь, *стоимость системы обеспечения КТС* ( $K_{оп}$ ) - это сумма сметных стоимостей стандартного программного ( $K_{СОП}$ ) - и информационного ( $K_{п.о}$ ) - обеспечения КТС, а также сметной стоимости сервиса, т. е. дополнительных услуг, предоставляемых в процессе применения КТС, ( $K_c$ ):

$$K_{ссп} = K_{п.о} + K_{н.о} + K_c.$$

*Затраты на комплекс технических средств* определяются по формуле

$$K_{KTC} = \sum_{i=1}^N K_i n_i,$$

где  $K_i$  - сметная стоимость  $i$ -го устройства КДС, тыс. сум.;  $n_i$  - число устройств  $i$ -го типа в КТС, определяемое на основе перерабатываемой информации и функций системы;  $N$  - число типов устройств в КТС САПР.

*Стоимость высвобождаемых средств* рассчитывается по формуле:

$$K_{высв} = K_{об} + K_{пл} + K_{жил} + K_{н.о.с.}$$

где  $K_{об}$  - стоимость оборудования, высвобождаемого в результате уменьшения потребности в нем в условиях функционирования САПР;  $K_{пл}$ ,  $K_{жил}$  - стоимость сэкономленных служебных и бытовых площадей, оснащения рабочих мест и затрат на жилищное и культурно-бытовое строительство за счет высвобождения работников НТО в результате перевода проектирования в условия САПР;  $K_{н.о.с.}$  - уменьшение потребности в нормируемых оборотных средствах вследствие ускорения их оборачиваемости (все показатели - в тыс. сум.).

**Расчет текущих годовых затрат.** Текущие годовые затраты САПР  $U_r^{САПР}$  можно определить двумя методами.

*Первый метод* предполагает определение текущих затрат посредством расчета основных составляющих:

$$I_r^{САПР} = I_{КСАП} + C_3$$

Где  $I_{КСАП}$  - годовые текущие затраты на эксплуатацию КСАП, тыс. сум./год;  $C_3$  - годовая заработная плата разработчиков нового изделия в условиях функционирования САПР, тыс. сум./год.

Затраты на эксплуатацию САПР

$$I_{КСАП} = \sigma_i C_{KTC} + C_{con} + C_{ам} + C_n + C_3^{КСАП}.$$

где  $C_{KTC}$  - годовые затраты на эксплуатацию КТС (без зарплаты персонала);  $C_{con}$  - годовые затраты на поддержание и актуализацию системы обеспечения применения КТС (хранение, об-

новление, контроль данных и программ и другие операции);  $C_{ам}$  - амортизационные отчисления на прочее оборудование;  $C_{п}$  - затраты на содержание и ремонт производственных помещений;  $C_3^{КСАП}$  - годовая зарплата работников группы эксплуатации КСАП (все показатели - в тыс. сум./год).

Затраты на эксплуатацию КТС  $C_{ктс}$  определяются по соответствующей смете затрат или по формуле

$$C_{ктс} = K_{ктс} (d_{ам} + d_p + d_{эл} + d_n + d_{пр})$$

где  $d_{ам}$ ,  $d_p$ ,  $d_{эл}$ ,  $d_n$ ,  $d_{пр}$  - удельные веса в затратах на КТС САПР соответственно: амортизационных отчислений на вычислительную технику, затрат на ремонт, электроэнергию, возмещение износа малоценных и быстроизнашивающихся предметов и прочих расходов.

*Второй метод* предполагает определение суммы затрат на решение комплекса задач САПР и общесистемных. При этом годовые эксплуатационные затраты в САПР  $U_r^{САПР}$  определяются по формуле

$$U_r^{САПР} = \sum_{i=1}^n C_i + C_{сист}$$

Здесь  $C_{сист}$  - общесистемные затраты за год, тыс. сум./год<sup>1</sup>;  $C_i$  - затраты, вызванные решением  $i$ -й задачи САПР, тыс. сум./задача ( $n$  - число задач, решаемых в САПР в течение года),

$$C_i = C \frac{скап}{м-ч} T_i K_p + \sum_{l=1}^L C_{м-чl} T_{li} + \sum_{j=1}^m C_{3l} \sigma_{ij}$$

где  $C_{м-ч}^{СКАП}$  - стоимость 1 машино-часа работы КСАП, тыс. сум./ч;  $T_i$  - длительность решения  $i$ -й задачи проектирования в КСАП, ч;  $K_p$  - коэффициент ручных операций,  $K_p = 1 + t_p / 100$  ( $t_p$  - доля ручных операций в общем процессе, %);  $C_{м-чl}$  - стоимость 1 машино-часа работы  $l$ -го периферийного устройства, включая зарплату операторов и расходы по обслуживанию, тыс. сум./ч;  $T_{li}$  - время занятости  $l$ -го периферийного устройства  $i$ -й задачей, ч/задача;  $L$  - число периферийных устройств, занятых решением  $i$ -й задачи;  $C_{3l}$  - зарплата  $j$ -го специалиста, занятого решением  $i$ -й задачи, за год, тыс. руб./год;  $\sigma_{ij}$  - доля времени  $j$ -го специалиста, занятого ре-

шением  $i$ -й. задачи.

Выбор одного из этих методов расчета обуславливается наличием исходных данных, а также тем, на какой стадии - создания или функционирования САПР - производится этот расчет. В период создания САПР предпочтение должно быть отдано второму методу, в то время как при выполнении расчетов затрат в функционирующей системе целесообразно использовать первый.

Определение текущих затрат в действующей САПР может быть осуществлено также на основе рассчитанных значения *стоимости 1 часа работы САПР* для каждого из возможных ее вариантов (составов):

$$I_r^{САПР} = \sum_{i=1}^n T_i^{САПР} \left( C_{\text{час}}^{САПР} \right)_i$$

где  $\left( C_{\text{час}}^{САПР} \right)_i$  - стоимость 1 часа работы САПР в  $i$ -м варианте ее функционирования (состав средств КСАП, состав работающих специалистов, дополнительные условия), руб./ч;  
 $T_i^{САПР}$  - длительность функционирования  $i$ -го варианта САПР в течение года, ч/год;  $n$  - число возможных  $i$ -х вариантов функционирования данной САПР.

Стоимость 1 часа работы  $i$ -го варианта САПР может быть рассчитана по формуле

$$\left( C_{\text{час}}^{САПР} \right)_i = \left( C_{\text{час}}^{КСАП} \right)_i + \left( C_{\text{час}}^3 \right)_i$$

где  $\left( C_{\text{час}}^{КСАП} \right)_i$  - расчетная стоимость 1 часа работы  $i$ -го варианта КСАП, сум./ч;  $\left( C_{\text{час}}^3 \right)_i$  - расчетный средний объем средств, необходимых для оплаты труда специалистов-проектировщиков, занятых в  $i$ -и варианте САПР, сум./ч.

Стоимость 1 часа работы  $i$ -го варианта КСАП определяется по формуле

$$\left( C_{\text{час}}^{КСАП} \right)_i = \left( C_{\text{час}}^{КТС} \right)_i + \left( C_{\text{час}}^{п.о.} \right)_i + \left( C_{\text{час}}^{и.о.} \right)_i$$

где  $\left( C_{\text{час}}^{КТС} \right)_i$ ,  $\left( C_{\text{час}}^{п.о.} \right)_i$ ,  $\left( C_{\text{час}}^{и.о.} \right)_i$  - стоимость одночасового применения соответственно КТС, программного и информационного обеспечения, определяемые на основе специально составленных смет затрат на эксплуатацию всех средств, входящих в состав  $i$ -го варианта КСАП.

Стоимость 1 часа работы  $i$ -го варианта КТС рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{час}}^{KTC} = C_{\text{час}}^{\text{ЭВМ}} + C_{\text{час}}^{\text{сз}} + C_{\text{час}}^{\text{АРМ}} + C_{\text{час}}^{\text{Т.С}}$$

где  $C_{\text{час}}^{\text{ЭВМ}}$ ,  $C_{\text{час}}^{\text{сз}}$ ,  $C_{\text{час}}^{\text{сз}}$ ,  $C_{\text{час}}^{\text{Т.С}}$  - стоимость одночасовой работы соответственно ЭВМ, средств связи, АРМ, различных дополнительных технических средств (оргтехники и др.), определяемые по специальным сметам затрат, сум./ч.

При этом должны быть разработаны и организационно обеспечены средства защиты и доступа к каждому варианту КСАП.

Определенный интерес для расчетов затрат в НТО представляет стоимость 1 человеко-дня специалиста - проектировщика новой техники, работающего в условиях функционирования САПР:

$$C_{\text{ЧЕЛ-ДН}}^{\text{ПП}} = \sum_{i=1}^n \left[ K_{\text{САПР}}^{\text{пр}} C_{\text{час}}^{\text{КСАП}} \right] + C_{\text{ДН}}^{\text{сз}}$$

где  $C_{\text{ДН}}^{\text{сз}}$  - среднедневная оплата труда проектировщика, сум./день;  $(t^{\text{пр}}_{\text{САПР}})_{\text{ДН}}$  - суммарное время работы одного специалиста в САПР в течение рабочего дня, ч/день (ориентировочно 0,4-0,6 дня). Таким образом, первое слагаемое - это суммарная стоимость однодневного применения различных вариантов КСАП, сум./день.

**Расчет годовых приведенных затрат на функционирование САПР.** Рассчитав капитальные и текущие затраты на создание и функционирование САПР, можно определить годовые приведенные затраты по формуле

$$Z_{\text{Г}}^{\text{САПР}} = I_{\text{Г}}^{\text{САПР}} + E^a_{\text{И}} K^{\text{САПР}}$$

Показатель  $Z_{\text{Г}}^{\text{САПР}}$  можно использовать для сравнения различных вариантов САПР по их научно-техническому уровню.

Расчет полных затрат на проведение исследования и проектирования нового изделия в условиях САПР. Приведенные к году получения экономического эффекта от производства и использования нового изделия, эти затраты составят:

$$Z_{\text{ни}}^{\text{САПР}} = \left( C_i^{\text{САПР}} + T_{\text{ri}} I_r^{\text{САПР}} \right) + E_{\text{н}}^i$$

где  $T_{ri}$  - продолжительность выполнения  $i$ -й НИОКР в условиях функционирования САПР;  $E$  - нормативный коэффициент приведения по фактору времени ( $E=0,1$ );  $t_{pi}$  - период времени, отделяющий осуществление затрат на проектирование  $i$ -го изделия и получение экономического эффекта от его производства и использования, лет.

Расчет годовой экономии от функционирования САПР. Вначале определяется -годовая экономия затрат на выполнение НИОКР в условиях САПР  $\mathcal{E}_\Sigma$ , которая складывается из экономии, образуемой в результате: повышения производительности труда работников, выполняющих проектирование,  $\mathcal{E}_{п.т}$ , сокращения их численности  $\mathcal{E}_ч$ , уменьшения потерь от брака технической документации  $\mathcal{E}_б$ , снижения затрат на макетирование и изготовление опытных образцов  $\mathcal{E}_м$  а также уменьшения затрат на проведение НИОКР и освоение производства новых изделий  $\mathcal{E}_3$ :

$$\mathcal{E}_r = \mathcal{E}_{n.t} + \mathcal{E}_ч + \mathcal{E}_б + \mathcal{E}_м + \mathcal{E}_3.$$

*Экономия от повышения производительности труда работников* определяется по формуле

$$\mathcal{E}_{n.t} = \mathcal{E}_{ж.т} + \mathcal{E}_{об}$$

Здесь  $\mathcal{E}_{ж.т}$  - экономия живого труда, тыс. сум./год;  $\mathcal{E}_{об}$  экономия в результате уменьшения относительных капитальных вложений вследствие более интенсивного использования КСАП, тыс. сум./год,

$$\mathcal{E}_{об} = E_H K_K^{СШР} (T_1^{КСАП} - T_2^{КСАП}) / T_1^{КСАП},$$

где  $T_1^{КСАП}$  и  $T_2^{КСАП}$  - продолжительность технологического цикла проектирования нового изделия в САПР до и после внедрения организационно-технических мероприятий, улучшающих использование КСАП, ч.

Величину  $\mathcal{E}_{ж.т}$  находят по формуле

$$\mathcal{E}_{ж.т} = 0,01 \alpha \beta \gamma \Pi_T \Sigma_T.$$

Здесь  $\Pi_T$  - повышение производительности труда в результате снижения трудоемкости проектирования нового изделия, %;  $\Pi_T = (t_1/t_2 - 1)100$ , где  $t_1, t_2$  - трудоемкость проектирования нового

изделия до и после внедрения САПР соответственно, чел./ч;  $Z_r$  - среднегодовая зарплата проектировщиков, работающих в САПР, тыс. сум./год;  $\alpha, \beta, \gamma$  - коэффициенты, учитывающие: добавочный продукт, характеризующий планируемое увеличение объема работ данной организации (подразделения) в расчетном году, использования квалификации работников, накладные расходы данной организации. Коэффициент  $\beta$  рассчитывается по формуле

$$\beta = \left[ \sum_{i=1}^n t_{\text{кв}i} C_{\text{кв}i} + t'_{\text{кв}i} C'_{\text{кв}i} \right] / \left( \sum_{i=1}^n t_{\text{при}i} C_{\text{кв}i} \right),$$

где  $t_{\text{при}i}$  - производительно использованное  $i$ -м работником время, ч;  $t_{\text{кв}i}$  и  $t'_{\text{кв}i}$  - время, затраченное  $i$ -м работником на выполнение работы, соответствующей его квалификации (должности) и не соответствующей (требующей более высокой или низкой квалификации), ч;  $C_{\text{кв}i}$  и  $C'_{\text{кв}i}$  - стоимость 1 часа работы работника соответствующей квалификации, сум./ч. Численность условно высвобождаемых в САПР работников определяется как  $N_{y.v} = \Delta_{\text{ж.т}} / Z_r$ , а экономия в результате реального высвобождения -  $\Delta_{p.v} = Z_r N_{p.v}$ , где  $N_{p.v}$  - численность реально высвобождаемых работников. При  $N_{p.v} < N_{y.v}$  можно определить потенциальное увеличение выпуска проектной продукции (повышение качества проектов) в стоимостном  $\Delta_{\text{д.п}}$  или натуральном  $Q_{\text{д.п}}$  выражении -  $\Delta_{\text{д.п}} = \Delta_{\text{ж.т}} - \Delta_{p.v}$ ,  $Q_{\text{д.п}} = \Delta_{\text{д.п}} / C_{\text{уд}}$ , где  $C_{\text{уд}}$  - удельные затраты на получение единицы проектной документации (работы) в САПР, сум./ед.

За счет рационального использования потенциальных возможностей, возникающих в условиях САПР, может быть дополнительно повышено качество проектных работ, а также улучшен контроль за соблюдением технологической дисциплины на производстве. Высвобождаемые специалисты могут быть использованы для развития САПР или выполнения соответствующих работ для родственных предприятий отрасли. Планирование работ па САПР должно происходить в непосредственной связи с планированием работ по концентрации и специализации производства новой техники, с переводом НТО на работу в условиях хозрасчета.

*Экономия, связанная с сокращением численности работников, выполняющих работы в*

САПР,  $\mathcal{E}_q = \sum \mathcal{E}_{qi}$ , где  $\mathcal{E}_{qi}$  - экономия за счет: сокращения потерь из-за уменьшения производительности труда работника по причине ухода с работы или поступления на работу; снижения затрат, связанных с работой по найму и увольнению работников, обучением вновь принятых работников; ликвидации среднегодовых административных потерь; освобождения площадей и рабочих мест; сокращения затрат на социальные нужды и др., тыс. сум./год.

*Экономия в результате уменьшения потерь от брака технической документации (исправления ошибок)*

$$\mathcal{E}_6 = 0,01C_{уд} (B_1 - B_2) A_2^{И.П} \text{ или } \mathcal{E}_6 = I_1 - I_2,$$

где  $B_1$  и  $B_2$  - доля бракованной технической документации, возвращаемой на доработку, в общем объеме принятой в производство соответственно до и после внедрения САПР, %;  $A_2^{И.П}$  - число условных единиц работы в САПР (условных листов технической документации или расчетов), ед./год;  $C_{уд}$  - удельная себестоимость условной единицы работы до внедрения САПР, тыс. сум./ед.;  $I_1$  и  $I_2$  - затраты на исправление ошибок в технической документации до и после внедрения САПР, -тыс. сум./год.

С учетом текущих годовых затрат на САПР экономия от функционирования САПР при выполнении работ на стадии исследования и проектирования рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E}_{И.П} = \mathcal{E}_2 - \mathbf{I}_r^{САПР}$$

Годовая экономия от повышения качества проектных решений в САПР  $\mathcal{E}_K^{САПР}$  определяется суммой экономии, получаемой в результате уменьшения себестоимости изготовления спроектированной в САПР новой техники,  $\mathcal{E}_П$  и экономии за счет сокращения текущих затрат на эксплуатацию изделий, спроектированных в САПР,  $\mathcal{E}_{экс}$ ;  $\mathcal{E}_K^{САПР} = \mathcal{E}_П + \mathcal{E}_{экс}$ .

Величина  $\mathcal{E}_П$  рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E}_n = \sum_{i=1}^L \Delta C_l,$$

где  $l$  - статья калькуляции себестоимости изготовления нового изделия;  $L$  - число статей

калькуляции себестоимости, по которым можно произвести расчет;  $\Delta C_l$  - изменение  $l$ -й статьи калькуляции себестоимости изготовления проектируемого в САПР изделия в расчетном году, тыс. сум./год,

$$\Delta C_i = \sum_{j=1}^J \Delta C_{ij},$$

где  $j$  - вид изделия, осваиваемого производством по технической документации, разработанной в САПР;  $J$  - число видов изделий, по которым учитывается изменение статьи калькуляции себестоимости.

Экономию  $\mathcal{E}_n$  можно также определить суммированием отдельных видов экономии, достигаемой в результате улучшения проектных решений в САПР:

$$\mathcal{E}_n = \mathcal{E}_{обр} + \mathcal{E}_{мат} + \mathcal{E}_{ч.п} + П_{доп}.$$

где  $\mathcal{E}_{обр}$  - экономия в результате уменьшения стоимости обработки;  $\mathcal{E}_{мат}$  - экономия за счет улучшения использования материалов, заложенного в проекте изделия;  $\mathcal{E}_{ч.п}$  - экономия условно-постоянных расходов, обусловленная интенсификацией технологических процессов;  $П_{доп}$  - дополнительная прибыль от производства и реализации изделий, изготовленных по проектам, выполненным в САПР.

В качестве обобщающего можно использовать показатель экономической эффективности САПР, характеризующий *эффективность затрат на проведение стадии исследования и проектирования нового изделия в условиях САПР*, значение которого определяется по формуле

$$E_{и.п}^{САПР} = \mathcal{E}^{САПР} / Z_{и.п}^{САПР}.$$

Экономическая эффективность САПР должна определяться на этапах: анализа предложения о создании САПР; выбора, разработки и обоснования отдельных компонентов; функционирования созданной САПР; изготовления и эксплуатации спроектированного в САПР изделия. Это позволяет, во-первых, принять экономически обоснованное решение о целесообразности разработки и создания САПР с учетом ее НТУ, во-вторых, дать экономическую оценку результатов функционирования САПР, проявляющихся на всех стадиях жизненного цикла спроекти-

рованного изделия.

В качестве одного из возможных вариантов решения данной задачи, можно предложить следующий метод определения цены разработки САПР, основанный на оценке полезного эффекта разрабатываемой САПР на протяжении ее жизненного цикла и обоснованных затрат на разработку САПР. При этом возможны два варианта: 1) САПР данного типа разрабатывается впервые, нет аналога и базовой цены; 2) разработка данной САПР является развитием базовой САПР с целью получить дополнительный эффект.

В первом случае договорная цена на разработку САПР может быть определена по следующей формуле:

$$C_p^{САПР} = K_p^{САПР} + K_p^y + \delta_p \mathcal{E}_{ж.ц}^{САПР},$$

где  $K_p^{САПР}$  - затраты на создание САПР, осуществленные разработчиком системы (без учета затрат заказчиков САПР) и определяемые по сметам на разработку проекта системы, создание программного и информационного обеспечения и др., руб.;  $K_p^y$  - оплата разработчиком САПР услуг сторонних организаций, участвующих в создании системы, сум.;  $\mathcal{E}_{ж.ц}^{САПР}$  - полезный эффект от САПР на протяжении ее жизненного цикла в системах заказчиков данной САПР, определяемый на основе прогнозирования при принятых допущениях, сум.;  $\delta_p$  - коэффициент, характеризующий вклад разработчика в достижение эффекта от САПР, устанавливаемый по соглашению между заказчиком и разработчиком в зависимости от характера работ, степени риска и т. п. и отражаемый в разделе «Особые условия договора», иными словами - коэффициент учета полезного эффекта в цене разработки САПР. Если при расчете величины  $\sigma_p \mathcal{E}_{ж.ц}^{САПР}$  возникли затруднения, можно принять ее равной  $K_p^{САПР} H_p/100$ , где  $H_p$  - средний норматив рентабельности по НТО, % к  $K_p^{САПР}$ .

Эффект от САПР на протяжении ее жизненного цикла

$$\mathcal{E}_{ж.ц}^{САПР} = \sum_{i=1}^n \mathcal{E}_{r \max i} T_{ж.ц i} K_{н.э} I,$$

где  $\mathcal{E}_{r \max}$  - максимальный годовой экономический эффект от САПР в  $i$ -й НТО, сум./год;

$T_{ж.цi}$  - длительность жизненного цикла САПР в  $i$ -й НТО, лет (прогнозная величина);  $K_{н.эi}$  - коэффициент нарастания эффекта от функционирования САПР в  $i$ -й НТО;  $n$  - число  $i$ -х организаций-заказчиков данной САПР. На практике возможны самые различные формы нарастания эффекта, в основном оно носит ступенчатый характер. При допущении равномерного нарастания эффекта от САПР величину  $K_{н.эi}$  можно рассчитать по формуле

$$K_{н.эi} = \left[ \frac{\Delta'_{ri} + 0,5 \Delta_{r \max l} - \Delta'_{ri}}{\Delta_{r \max l}} \right] \Delta_{r \max l},$$

где  $\Delta'_{ri}$  - начальный годовой экономический эффект от САПР в  $i$ -й НТО, сум./год.

Нарастание экономического эффекта в процессе функционирования САПР происходит даже без дополнительных затрат в результате освоения САПР, более полного и эффективного использования ее возможностей и всех средств КСАП, повышения навыков работы с КСАП, большого количества обращений ко всем средствам, уменьшения ошибок, повышения квалификации в области автоматизированного проектирования. Как правило,  $\Delta_{\max} = (3/4) \Delta'_r$ . При отсутствии данных для расчета можно принять  $K_{н.э} = 0,7$ ;  $T_{ж.ц} = 5/7$  лет.

Во втором случае - для установления цены на разработку САПР ( $C_p^{САПР}$ )<sub>н</sub> при наличии базовой САПР и известной (обоснованной) цены ее разработки ( $C_p^{САПР}$ )<sub>б</sub> - можно воспользоваться формулой

$$C_p^{САПР} \text{ н} = C_p^{САПР} \text{ б} + \delta_p C_{ж.ц}^{САПР} \text{ н}.$$

В качестве базовой цены могут выступать затраты организации -заказчика на создание требуемой САПР собственными силами для обоснования экономической целесообразности привлечения к созданию САПР специализированного разработчика.

Для заказчика цена  $C_p^{САПР}$  составляет только часть затрат на создание САПР. Полные затраты заказчика с учетом оплаты разработки САПР можно определить по формуле

$$K_{зак}^{САПР} = C_p^{САПР} + K_{КТС}^{САПР} + K_{подг}^{САПР} + K_{спец}^{САПР} + K_{сопр}^{САПР},$$

где  $K_{КТС}^{САПР}$  - затраты на приобретение необходимого комплекса технических средств;

$K_{подг}^{САПР}$  - затраты на подготовку КСАП к эксплуатации в данной САПР (транспортные и монтажные работы, подготовка помещений и средств оргтехники и др.);  $K_{спец}^{САПР}$  - затраты на подготовку специалистов для работы в условиях САПР (подбор, обучение, плата за трудовые ресурсы и др.);  $K_{сопр}^{САПР}$  - затраты на оплату сопровождения проекта САПР и ее компонентов (все показатели - в тыс. сум.).

В ряде отраслей разработаны ценники на проекты САПР и на сопровождение их программного обеспечения. В них стоимость проектирования САПР определяется в зависимости от следующих факторов: 1) характера проектной документации САПР; 2) повторяемости проектной продукции САПР; 3) числа страниц текстовых документов одного проекта, подлежащего автоматизации, приведенных к формату 11; 4) числа разновидностей графических документов проекта; 5) количества конечных результатов проектных расчетов, подлежащих автоматизации. Кроме того, используются коэффициенты, учитывающие: 1) степень новизны проектируемой САПР; 2) сложность алгоритмизации; 3) уровень автоматизации, обеспечиваемый САПР.

Стоимость проектирования САПР рассчитывается по формуле, представляющей собой взвешенную с помощью перечисленных коэффициентов сумму составляющих цены, определенных по специальным таблицам, в которых эти составляющие оценены в зависимости от соответствующего фактора.

Такие ценники могут использоваться для экспресс-оценки стоимости проектирования САПР и для ориентировочных предпроектных расчетов. Однако общим недостатком подобного подхода к определению цены проекта САПР является его затратный характер. Более правильным представляется расчет цены проекта САПР на базе обоснованной системы нормативов трудоемкости отдельных этапов проектирования САПР и тщательного анализа соотношения затрат и результатов. Это становится особенно важным и необходимым в условиях хозяйственной деятельности, как организаций-заказчиков САПР, так и организаций, специализирующихся на проектировании САПР.

## **ВЫВОДЫ**

**Экономическая эффективность САПР дает нам возможность улучшения качества и увеличения производительности. На сегодняшний день современное состояние и пути развития САПР в Республике Узбекистан позволяет исследовать и выявить целесообразные методы реализации всех стадий жизненного цикла САПР. Применение САПР является определяющим требованием ускоренного развития производства это даст нам обновление традиционных знаний на современные которые требуются нам для развития и повышения эффективности САПР. С помощью САПР мы можем получать оперативный сбор информации что, несомненно, играет на экономии времени и трудоемкости работы разработчиков. При автоматизации процессов так называемых «рутинные операции» снижает трудоемкость работы в 1,5 – 2 раза, что дает расширить границы творческой деятельности разработчикам (до 60-90%) что, несомненно, играет и на экономическую эффективность и качество детали. Внедрение САПР в производство дает нам быть конкурентоспособными на мировых уровнях по качеству и по количеству изготавливаемых деталей.**

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каримов И.А. Наша главная задача – дальнейшее развитие страны и повышение благосостояния народа. - Ташкент. «Узбекистан», 2010.
2. Каримов И.А. Мировой финансово-экономический кризис и меры по его преодолению в условиях Узбекистана. - Ташкент. «Экономика», 2009.
3. Автоматизация проектирования: Сб. статей/Под общ. ред. акад. В. А. Трапезникова. - М.: Машиностроение, 1986. - 302 с.
4. Автоматизированное проектирование и производство в машиностроении/Под общ. ред. Ю. М. Соломенцева, В. Г. Митрофанова. - М.: Машиностроение, 1986. - 256 с.
5. Барютин Л. С. Управление техническими нововведениями в промышленности. - Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1986. - 172 с.
6. Беклешов В. К, Завлин П. Н. Нормирование труда в НИИ и КБ. - М.: Экономика, 1988. - 206 с.
7. Беклешов В. К, Морозова Г. А. Интегрированные производственные комплексы и принципы оценки эффективности их функционирования//Организационно-экономические проблемы интенсификации производства на базе интегрированных комплексов. - Л.: ЛЭТИ, 1985. - С. 5-9.
8. Беклешов В. Км Морозова Г. А. Методы оценки эффективности систем автоматизированного проектирования//ЭВМ в проектировании и производстве. - Л.: Машиностроение, 1987. - С. 208-224.
9. Бозм Б. У. Инженерное проектирование программного обеспечения: Пер. с англ. - М.: Радио и связь, 1985. - 512 с.
10. Булгаков А. А. Программное управление системами машин. - М.t Наука, 1980. - 213 с.
11. Васильев В. Н. Организация, управление и экономика гибкого интегрированного производства в машиностроении. - М.: Машиностроение, 1986.- 312 с.
12. Грувер М., Зиммерс Э. САПР и автоматизация производства: Пер. с англ. - М: Мир, 1987. - 528 с.
13. Джонс Дж. К. Методы проектирования: Пер. с англ. - М.: Мир, 1986. - 326 с.
14. Зубков Ю. С. Конструктор в системе автоматизированного проектирования//Эксперимент и практика. - Л.: Лениздат, 1986. - С. 83-95.
15. Игнатъев М. Б., Путилов В. А., Смольников Г. Я. Модели и системы управления комплексными экспериментальными исследованиями. - М.t Наука, 1986. - 286 с.
16. Ковалев А. П. Обеспечение экономичности разрабатываемых изделий машиностроения. - М.: Машиностроение, 1986. - 152 с.
17. Комплекс общепромышленных руководящих методических материалов по-созданию АСУ и

САПР - М.: Статистика, 1980. - 119 с.

18. Липаев В. В., Потапов А. И. Оценка затрат на разработку программных средств.- М.: Финансы и статистика, 1988. - 224 с.

19. Матвеев Ю. И., Пресс Р. И. Автоматизация технической подготовки производства и ее эффективность. - Минск: Наука и техника, 1978. - 115 с.

20. Методика расчета экономической эффективности программных средств вычислительной техники/ГКНТ. - М., 1986. - 125 с.

21. Общеотраслевые методические материалы по определению эффективности использования систем автоматизированного проектирования/В. И. Скурихин, В. И. Андреев, В. Н. Мاستаченко и др. - М.: ГКНТ, 1985. - 54 с.

22. Орловский Г. В. Формальная теория комплексных промышленных систем автоматизированного проектирования и технологической подготовки производства//ЭВМ в проектировании и производстве. - Л.: Машиностроение, 1983. - С. 17-48.

23. Орловский Г. В., Слисенко А. О. Искусственный интеллект: промышленная точка зрения//ЭВМ в проектировании и производстве. - Л.: Машиностроение, 1983. - С. 5-17.

24. Постников В. И., Мымрин Ю. Н. Эффективность исследований и разработок в машиностроении. - М.: Машиностроение, 1980. - 199 с.

25. Пузыня К. Ф., Запаснюк А. С. Экономическая эффективность научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок в машиностроении. - Л.: Машиностроение, 1978. - 303 с.

26. Системное проектирование интегрированных производственных комплексов/А. Н. Домарацкий, А. А. Лескин, В. М. Пономарев и др.; Под общ. ред. В. М. Пономарева. - Л.: Машиностроение, 1986. - 319 с.

27. Системы автоматизированного проектирования: Типовые элементы, методы и процессы/Д. А. Аветисян, И. А. Башмаков, В. И. Геминтерн и др.; Под ред. Д. А. Аветисяна. - М.: Издво стандартов, 1985. - 179 с.

28. Основы САПР <http://www.bigor.bmstu.ru> >

29. САПР <http://www.isicad.ru> > ru /articles.php

30. Основы автоматизированного проектирования. <http://www.twirpx.com> >

31. САПР <http://www.piter.com> > theme/sapr.html копия ещё

32. САПР: CAD/CAM/CAE//PDM <http://www.a-kis46.narod.ru> > sapr.html

33. Введение в современные САПР, электронный учебник <http://www.iqlib.ru> > book/preview/

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

1. Ташматов А.Б., Отакулов О.Х. К вопросу применения систем автоматизированного проектирования в машиностроении. / Иқтидорли талабалар, магистрантлар, аспирантлар ва мустақил тадқиқотчиларнинг илмий-амалий анжумани материаллари. – ФарПИ. Фарғона, 2010.
2. Ташматов А.Б., Мамуров Э.Т. Исследование экономической эффективности систем автоматизированного проектирования. / Иқтидорли талабалар, магистрантлар, аспирантлар ва мустақил тадқиқотчиларнинг илмий-амалий анжумани материаллари. – ФарПИ. Фарғона, 2010.
3. Отакулов О.Х., Кодиров Р.К., Мамуров Э.Т., Тошматов А.Б. и др. Промежуточный (годовой) отчет научно-исследовательской работы. 6-035. – «Разработка метода переплавки, очистки и технологии литья баббитов из вторичных сплавов» – ФерПИ. Фергана, 2010. –67с.
4. Отакулов О.Х., Тошматов А.Б., Мамуров Д.Э. Техничко-экономический анализ объекта проектирования. / Иқтидорли талабалар, магистрантлар, стажёр-тадқиқотчи-изланувчи, мустақил тадқиқотчиларнинг илмий-амалий анжумани материаллари. – ФарПИ. Фарғона, 2011.
5. Мамуров Э.Т., Тошматов А.Б., Мамуров Д.Э. Организация процесса создания систем автоматизированного проектирования. / Иқтидорли талабалар, магистрантлар, стажёр-тадқиқотчи-изланувчи, мустақил тадқиқотчиларнинг илмий-амалий анжумани материаллари. – ФарПИ. Фарғона, 2011.