

М 498336

Московский ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени государственный
технический университет имени Н. Э. Баумана

На правах рукописи

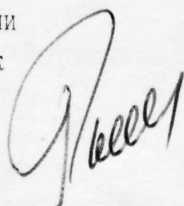
РЫЖИКОВА ТАМАРА НИКОЛАЕВНА

**РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ
ПРОЦЕССОМ СОЗДАНИЯ СЛОЖНОГО ОБЪЕКТА (НА ПРИМЕРЕ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ЗАВОДОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ)**

Специальности: **05.13.07** - Автоматизация
технологических процессов и производств
08.00.28 - Организация производства (промыш-
ленность)

А в т о р е ф е р а т

на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Москва - 1991

Работа выполнена в Экспериментальном научно-исследовательском институте металлорежущих станков (ЭНИМС).

Научный руководитель

-доктор технических наук,
профессор Черпаков Б. И.

Официальные оппоненты

-доктор технических наук,
профессор Васильев В. Н.
-кандидат технических наук,
доцент Садовская Т. Г.

Ведущее предприятие -

МОПО "Красный пролетарий"

Защита состоится "4" 12 1991 года в
10 час. 00 мин. на заседании специализированного Совета
та K053.15.01 при Московском государственном техническом
дресу: 107005, г. Москва,

я в библиотеке Московского
университета имени Н.Э.

и экземпляре, заверенный
му адресу.

11 1991г.

М 498336

В. Т. Рябов

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ: Первостепенное значение для подъема уровня технического состояния всего народного хозяйства имеет развитие машиностроения. Актуальной стала задача создания быстро переналаживаемых производств, позволяющих предприятиям в нужный момент перейти на выпуск аналогичной новой или существенно модернизируемой продукции при минимальных затратах.

Во всех промышленно-развитых странах разрабатывается и внедряется по элементам программа "Комплексное автоматизированное производство", которая должна реализовывать все организационные этапы создания продукции (подготовительное, опытное, опытно-промышленное и установившееся производство новых изделий и машин). Составная часть этой программы автоматизация управления созданием самой производственной системы.

Комплексное автоматизированное производство интегрирует автоматизацию различных уровней, что приводит к созданию гибкого автоматизированного завода (АЗ), работающего по замкнутому циклу. Основная информация, необходимая для заказа продукции, на входе завода - конструкторские идеи и технические требования к изделию с учетом тенденций его развития. На выходе завода необходимо получить готовую продукцию, полностью собранную, проверенную и готовую к использованию в соответствии с производственным назначением.

АЗ, как комплексная производственная система, состоит из аппаратных средств и программного обеспечения, элементы которых служат средствами для проектирования продукции, ее изготовления, производственного планирования, контроля обрабатывающего оборудования, включая металлорежущие станки, прессы и станы для обработки давлением, печи и установки для термообработки и т. д., а также различное вспомогательное технологическое оборудование.

Согласно прогнозам, проведенным за рубежом, полностью АЗ, управляемые от ЭВМ, будут созданы до конца XX столетия. Быстрое развитие комплексных автоматизированных производственных систем объясняется экономическими и социальными проблемами производства сегодняшнего дня. Промышленно развитые страны в настоящее время осуществляют большие программы по НИР, разработке и созданию АЗ.



Организационная система создания сложного объекта, каким является АЗ, многообразна. Часто возникает необходимость проведения ряда НИР и ОКР и необходима их взаимоувязка с работами по проекту, а также принятие тщательных и обоснованных технических, временных и стоимостных решений во всем цикле создания объекта.

Процесс создания сложного объекта обеспечивает взаимосвязь различных работ, определяет технический уровень, затраты ресурсов, распределение рабочей силы, оборудования, временные сроки готовности и характеризует технические параметры будущего объекта. Каждый проект преследует определенную цель или совокупность частных целей, для достижения которых в распоряжении руководства проекта выделяются определенные средства и ресурсы. Проведенный анализ показал, что для большинства проектов, выполненных в различных отраслях машиностроения, можно выделить общие показатели: технический уровень, конечный срок реализации, технология разработки, стоимость, необходимые ресурсы, проведение НИР и ОКР.

В ходе реализации проекта имеют место различные флуктуации параметров и отклонения от штатных ситуаций. Это приводит к необходимости либо моделировать непредвиденные ситуации как на стадии планирования, так и на стадии управления, с тем, чтобы получать гистограммы отклонений критического пути, распределения стоимости и ресурсов, либо искать другие организационно-технические пути решения этой задачи.

Одним из путей решения проблем управления созданием сложного объекта является автоматизация процесса путем разработки проблемно-ориентированных вычислительных систем, осуществляющих параллельную обработку информации. В СССР методики создания таких систем отсутствуют, за рубежом она представляется в литературе только в общем виде.

Недостаточная проработка этих проблем из-за их новизны и сложности, отсутствие научно-обоснованных методологических, методических и нормативных материалов, наконец, отсутствие аналогов и практического опыта по комплексному решению ключевых проблем создания и эксплуатации АЗ - все это превращает рассматриваемые в диссертации вопросы в важную научно-исследовательскую проблему с высоким уровнем актуальности.

ЦЕЛЬ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ - является разработка методики построения автоматизированной системы управления проектом создания АЗ (АСУпр) и ее реализация в АЗ "Красный пролетарий" (АЗ КП) и АЗ Тверской завод штампов (АЗ ТЗШ). Создание такой системы окажет помощь группе лиц принимающих решения (ЛПР) в принятии сложных и дорогостоящих решений при разработке проекта и его реализации.

При этом решаются задачи:

1). Разработка методики управления проектом, с использованием условий "точно-вовремя" и множества Парето, позволяющей при заданном финансировании принимать оптимальные решения в части распределения ресурсов, очередности выполнения работ и т. д. .

2). Разработка методики формализации состава и продолжительности отдельных работ, различных временных ограничений в АСУпр, облегчающие построения сетевой модели проекта.

3). Создание центра управления проектами АЗ КП и АЗ ТЗШ.

Для достижения поставленной цели и задач в работе рассматриваются и решаются следующие проблемы:

- анализируются особенности проектирования сложного объекта (проект АЗ);

- определяются требования к автоматизированным системам управления процессом создания сложного объекта;

- разрабатывается автоматизированная система управления процессом создания сложного объекта (на примере станкостроительного завода по изготовлению токарных станков с ЧПУ - АЗ КП и завода по производству штампов - АЗ ТЗШ) с повышенной эффективностью принятия решений на каждом этапе проектирования;

- построение и эксплуатация в ЭНИМС автоматизированной системы управления процессом создания указанных АЗ.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. Для решения поставленных задач применяются методы системного анализа, математической статистики, экспертных оценок, сетевого планирования, исследования операций, в том числе, линейное программирование.

Исследование базируется на теоретических и методологических материалах современного этапа развития автоматизации в промышлен-

ности, на информационных материалах ЦЭМИ АН СССР, ГКНТ СССР, на разработках по данной проблеме других министерств и ведомств, а также за рубежом (Япония, США, Англия и др.). В работе использован опыт Экспериментального научноисследовательского института металло-режущих станков (ЭНИМС), Научно-производственного объединения по комплексному технологическому проектированию станкостроительных предприятий (Оргстанкинпром), Московского станкостроительного производственного объединения (МСПО) "Красный пролетарий", Тверского завода штампов им. 1 Мая и др. в области методов управления созданием автоматизированных цехов и производств.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА исследования представлена выносимыми на защиту результатами:

- установлена возможность использования условий "Точно-вовремя" при управлении процессом создания АЗ, разработан итеративный алгоритм, сводящийся к серии последовательно решаемых задач (для различного распределения этапов) по критерию минимизации стоимости проекта АЗ в целом и отдельных фрагментов, позволяющие вести проектирования АЗ при временных ограничениях финансирования.

- выявлена возможность использования множества Парето для повышения эффективности принятия решений при проектировании АЗ. Разработан алгоритм использования множества Парето для минимизации стоимости проектов АЗ КП и АЗ ТЗШ и вычисления оптимального времени их создания при заданном финансировании.

- на основе разработанных методов создана АСУпр, осуществляющая управление проектами АЗ КП и АЗ ТЗШ и обслуживающая группу ЛПР - руководство ГКНТ, межведомственный научный совет, руководителей работ по АЗ в Государственной ассоциации станкостроителей (ГАО) и ЭНИМС и т. д.; система реализована в рамках многомашинного вычислительного комплекса;

- разработана методология оценки эффективности использования АСУпр, позволяющая определить влияние ее использования на вероятность завершения проекта АЗ в требуемые сроки и качество реализации проекта.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ диссертации в том, что разработаны автоматизированные методы управления процессом создания сложного объекта. Разработанные модели и алгоритмы могут быть с успехом использованы при проектировании сложных объектов в различных отраслях промышленности.

РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ. Диссертация выполнялась в рамках утвержденной государственной научно-технической программы ГКНТ СССР "Технологии, машины и производства будущего", раздел "Компьютеризованные интегрированные производства", реализуемой под научно-методическим руководством ЭНИМСа, при создании АЗ на Тверском заводе штампов им.1 Мая и Московском станкостроительном объединении "Красный пролетарий".

Система внедрена для организации работ при создании автоматизированного производства шин (АП "Шина") в Научно-исследовательском институте шинной промышленности; в Оргстанкинпроме для организации работ по технологическому проектированию участков цехов и заводов, для организации работ по созданию автоматизированного производства в НИИ кожевенно-обувной промышленности.

АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ. Основные положения диссертации докладывались и получили положительную оценку на конференциях, семинарах и совещаниях, в том числе на Всесоюзной научно-технической конференции "Итоги, проблемы и перспективы комплексно-автоматизированных производств в машиностроении и приборостроении" (г. Горький, 10-11 октября 1990г.), на Всесоюзной научно-технической конференции "Проблемы создания и эксплуатации ГПС и ПР на предприятиях машиностроения" (Севастополь, 18-21 ноября 1990г.)

Результаты исследования изложены в брошюре, 4 статьях. По теме диссертации опубликовано 5 печатных работ.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка использованных источников и приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

В первой главе проведен анализ развития систем управления проектированием сложных объектов на примере комплексно-автоматизированных машиностроительных производств.

На основании проведенного анализа были получены следующие результаты:

- применение методики календарного планирования или систем типа ПЕРТ не всегда эффективно, т.к. эмпирические методы не рациональны при управлении НИР и оказывают давление на персонал научных подразделений. Проведение работ подобных проекту АЗ требует сбалансированного плана с адаптацией при его реализации и контроля исполнения.

- несмотря на наличие большого числа работ посвященных проблеме управления процессами создания сложных объектов, а также определенного опыта, имеющегося на предприятиях различных отраслей машиностроения, ряд вопросов остается нерешенным (отсутствуют требования к системам управления НИР, методика построения автоматизированных систем, ее реализация и опыт функционирования и т.д.).

- сегодняшнее состояние теории и практики управления проектами создания сложных объектов требует разработки специальных автоматизированных методов их реализации.

- сформированы исходные требования к системе автоматизированного управления процессом создания АЗ в машиностроении. В результате анализа состояния проблем проектирования АЗ установлена необходимость создания специальной системы управления проектом (АСУпр).

Во второй главе установлены организационные особенности проектов АЗ КП и АЗ ТЗШ: большой объем НИР и ОКР, выполнение НИРа и ОКРа параллельно с процессом проектирования, годовое финансирование работ по остаточному принципу, большое количество соисполнителей из числа коллективов госпредприятий (НИИ, ОКБ, заводов, вузов), временных творческих коллективов, малых предприятий и отдельных специалистов.

В результате анализа концепции создания АЗ КП, АЗ ТЗШ и заявок на отдельные программы работ определена организационная структура управления проектами создания АЗ и установлена необходимость дополнительного планирования и контроля научно-исследовательских, опытно-конструкторских, экономико-организационных работ и их взаимосвязки с другими работами по проекту.

Для планирования и контроля за выполнением работ выявлена необходимость сочетания вычислительных процедур и информационной поддержки решений (информационно-поисковыми и информационно-справочными системами, базами данных), сочетания возможности решать задачу управления проектированием АЗ от начала до конца с возможностью возобновления ее решения с любой точки, при этом целесообразность использования и совершенствования сетевых методов для создания модели проекта АЗ.

Предложено рассмотреть пять взаимосвязанных циклов проектирования сетевой модели АЗ и соответственно четыре уровня детализации проекта: проект АЗ, техническая заявка, работа, этап, подэтап.

Использование принципа "Точно-вовремя" для оценки временной последовательности этапов работ при управлении процессом создания АЗ, потребовало разработки итеративного алгоритма, сводящегося к серии последовательно решаемых задач (для различного распределения этапов создания АЗ) по критерию минимизации стоимости проекта в целом, на основании которого осуществляется координационный контроль за ходом реализации проекта (рис.1).

На рис.1 в правой части расположено описание построения плановой модели, в правой - реальной модели, а в нижней части - блок координации. В блоке координации, кроме условий "точно-вовремя", для повышения эффективности принятия решений при проектировании АЗ предложено использовать множество Парето, разработан алгоритм для минимизации стоимости проекта и вычисления критического времени выполнения отдельных работ при заданном финансировании.

На рис.1 используются следующие обозначения:

$T_{пл}$ - плановое время реализации проекта; t_{ij} - длительность работ; S_{ij} - стоимость работы; r_j - ресурсы, необходимые для данной работы; $T_{фак}$ - фактическое время реализации проекта; (η) - коэффициент готовности; F - множество альтернативных вариантов; (ξ) - интенсивность выполнения работы; a - плановое значение готовности; b - реальное значение готовности.

Задача формулируется так:

Минимизировать

$$F(t_1, \dots, t_n) = \sum_{i,j \in E} F_{i,j} (t_j - t_i),$$

$$\lambda = \min (t_n - t_1),$$

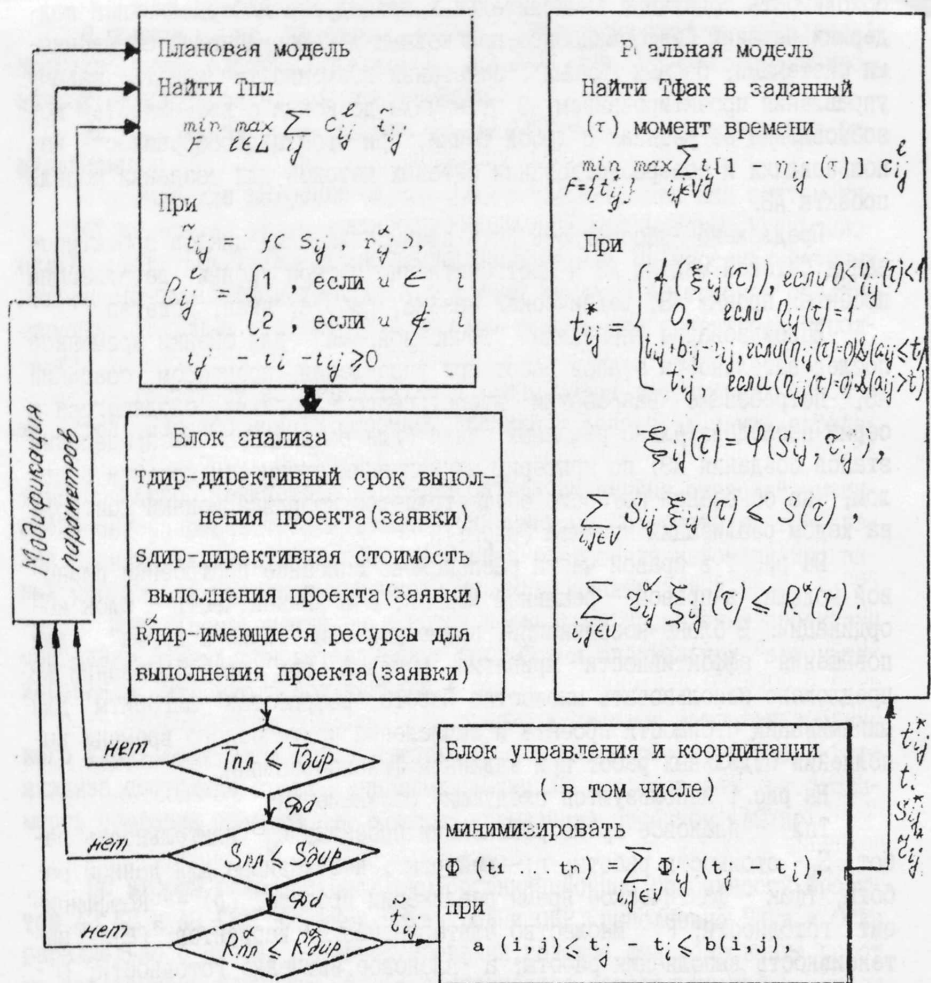


Рис.1 Координационный контроль за ходом реализации проекта на стадии управления.

при ограничениях

$$a(i,j) < t_j - t_i < b(i,j),$$

$$\text{где: } -\infty < a(i,j) < b(i,j) < +\infty$$

$$\text{для всех } (i,j) \in E,$$

E - заданное множество упорядоченных пар событий (полный перечень работ по АЗ), $F_{i,j} (t_j - t_i)$ - функция стоимости,

λ - минимальное время выполнения проекта.

Задача состоит в отыскании множества $P = \{(f, \lambda)\}$ всех таких пар (f, λ) , что для любой пары $(f, \lambda) \in P$ не существовало бы другой, удовлетворяющей ограничениям задачи (т.е. множества Парето). Другими словами, каждой заданной продолжительности проектирования (т.е. для тех ее величин при которых проектирование не убыточно) соответствует одна оптимальная величина стоимости. Таким образом, получаем множество неувлучшаемых значений целевой функции - множество Парето.

Для данной задачи множество Парето представляет собой выпуклую кусочно-линейную функцию значений параметра f от значений параметра

В результате решения задачи на ЭВМ строится кусочно-линейная кривая, характеризующая зависимость стоимости и продолжительности выполнения проекта. Эта кривая рисуется на экране дисплея, а также выдается в виде таблицы, в которой указываются координаты точек излома в порядке движения от точки с минимальной стоимостью к точке с минимальной продолжительностью.

В работе для построения множества P был предложен следующий подход. Перед решением задачи минимизации суммы стоимостей работ проекта вычисляется минимальное возможное (критическое) время выполнения всех работ ($\lambda_{\min}$). Затем после вычисления минимальной стоимости - время выполнения проекта (λ_0). Дальнейшее решение задачи состоит в варьировании параметра от λ_0 к $\lambda_{\min}$ и решением на каждом шаге задачи

$$f(\lambda) = \min \sum_{(i,j) \in A} F_{i,j} (t_j - t_i),$$

при ограничениях:

$$a(i,j) < t_j - t_i < b(i,j),$$

Для решения задачи составлен алгоритм, который определяет метод решения задачи для последовательности угловых точек $\lambda_0, \lambda, \dots, \lambda_{m+n}$, а также генерации этой последовательности.

В третьей главе

Для упорядочения многообразия решаемых проблем на основе детальной структуризации сетевой модели проекта АЗ выделены типовые формы реализации задач проекта: НИР, ОКР и проектирование, изготовление или приобретение оборудования.

С помощью метода экспертных оценок установлены следующие формы разработок АЗ (ФР АЗ):

1. НИР без проекта - НИР в процессе которой не требуется изготовления или исследования макетов.
2. НИР с проектом - НИР, в процессе которой необходимо изготовить и исследовать макетный образец.
3. ОКР.
4. Сквозные НИР - исследовательские работы, итогом которой является изготовление опытного образца и опытной партии (оборудования, материалов и т. д.).

5. Приобретение оборудования, в случае, когда для организации технологического процесса можно использовать выпускаемое промышленностью оборудование.

А также устанавливается их состав, относительная длительность этапов по отношению к ФР АЗ в целом.

Для координационного контроля за ходом реализации проекта АЗ на ЭВМ разработана плановая сетевая модель с использованием ФР АЗ, их состава и длительности отдельных этапов.

Определены условия связи фрагментов сети (уплотнения), состоящие в выделении узловых событий, определении ожидаемого времени выполнения работ и предложена методика проверки их реальности.

В четвертой главе, на основе разработанных методов изложены результаты создания и эксплуатации АСУпр, на базе 3-х комплектов РС

АТ, расчетных алгоритмов, автоматизированных баз данных, осуществляющая управление проектами АЗ КП и АЗ ТЭШ и обслуживающая группу ЛПР - руководство ГКНТ, членов межведомственного научного совета, руководителей работ по АЗ в Государственном акционерном обществе и ЭНИМС и т.д.. Структурная информационная схема представлена на рис.2 (условные обозначения см. к рис.1).

Система включает в себя подсистему сетевого планирования, блок управления и координации и базы данных, охватывающие основные информационные направления.

Технологическая последовательность обработки данных АСУпр включает следующие этапы:

1. Ввод исходной информации по сетевым моделям; ввод информации в информационные массивы;
2. Коррекция исходных данных;
3. Перенумерация событий;
4. Расчет временных характеристик модели;
5. Печать информации по сетевым моделям;
6. Печать информации по базам данных.

В течении двух лет многомашинный вычислительный комплекс эксплуатируется в ЭНИМСе, обеспечивая процесс проектирования АЗ.

Полученные результаты управления и контроля создания сложного объекта являются типовыми и они адаптируются в условиях АСУпр к различным отраслям промышленности. Так программно-математическое обеспечение и основные алгоритмы АСУпр АЗ КП и АЗ ТЭШ внедрены для организации работ в Научно-исследовательском институте шинной промышленности по автоматизированному производству шин (АП "Шина");

в Оргстанкинпроме для организации работ по технологическому проектированию, в Научно-исследовательском институте кожевенной промышленности для организации работ по созданию автоматизированного производства обуви.

В пятой главе разработана методология оценки эффективности использования АСУпр, основанная на учете следующих факторов:

- влияние использования АСУпр на вероятность завершения проекта АЗ в требуемые сроки.
- влияние АСУпр на качество выполняемого проекта АЗ.

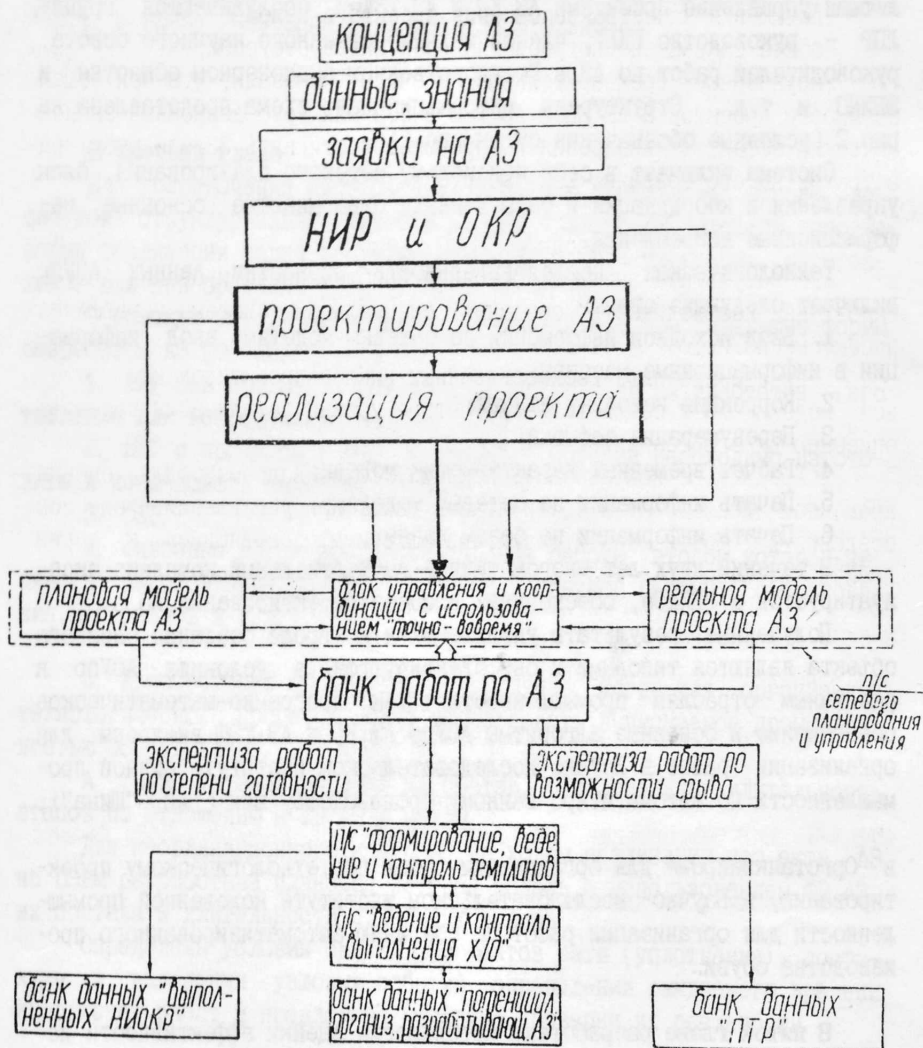


Рис. 2 Структурная схема АСУпр АЗ

Возможный экономический эффект от применения АСУпр, складывается из трех основных составляющих:

- повышения вероятности завершения всего проекта в требуемые сроки;

- повышения качества выполнения проекта в целом;

- общее сокращение потребления всех видов ресурсов;

Укрупненные предварительные расчеты показали, что при общей стоимости проектов АЗ КП и АЗ ТЗШ в 500 млн. руб. возможный экономический эффект от внедрения АСУпр может достигнуть 33 млн.руб. при затратах на его создание 250 тыс.руб.

Выводы

1. В результате анализа состояния проблем проектирования АЗ установлена необходимость создания специальной системы управления проектом (АСУпр).

2. Предложено пять взаимосвязанных циклов проектирования сетевой модели АЗ и соответственно четыре уровня детализации проекта, описывающих его создание.

3. Предложено использовать принцип "Точно-вовремя" для оценки временной последовательности этапов работ при управлении процессом создания АЗ, разработан итеративный алгоритм, сводящийся к серии последовательно решаемых задач (для различного распределения этапов создания) по критерию минимизации стоимости проекта АЗ в целом.

4. Предложено использовать множество Парето для повышения эффективности принятия решений при проектировании АЗ и разработан алгоритм его использования множества Парето для минимизации стоимости проекта и вычисления критического времени выполнения отдельных работ при заданном финансировании.

5. С помощью экспертных методов определены формы разработок АЗ (ФР АЗ): НИР без проекта, НИР с проектом, ОКР, сквозные НИР, проектирование, изготовление или приобретение оборудования; их состав, относительная длительность этапов по отношению к ФР АЗ в целом. Для координационного контроля за ходом реализации проекта АЗ на базе ФР АЗ, их состава и длительности разработана на ПЭВМ плановая сетевая модель.

6. На основе разработанных методов в ЭНИМСе создана АСУпр, на базе 3-х комплектов РС АТ, расчетных алгоритмов, автоматизированных баз данных, осуществляющая управление проектами АЗ КП и АЗ ТЗШ и

обслуживающая группу ЛПР - руководство ГКНТ, членов межведомственного научного совета, руководителей работ по АЗ в Ассоциации станкостроителей и ЭНИМС и т. д.

7. Полученные решения являются типовыми и они адаптируются в условиях АСУпр к различным отраслям промышленности. Так АСУпр АЗ КП и АЗ ТЭШ внедрены для организации работ по автоматизированному производству шин (АП "Шина") в Научноисследовательском институте шинной промышленности; в Оргстанкинпроме для организации работ по технологическому проектированию, для организации работ по созданию автоматизированного производства в кожевенно-обувной промышленности.

8. Разработана методология оценки эффективности использования АСУпр, основанная на следующих факторах;

- влияние использования АСУпр на вероятность завершения проекта АЗ в требуемые сроки.

- влияние АСУпр на качество выполняемого проекта АЗ.

Основные положения и результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Карданский Л. Л., Мешкова М. М., Рыжикова Т. Н. и др. Принципы автоматизации управления проектированием АЗ. // Научно-методические основы разработки и создания автоматизированных заводов: Сб. научн. тр. - М.: ЭНИМС, 1989. - С. 146-151.

2. Рыжикова Т. Н., Черпаков Б. И. Модель организации и функционирования банка перспективных технических решений, возникших при создании АЗ. // Научно-технические аспекты разработки и реализации программы АЗ: Сб. научн. тр. - М.: ЭНИМС, 1991. - С. 48-51.

3. Рыжикова Т. Н. Особенности управления проектированием интегрированных производств на основе сетевых методов. // Тез. докл. Всес. научн.-техн. конф. Севастополь, 18-21 ноября, 1990 г. с 14-15.

4. Рыжикова Т. Н. Создание интегрированной автоматизированной системы управления проектированием АЗ на базе МСПО КП и ТЭШ на ПЭВМ. // Тез. докл. Всес. научн.-техн. конф. Горький, 10-11 октября, 1990 г.

5. Черпаков Б. И., Рыжикова Т. Н. Проблемы управления процессом создания сложного объекта М., 1991. - 64с. (машиностроит. пр-во. Сер. Автоматизация пр-ва, ГПС и робототехника: Обзор. информ. ВНИИ-ТЭМР. Вып. 7)

Подписано к печати 11.10.91 60x84/16 1,0 печ.л. Тираж 100

Заказ 1146/738

Ротапринт ЭНИМС