

ОТРАСЛЕВОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ

ОПТИМИЗАЦИЯ ОТРАСЛЕВОГО ПЛАНА СОЗДАНИЯ АСУ

Глуценко К. П.

(Алма-Ата)

В [1] предложен подход к разработке оптимального плана создания автоматизированных систем управления (АСУ). Результаты конкретизированы в [2], где представлен вариант модели оптимизации планов разработки АСУ в отраслях материального производства, предназначенный для практических расчетов.

Настоящая статья обобщает опыт использования развиваемого в [1, 2] подхода в плановой практике — для подготовки предложений по проекту плана автоматизации управления в строительной отрасли республиканского подчинения на 1981—1985 гг. Основные посылки и обоснования излагаются очень сжато, внимание сосредоточено на приложениях, в частности, на анализе конкретных условий применения теоретических результатов.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Важнейшая задача, решаемая при составлении отраслевого плана создания АСУ, заключается в том, чтобы выбрать объекты автоматизации (предприятия и другие управляющие звенья), установить масштабы автоматизации управления на них (т. е. объем затрат на АСУ на каждом из таких объектов) и сроки создания включаемых в план АСУ. Для определения масштаба необходимо знать зависимость экономического эффекта АСУ от произведенных затрат. Получить ее в виде непрерывной зависимости для конкретного объекта на практике вряд ли возможно. Эту трудность можно обойти, если для каждого объекта (либо группы сходных) сформировать дискретный набор вариантов АСУ. Вариант характеризуется показателями экономической эффективности и расходов на его создание. При оптимизации отраслевого плана нужно выбрать один (точнее, не более одного) вариант из их набора для данного объекта.

Годовой экономический эффект АСУ определяется объемом и издержками производства до ее внедрения [3] и для одного и того же варианта АСУ изменяется как во времени, так и (если он может быть использован на нескольких объектах) в зависимости от объекта внедрения. Поэтому показатели экономической эффективности варианта задаются параметрически: коэффициентом роста объема реализованной продукции γ^v и коэффициентом снижения затрат на 1 руб. реализованной продукции δ^v (v — индекс варианта АСУ). Тогда годовой прирост прибыли (годовая экономия) за счет функционирования варианта v АСУ на объекте s в году t может быть выражен в соответствии с [3] *

$$\Delta_{st}^v = [\gamma^v A_{st} (1 - \delta^v c_{st}) - P^v] - [A_{st} (1 - c_{st})], \quad (1)$$

где A_{st} , c_{st} — соответственно годовой объем и затраты на 1 руб. реализо-

* В качестве объектов автоматизации будем рассматривать здесь и далее только предприятия.

ванной продукции на предприятии s в году t при отсутствии АСУ; P^v — годовые затраты на эксплуатацию варианта v .

Затраты на эксплуатацию рассчитываются и по отдельным видам лимитирующих ресурсов r_q^v , где q — индекс ресурса, $q \in Q^{(a)}$; $Q^{(a)}$ — множество видов лимитирующих ресурсов на эксплуатацию АСУ. Издержки на создание варианта v задаются по годам и определяются как в стоимостном выражении K_τ^v , так и по отдельным видам ресурсов $r_{q\tau}^v$, где $q \in Q^{(p)}$, $Q^{(p)}$ — множество лимитирующих ресурсов; τ — год создания системы от его начала, $\tau=1, \dots, \theta^v$; θ^v — продолжительность разработки варианта v . В составе единовременных затрат K_τ^v учитываются, согласно [4], не только непосредственные капитальные вложения на приобретение и монтаж комплекса технических средств АСУ, но и расходы на проектирование системы и ввод ее в эксплуатацию (организацию информационной базы, опытную эксплуатацию, обучение и переподготовку кадров и другие мероприятия по подготовке объекта к внедрению).

Каждый проработанный вариант АСУ характеризуется набором параметров $\Pi^v = \{\gamma^v, \delta^v, \theta^v, (K_\tau^v)_{\tau=1, \dots, \theta^v}, (r_{q\tau}^v)_{\tau=1, \dots, \theta^v, q \in Q^{(p)}}, P^v, (r_q^v)_{q \in Q^{(a)}}\}$.

Оптимизация очередности создания АСУ требует использования для оценки эффективности плана показателя, учитывающего динамику осуществления затрат и получения экономического эффекта. Таким показателем является интегральный экономический эффект за расчетный срок T^* . Он представляет собой разность суммарных результатов (годовых приростов прибыли) за период T^* по всем включенным в план системам и затрат, приведенных к одному моменту времени. Чтобы учесть влияние систем, разработка которых начинается в плановом периоде T , а эксплуатация — за его пределами, величина T^* должна превышать T . За расчетный был взят период в 10 лет (1981–1990 гг.) при плановом, равном пяти годам.

Система ограничений модели включает ряд условий, характерных для целочисленных задач, и ресурсные ограничения. В качестве лимитирующих ресурсов рассматривались: для создания АСУ — финансовые затраты отрасли на эти цели и трудовые ресурсы разработчиков, для эксплуатации систем — вычислительные мощности.

Использованная для расчетов модель является конкретизацией моделей из [1, 2] применительно к условиям данной отрасли.

Искомыми в модели являются: $x_s^v=1$, если в план включается вариант v на объекте s , и $x_s^v=0$ — в противном случае, $t_s^{(H)}$ — год начала создания системы на объекте s . При этом модель записывается так

$$\Theta = \sum_{t=1}^{T^*} \sum_{s=1}^S \sum_{v \in V_s} \frac{\tilde{\Theta}_{st}^v(t_s^{(H)}) - \tilde{K}_{st}^v(t_s^{(H)})}{(1+E_{\text{ин}})^{t-1}} x_s^v \equiv \sum_{s=1}^S \sum_{v \in V_s} E_s^v(t_s^{(H)}) x_s^v \rightarrow \max, \quad (2)$$

$$\sum_{s=1}^S \sum_{v \in V_s} \tilde{r}_{qst}^v(t_s^{(H)}) x_s^v \leq R_{ql}, \quad q \in Q^{(p)} \cup Q^{(a)}, \quad t=1, \dots, T, \quad (3)$$

$$\sum_{v \in V_s} x_s^v \leq 1, \quad x_s^v \in \{0, 1\}, \quad s=1, \dots, S, \quad v \in V_s, \quad (4)$$

$$t_s^{(H)} \in \{1, \dots, T\}, \quad s=1, \dots, S. \quad (5)$$

Здесь

$$\tilde{\Theta}_{st}^v(t_s^{(H)}) = \begin{cases} \Theta_{st}^v, & t \geq t_s^{(H)} + \theta^v, \\ 0, & t < t_s^{(H)} + \theta, \end{cases} \quad (6)$$

$$\tilde{K}_{st}^v(t_s^{(H)}) = \begin{cases} K_{s, t-t_s^{(H)}+1}^v, & t \in [t_s^{(H)}, t_s^{(H)} + \theta^v - 1], \\ 0, & t \in [t_s^{(H)}, t_s^{(H)} + \theta^v - 1], \end{cases} \quad (7)$$

$$\tilde{r}_{qst}^v(t_s^{(H)}) = \begin{cases} r_{qs, t-t_s^{(H)}+1}^v, & q \in Q^{(p)} \& t \in [t_s^{(H)}, t_s^{(H)} + \theta^v - 1], \\ r_q^v, & q \in Q^{(g)} \& t \geq t_s^{(H)} + \theta^v, \\ 0 & \text{во всех остальных случаях.} \end{cases} \quad (8)$$

Кроме введенных ранее использованы обозначения: S — общее количество потенциальных объектов автоматизации; V_s — набор вариантов АСУ, определенных для предприятия s ; $E_{\text{нп}}$ — норматив приведения ($E_{\text{нп}} = 0,1$ [4]); R_{qt} — лимит ресурса вида q на год t . Величины Θ_{st}^v рассчитываются по формуле (1).

Все предприятия разделены на две группы, для каждой из которых сформирован единый набор вариантов АСУ. Для решения задачи (2)–(5) применялся эвристический алгоритм, основывающийся на этой особенности. Поскольку внутри одной группы затраты на данный вариант АСУ не зависят от конкретного объекта, допустимые календарные планы (расписания) создания систем могут быть сформированы без привязки к объектам, лишь бы общее количество включенных в план вариантов для предприятий одной группы S_i не превышало числа самих предприятий N_i , где i — индекс группы. Расписание представляет собой матрицу (n_{vt}) , где n_{vt} — количество АСУ, разработка которых начинается по варианту v в году t ; $v=1, \dots, V$, где V — общее число вариантов АСУ во всех группах объектов, $t=1, \dots, T$. Тогда допустимое расписание должно удовлетворять (3) и

$$\sum_{v \in V} \sum_{t=1}^T n_{vt} \leq N_i, \quad V_i = \bigcup_{s \in S_i} V_s, \quad (9)$$

а также условию полноты использования ресурсов: введение в расписание хотя бы одного дополнительного варианта АСУ невозможно без нарушения (3) и (или) (9). Когда расписание построено, оно должно быть привязано к конкретным объектам так, чтобы обеспечить максимальный эффект. Это осуществляется следующим образом. Находятся

$$(s_0, v_0, t_0) = \arg \max_{\{s, v, t | n_{vt} \neq 0, v \in V_s\}} E_s^v(t) \quad (10)$$

($E_s^v(t)$ определяется по (2)). Объект s_0 с вариантом v_0 и началом его создания в году t_0 фиксируется в плане и вычеркивается из матрицы $E_s^v(t)$, величина $n_{v_0 t_0}$ уменьшается на единицу, после чего вновь выполняется операция (10). Этот процесс повторяется до тех пор, пока все элементы матрицы (n_{vt}) не станут нулевыми.

При $S=40$, $T=5$, $V=4$ с помощью приведенного алгоритма за приемлемое время можно произвести полный перебор допустимых расписаний и найти не только оптимум, но и множество субоптимальных решений.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТОВ

Основные предпосылки. Ряд факторов, характерных для строительного производства, в частности территориальная разобщенность объектов строительства, не позволяет в настоящее время достаточно эффективно автома-

тизировать задачи с высокой частотой решения (типа задач календарного суточного планирования, оперативного регулирования). Незначительный удельный вес задач с суточной периодичностью в составе АСУ строительными организациями приводит к неполной загрузке ЭВМ при эксплуатации системы. Следствие этого — ориентация на коллективное использование вычислительной техники.

В рассматриваемой отрасли вычислительные центры коллективного пользования (ВЦКП) организационно входят в состав Проектно-конструкторского бюро по разработке и внедрению АСУ (ПКБ АСУ), имеющего сеть территориальных отделений. Важнейшими задачами ПКБ АСУстрой являются: создание АСУ на типовой основе, освоение и привязка к конкретным условиям типовых задач и пакетов прикладных программ (ППП), эксплуатация программного обеспечения АСУ. При этом вычислительная техника используется также для проведения работ по отладке и опытной эксплуатации программного обеспечения разрабатываемых АСУ, отладке и решению не входящих в их состав отдельных задач, освоению типового программного обеспечения и т. д. Создание ВЦКП при этом обычно опережает внедрение АСУ на объектах, территориально тяготеющих к местам их дислокации, и осуществляется в достаточной степени независимо от конкретных перспектив разработки АСУ у потенциальных пользователей. Таким образом, создаваемые АСУ ориентируются, как правило, на уже функционирующие вычислительные центры.

В одиннадцатой пятилетке предполагается широкое развертывание работ по созданию на единой основе АСУ общестроительными трестами. Типизация их программно-математического обеспечения базируется на применении ППП «Стройтрест», который представляет собой генератор программ, позволяющих решать оптимизационные задачи календарного планирования и задачи обработки данных, которые относятся к строительному производству [5].

Расчеты по оптимизации плана создания АСУ в отрасли на 1981—1985 гг. охватывали только общестроительные тресты, поскольку в других объектах на этот период не намечается массовой автоматизации управления. Имеются достаточные основания предполагать, что в рассматриваемом периоде развитие будет осуществляться за счет роста существующих трестов, а не образования новых. В связи с этим и расчеты проводились в предположении неизменности за данный отрезок времени состава трестов, входящих в отрасль.

Используемые в качестве исходных данных показатели можно разделить на три группы: потенциальные объекты автоматизации, варианты АСУ, ресурсные лимиты.

Данные по объектам. В качестве потенциальных объектов автоматизации рассматривались 40 общестроительных трестов — все те, в которых к 1981 г. не будут функционировать АСУ либо продолжатся начатые в предыдущей пятилетке работы по их созданию.

В качестве показателя A_{st} использовался годовой объем строительно-монтажных работ (СМР), выполняемых собственными силами, а c_{st} — затраты на 1 руб. СМР указанного вида (отношение себестоимости этих работ к их сметной стоимости). Общая динамика развития треста характеризовалась годовым объемом СМР (A_{st}').

Исходным для расчетов служил экстраполяционный прогноз динамики показателей A_{st}' , A_{st} , c_{st} на 1981—1990 гг. в погодовой разбивке. Эти данные для трех точек планового горизонта приведены в табл. 1.

Показатели вариантов АСУ. Потенциальные объекты автоматизации были разделены на две группы, для каждой из которых был сформирован единый набор возможных вариантов АСУ. Первая группа включала круп-

Таблица 1

Прогноз динамики развития потенциальных объектов автоматизации

Шифр треста	A _{st} , млн. руб.			A _{st} , млн. руб.			c _{st} , руб.		
	1981	1985	1990	1981	1985	1990	1981	1985	1990
11	57,0	63,0	68,5	37,6	41,6	45,2	0,97	0,94	0,91
12	52,0	57,5	62,0	30,2	34,5	38,8	0,97	0,94	0,91
13	60,0	62,5	65,5	45,8	47,5	49,8	0,96	0,94	0,91
14	27,0	29,2	31,5	20,5	22,2	23,9	0,98	0,94	0,91
21	26,0	27,0	28,4	16,1	16,7	17,6	0,96	0,94	0,92
22	26,0	28,5	32,1	19,2	21,1	23,8	0,98	0,96	0,92
23	24,0	25,0	26,2	18,5	19,2	20,2	0,98	0,96	0,92
24	24,0	26,0	28,7	16,0	17,4	19,2	0,97	0,95	0,92
31	31,0	32,2	33,9	24,2	25,1	26,4	0,98	0,96	0,92
32	29,7	36,4	45,2	19,0	24,8	30,7	0,96	0,93	0,90
33	30,9	33,9	37,5	22,9	25,1	27,8	0,91	0,89	0,87
34	10,6	14,0	18,4	9,1	12,0	14,7	0,99	0,98	0,95
35	20,3	21,5	22,6	15,4	16,3	17,2	0,93	0,92	0,88
36	27,3	33,2	40,3	20,5	24,9	30,2	0,94	0,92	0,89
37	26,8	30,1	33,6	20,6	23,2	25,9	0,92	0,90	0,86
41	15,5	17,4	19,8	12,6	14,1	16,0	0,96	0,94	0,91
42	14,0	16,7	19,0	10,2	12,2	13,9	0,97	0,95	0,91
43	17,5	19,7	22,5	13,3	15,0	17,1	0,96	0,95	0,90
51	50,0	58,5	69,5	27,5	36,9	48,5	0,96	0,94	0,91
52	35,0	40,1	46,6	30,4	34,9	40,5	0,96	0,94	0,91
53	18,0	19,1	20,6	10,4	11,7	13,2	0,98	0,96	0,94
61	75,0	80,0	84,0	36,0	41,6	47,0	0,95	0,93	0,90
62	35,0	38,0	41,8	27,6	30,0	33,0	0,92	0,92	0,88
63	30,0	33,8	38,5	19,8	22,3	25,4	0,94	0,93	0,90
64	27,0	32,0	37,5	20,3	24,0	28,1	0,97	0,95	0,91
71	35,0	36,4	38,3	23,4	24,4	25,7	0,94	0,92	0,88
72	18,5	19,6	21,2	16,6	17,6	19,1	0,95	0,93	0,90
73	34,0	36,8	40,5	17,0	19,9	23,5	0,96	0,93	0,90
74	14,0	14,9	15,6	11,5	12,2	12,8	0,97	0,95	0,92
75	16,0	17,3	19,0	11,0	11,9	13,1	0,97	0,95	0,93
81	45,0	54,7	69,5	27,9	33,9	43,1	0,86	0,85	0,84
82	32,0	36,7	42,5	27,8	31,9	37,0	0,90	0,89	0,86
83	17,0	19,0	20,0	10,4	11,6	12,2	0,94	0,92	0,88
84	18,5	20,0	22,0	14,1	15,2	16,7	0,94	0,92	0,88
91	30,0	34,5	40,0	21,6	24,8	28,8	0,87	0,87	0,85
92	27,0	30,4	34,7	23,4	26,3	30,0	0,93	0,91	0,87
93	31,0	36,3	42,0	15,5	19,6	24,4	0,90	0,88	0,85
94	18,0	21,9	26,5	14,0	17,1	20,7	0,94	0,92	0,88
01	45,0	50,0	56,5	36,5	39,5	44,6	0,98	0,95	0,91
02	51,0	53,0	55,8	37,7	39,7	41,3	0,97	0,94	0,91

ные тресты — с годовым объемом СМР от 45 до 80 млн. руб. (тресты с шифрами 11, 12, 13, 51, 61, 81, 01, 02), вторая — средние тресты с объемом работ от 10,5 до 35 млн. руб. Принадлежность варианта АСУ к одной из этих групп будет обозначаться соответственно цифрами 1 и 2.

Каждый набор вариантов АСУ содержал два варианта системы — минимальный (М) и расширенный (Р), отличающиеся составом автоматизируемых задач. Таким образом, исходными являлись четыре варианта АСУ: минимальный для трестов группы 1 (М1), расширенный для трестов группы 1 (Р1), минимальный для трестов группы 2 (М2) и расширенный для трестов этой группы (Р2). Минимальный вариант включает 17 задач в подсистемах управления технической подготовкой производства, технико-экономического планирования, оперативного управления производством и управления материально-техническим снабжением. Расширенный вариант

охватывает, дополнительно к минимальному, ряд задач в рамках перечисленных подсистем, а также подсистемы управления качеством и управления кадрами*, всего 47 задач. Состав задач в минимальном и расширенном вариантах для трестов и групп 1 и 2 один и тот же. При этом принято, что показатели экономической эффективности АСУ γ^v и δ^v и затраты на проектирование системы определяются только составом автоматизируемых задач. От принадлежности треста к группе зависят при данном наборе задач эксплуатационные затраты и издержки на внедрение АСУ.

Таблица 2

Затраты на создание сформированных вариантов АСУ, тыс. руб.

Вариант АСУ	Затраты на проектирование, А				Затраты на ввод системы в эксплуатацию, Б			Всего
	заработная плата	машинное время	прочие расходы	итого	заработная плата	машинное время	итого	
M2	36,0	25,6	37,8	99,4	16,4	12,8	29,2	128,6
M1					27,9	21,3	49,2	148,6
P2	54,0	34,0	53,5	141,5	24,6	17,0	41,6	183,1
P1					41,1	34,0	75,1	216,6

Коэффициенты роста объемов и снижения затрат на 1 руб. СМР, выполняемых собственными силами за счет функционирования АСУ (γ^v , δ^v), были найдены путем усреднения результатов, полученных при расчете (по методике [3]) экономического эффекта соответствующих вариантов АСУ для ряда трестов. Увеличение объемов выполняемых собственными силами СМР за счет автоматизации управления составляет: для минимальных вариантов АСУ 3,7% ($\gamma=1,037$), для расширенных — 5,9% ($\gamma=1,059$); сокращение удельных затрат — 0,9% ($\delta=0,991$) и 2,0% ($\delta=0,980$) соответственно.

Затраты на разработку и внедрение сформированных вариантов АСУ и эксплуатационные расходы определялись на основе опыта создания таких систем в строительных трестах, результатов экспериментального использования ППП «Стройтрест», а также экспертных оценок. При этом выделялись затраты на проектирование системы (обследование и технико-экономическое обоснование, разработка технического задания, технорабочее проектирование, включая генерацию программ с помощью ППП и их отладку) и ввод ее в эксплуатацию (создание информационной базы, запись ее на машинные носители, опытная эксплуатация АСУ и другие мероприятия по внедрению системы). Поскольку предполагается обращение в ВЦКП без установки в трестах периферийного оборудования, затраты на приобретение и монтаж комплекса технических средств и связанные с этим работы отсутствуют. Общие издержки на создание сформированных вариантов АСУ и их состав отражены в табл. 2.

Затраты на проектирование складываются из: заработной платы разработчиков; машинного времени для генерации, привязки и отладки программ; прочих расходов. Трудоемкость разработки была оценена нами для минимальных вариантов АСУ в 20 человеко-лет, для расширенных — 30 человеко-лет; затраты машинного времени — соответственно в 300 и 400 часов (здесь и далее машинное время приводится в расчете на ЭВМ типа ЕС-1022, стоимость 1 машино-часа — 85 руб.). Продолжительность создания всех вариантов — 2 года.

* Эта подсистема базируется на использовании ППП «Кадры» [6].

Расходы на ввод системы в эксплуатацию включают: заработную плату персонала, создающего информационную базу; затраты на услуги ВЦ при записи ее на машинные носители и опытной эксплуатации АСУ (оплату машинного времени). Если при проектировании АСУ издержки обусловлены в основном только набором автоматизируемых задач, то при внедрении существенным для затрат фактором является зависящий от размеров предприятия объем информации, обрабатываемой в автомати-

Таблица 3

Годовые затраты на эксплуатацию сформированных вариантов АСУ

Вариант АСУ	Статьи затрат				Всего в год, тыс. руб.
	содержание группы эксплуатации АСУ		машинное время		
	чел.	тыс. руб.	час	тыс. руб.	
M2	10	16,4	600	51,0	67,4
M1	17	27,9	1000	85,0	112,9
P2	15	24,6	900	76,5	101,1
P1	20	41,1	1500	127,5	168,6

зированном режиме. Тем самым эти затраты определяются принадлежностью треста к группе 1 или 2. Для трестов одной группы объем такой информации и соответствующие статьи затрат считаются достаточно близкими (группы и были выделены из таких соображений).

Затраты разносятся по годам создания системы исходя из распределения во времени работ по ее проектированию и внедрению следующим образом: первый год — 38%, второй — 62% (для всех вариантов АСУ).

Годовые затраты P^v на эксплуатацию АСУ представлены в табл. 3. В их составе учитываются: заработная плата персонала, обеспечивающего эксплуатацию системы непосредственно в тресте (группа эксплуатации АСУ треста); оплата услуг ВЦКП. Поскольку применение периферийной техники непосредственно в тресте не предполагается, соответствующие статьи затрат отсутствуют.

Исходные данные по вариантам АСУ, взятые для расчетов, приведены в сводной табл. 4 в обозначениях модели (1)–(8). Индексы ресурсов имеют следующий смысл: $q=1$ соответствует финансовым ресурсам на создание АСУ (т. е. $r_{1\tau}^v \equiv K_{\tau}^v$), $q=2$ — разработчикам АСУ, $q=3$ — вычислительным мощностям на эксплуатацию АСУ, измеряемым затратами машинного времени (таким образом, $Q^{(v)} = \{1, 2\}$, $Q^{(o)} = \{3\}$).

Ресурсные ограничения. Как уже упоминалось, в качестве ограничивающих рассматривались: финансовые ресурсы на автоматизацию управления в отрасли; количество разработчиков, владеющих методами проектирования АСУ на базе ППП «Стройтрест» (и ППП «Кадры»); машинное время на эксплуатацию системы. Лимиты по ресурсам, принятые в расчетах в качестве исходных данных, показаны в табл. 5.

Лимит финансовых затрат на создание АСУ определялся в соответствии с рекомендуемым нормативом [7, с. 106] в размере 3% общего объема затрат на развитие отрасли, т. е. от прогнозируемых производственных капитальных вложений по отрасли в целом. Эти лимиты были уменьшены на величину затрат на приобретение вычислительной техники для ВЦКП (из расчета поставки одной ЭВМ типа ЕС-1022 ежегодно в течение всего данного планового периода). Общий фонд машинного времени сокращен с учетом его расхода, необходимого для осуществления ПКБ АСУ работ по созданию научно-технического задела; иными словами, в этот общий фонд не включается время на отладку задач и

Таблица 4

Показатели вариантов АСУ, используемые в расчетах

Вариант АСУ	γ^v	δ^v	θ^v , лет	$r_{q\tau}^v$				P^v , тыс. руб.	$r^v_{q=3}$, тыс. час
				$\tau=1$		$\tau=2$			
				$q=1$, тыс. руб.	$q=2$, чел.	$q=1$, тыс. руб.	$q=2$, чел.		
M2	1,037	0,991	2	48,9	10	79,7	10	67,4	0,6
M1	1,037	0,991	2	56,5	10	92,1	10	112,9	1,0
P2	1,059	0,980	2	69,6	15	113,5	15	101,1	0,9
P1	1,059	0,980	2	82,3	15	134,3	15	168,6	1,5

Таблица 5

Ресурсные ограничения

Индекс ресурса q	Вид ресурса	Значения лимитов по годам, R_{qt}				
		1981	1982	1983	1984	1985
1	Финансовые затраты, млн. руб.	1,75	1,85	2,0	2,0	2,1
2	Количество подготовленных разработчиков, чел.	30	50	80	100	120
3	Машинное время на эксплуатацию АСУ, тыс. час	8,0	12,0	16,0	20,0	24,0

другие работы по вновь создаваемым АСУ, поскольку они могут производиться на арендуемых ЭВМ других отраслей.

Прогноз динамики роста количества разработчиков, которые в состоянии достаточно квалифицированно осуществлять проектирование систем на базе ППП «Стройтрест», был сделан на основе экспертных оценок руководства ПБК АСУ.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ И ИХ АНАЛИЗ

Показатели оптимального плана представлены в табл. 6 и 7*. Линейный график создания АСУ в отрасли, соответствующий этому плану, приведен на рисунке. Оптимальный план предусматривает внедрение АСУ в 15 трестах, в том числе девять систем, вводимых в действие в одиннадцатой пятилетке, и шесть, переходящих на двенадцатую. Плановые объекты автоматизации составляют 37,5% от их общего числа. В план вошла целиком группа 1 (т.е. все крупные тресты с объемом СМР от 45 млн. руб. и выше). Для всех объектов запланированы АСУ с расширенным составом автоматизируемых задач (варианты P1, P2). Интегральный экономический эффект за 1981–1990 гг., приведенный к 1981 г. (значение целевой функции Э), для этого плана — 32,71 млн. руб.

Из сравнения расходов ресурсов на реализацию плана (табл. 7) и ресурсных ограничений (табл. 5) видно, что лимиты по финансовым затратам на создание АСУ и на вычислительные мощности не являются ограничивающими. Единственное лимитирующее ограничение — это количество разработчиков, однако прогнозируемая динамика его роста не

* При расчете интегрального экономического эффекта и суммарных вложений средств в разработку АСУ в отрасли не учитывались затраты на приобретение и монтаж вычислительной техники, поскольку, как было отмечено ранее, в данном случае этот процесс планируется независимо от конкретной программы работ по АСУ и, следовательно, они одинаковы для всех ее вариантов.

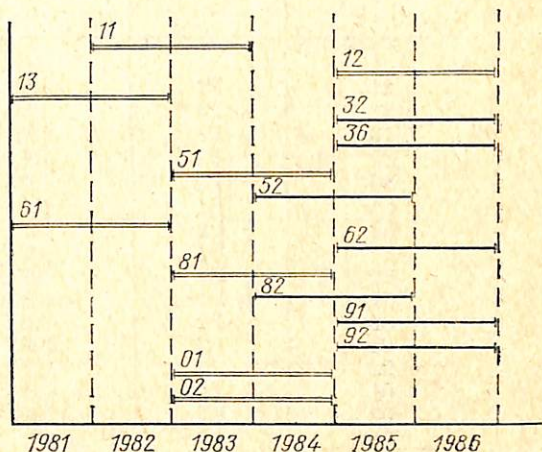
полностью соответствует динамике потребности для оптимального плана, что приводит к недоиспользованию этого ресурса в 1982–1984 гг.

Финансовые затраты на работы по автоматизации управления в оптимальном плане оказались существенно ниже нормативных. Это объясняется гораздо меньшей потребностью в вычислительных мощностях для эксплуатации АСУ строительными организациями по сравнению с АСУП и ориентацией на коллективное использование вычислительной техники, в то время как норматив (3% общего объема затрат на развитие отрасли) основан на опыте создания АСУ в промышленности, где, как правило, ЭВМ приобретались для каждой внедряемой системы. Кроме того, существенно уменьшает затраты и типизация проектирования АСУ. Неиспользованный остаток финансовых ресурсов позволяет обеспечить разработку и внедрение нетиповых систем (требующих индивидуального проектирования), не учтенных в расчетах.

Неполное использование вычислительных мощностей связано с их опережающим вводом в действие. Следует отметить высокий темп роста потребности в них: в 1983 г. на эксплуатацию АСУ понадобится около 20% фонда машинного времени, в 1984 г. — около 25%, в 1985 г. — около 50%. Резерв фонда машинного времени даст возможность осуществлять в плановом периоде отладку и опытную эксплуатацию программного обеспечения создаваемых АСУ на вычислительных центрах отрасли, не прибегая к его аренде у других организаций. Кроме того, величина этого резерва позволяет считать, что будут удовлетворены и потребности в вычислительных мощностях для эксплуатации нетиповых систем, не учитываемых в расчетах.

Согласно [3], эффективность капитальных вложений на создание АСУ, рассчитанная на первый год ее эксплуатации, должна быть не меньше норматива, установленного для вычислительной техники. Для всех включенных в план систем расчетные коэффициенты эффективности затрат на их создание превышают нормативное значение, установленное как по народному хозяйству в целом ($E_{\text{нвт}}=0,3$), так и по отрасли «Строительство» ($E_{\text{нвт}}=0,32$ [8]).

Множество субоптимальных планов $\{\omega\}$ составляют планы, удовлетворяющие условию $\mathcal{E}^{\omega} \geq \mathcal{E}^{\circ}(1-\varepsilon)$, где $\mathcal{E}^{\omega}$ — значение целевой функции $\mathcal{E}$ (интегрального экономического эффекта) для плана ω ; $\mathcal{E}^{\circ}$ — значение $\mathcal{E}$ в оптимальном плане; $0 < \varepsilon < 1$. Субоптимальные решения для $\varepsilon=0,03$ (3%) в сопоставлении с оптимальными приведены в табл. 8; в них подчеркнуты снизу тонкой линией элементы, отличающиеся от соответствующих элементов оптимального плана. Из таблицы видно, что множество объектов автоматизации, попадающих в решения с высоким значением целевой функции, довольно стабильно — из 17 трестов 12 входят во все субоптимальные планы. Сроки создания АСУ в разных решениях меняются незначительно, варианты АСУ, планируемые к реализации на от-



Динамика создания АСУ по оптимальному плану: двойной чертой обозначен вариант АСУ Р1, одинарной — АСУ Р2

Таблица 6

Оптимальный пообъектный план создания АСУ *

Шифр треста, s	Вариант АСУ, v	Год начала создания, $t_s^{(H)}$	Год начала эксплуатации, $t_s^{(Э)}$	Годовой прирост прибыли на год начала эксплуатации $\Delta_{st}^{(H)} v$, тыс. руб.
44	P1	1982	1984	770,4
12	P1	1985	1987	698,7
13	P1	1981	1983	904,2
32	P2	1985	1987	552,4
36	P2	1985	1987	560,2
51	P1	1983	1985	696,7
52	P2	1984	1986	756,7
61	P1	1981	1983	754,9
62	P2	1985	1987	663,5
81	P1	1983	1985	741,7
82	P2	1984	1986	745,0
91	P2	1985	1987	597,8
92	P2	1985	1987	595,3
01	P1	1983	1985	742,7
02	P1	1983	1985	738,8

* Год начала эксплуатации $t_s^{(Э)} = t_s^{(H)} + \theta^v$.

Таблица 7

Общие показатели оптимального плана

Показатели	Значение показателей по годам планового периода					
	1981	1982	1983	1984	1985	всего за 1981—1985
Прирост прибыли, млн. руб.	—	—	1,650	2,486	5,492	9,628
Прирост объемов СМР, млн. руб.	—	—	5,044	7,611	16,532	29,187
Затраты, млн. руб.	0,165	0,351	0,464	0,676	0,657	2,313
Количество разработчиков, чел.	30	45	75	90	120	—
Машинное время ЕС-1022 на эксплуатацию АСУ, тыс. час	—	—	3,0	4,5	10,5	—

дельных объектах, также в основном совпадают. Отсюда можно заключить, что в множестве допустимых планов нет таких, которые давали бы близкое к максимальному значению целевой функции и в то же время существенно отличались от оптимального. Это позволяет сделать вывод о достаточной устойчивости оптимального решения.

К сожалению, сравнить результаты расчетов с планом, полученным традиционным методом, не представляется возможным, поскольку к моменту проведения расчетов проекта такого плана на одиннадцатую пятилетку не существовало, а план на десятую пятилетку был несопоставим как по масштабам, так и по содержанию планируемых работ. Оценить эффективность оптимизации можно косвенно — сравнением оптимального

Таблица 8

Множество субоптимальных планов

Шифр треста	Год начала создания АСУ в тресте/вариант создаваемой АСУ									
	оптимальный план	субоптимальные планы								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
44	2/P1	2/P1	2/P1	2/P1	2/P1	2/P1	2/M1	2/P1	2/P1	2/P1
42	5/P1	5/P1	5/P1	4/P1	4/P1	5/P1	3/P1	3/P4	3/M1	—
43	4/P1	4/P1	4/P1	4/P1	4/P1	4/P1	4/P1	4/P1	4/P1	4/P1
32	5/P2	5/P2	5/P2	—	—	—	5/P2	5/P2	5/P2	5/P2
33	—	—	—	4/M2	3/M2	4/M2	3/M2	3/M2	5/P2	5/P2
36	5/P2	5/P2	5/P2	5/P2	5/P2	5/P2	5/P2	5/P2	5/P2	5/P2
37	—	—	—	—	3/M2	—	—	—	—	5/P2
54	3/P1	3/P1	4/P1	3/P1	3/P1	4/P1	4/P1	4/P1	4/P1	3/P1
52	4/P2	3/P2	3/P2	4/P2	5/P2	3/P2	3/P2	3/P2	3/P2	3/P2
64	4/P1	4/P1	4/P1	4/P1	4/P1	4/P1	4/P1	4/P1	4/P1	4/P1
62	5/P2	5/P2	3/P2	5/P2	5/P2	3/P2	5/P2	3/P2	5/P2	4/P2
81	3/P1	3/P1	4/P1	3/P1	3/P1	3/P1	3/P1	4/P1	3/P1	3/P1
82	4/P2	3/P2	3/P2	5/P2	5/P2	3/P2	3/P2	3/P2	3/P2	4/P2
94	5/P2	5/P2	5/P2	5/P2	5/P2	5/P2	5/P2	5/P2	5/P2	5/P2
92	5/P2	5/P2	3/P2	5/P2	5/P2	5/P2	5/P2	5/P2	5/P2	5/P2
04	3/P1	4/P1	5/P1	3/P1	3/P1	4/P1	4/P1	5/P1	4/P1	3/P1
02	3/P1	5/P1	5/P1	3/P1	4/P1	5/P1	5/P1	5/P1	3/M1	—
Значение целевой функции	32,74	32,65	32,50	32,30	32,49	32,46	32,40	32,07	34,91	34,90
Количество систем	45	45	45	45	46	45	46	46	46	45

Таблица 9

Варианты плана

Шифр треста	Год начала создания АСУ/вариант АСУ		
	оптимальный план	план А	план Б
11	2/P1	2/P1	2/P1
12	5/P1	5/M1	5/M1
13	1/P1	1/P1	1/P1
32	5/P2	4/M2	—
33	—	3/M2	4/M2
36	5/P2	4/M2	4/M2
37	—	4/M2	—
51	3/P1	4/M1	5/P1
52	4/P2	5/P2	4/P2
61	1/P1	1/P1	1/P1
62	5/P2	3/M2	4/M2
64	—	5/M2	—
71	—	5/M2	—
81	3/P1	4/M1	4/M1
82	4/P2	3/M2	3/M2
91	5/P2	3/M2	4/M2
92	5/P2	3/M2	4/M2
01	3/P1	5/M1	4/M1
02	3/P1	5/M1	4/M1
Интегральный экономический эффект, млн. руб.	32,71	23,75	22,61
Прирост прибыли за 1981–1985 гг., млн. руб.	9,63	8,06	7,04
Прирост объемов СМР за 1981–1985 гг., млн. руб.	29,19	25,48	21,55
Количество систем, шт.	15	19	15

решения с планами, где полностью используется лимитирующий ресурс (разработчики АСУ) и которые априорно представляются достаточно эффективными. В табл. 9 показаны два таких плана в сопоставлении с оптимальным.

План А предусматривает создание АСУ в 19 трестах, в том числе во всех, входящих в оптимальный план, т. е., на первый взгляд, обладает преимуществами перед ним. Однако интегральный экономический эффект плана А на 27,2% ниже, чем оптимального; суммарный прирост прибыли за пятилетку, обусловленный функционированием АСУ, меньше на 16,3%, а дополнительный объем СМР ниже на 12,7%. Из сравнения с оптимальным планом видно, что более низкие результирующие показатели плана А связаны с тем, что в нем больший охват автоматизацией управления различных объектов достигается за счет создания менее эффективных вариантов АСУ. План Б включает такое же количество объектов автоматизации, что и оптимальный, и не обладает очевидными недостатками, но показатели его эффективности еще ниже, чем у плана А. Это свидетельствует о том, что рациональные планы, которые вполне могли бы быть приняты при использовании традиционных методов их разработки, недостаточно близки к оптимальному. Отсюда можно сделать вывод об эффективности оптимизации.

Автор приносит глубокую благодарность В. А. Калантаевскому за большую помощь в сборе, подготовке и анализе исходных данных и обсуждения результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глущенко К. П. Проблемы планирования и организации разработок АСУ.— Экономика и матем. методы, 1976, т. XII, вып. 3.
2. Глущенко К. П. Планирование разработок АСУ в рамках отраслевых программ научно-технического прогресса.— В кн.: Проблемы повышения эффективности систем управления отраслями, предприятиями, объединениями в промышленности (Материалы конференции). Новосибирск: ИЭиОПП СО АН СССР, 1977.
3. Методика определения экономической эффективности автоматизированных систем управления предприятиями и производственными объединениями. М.: Статистика, 1979.
4. Методика (основные положения) определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. М.: Экономика, 1977.
5. Пакет прикладных программ «Планирование и учет строительно-монтажных работ строительного треста» (ППП «Стройтрест») на базе ОС ЕС. Краткое описание применения. Калинин: Центрипрограммсистем, 1980.
6. Пакет прикладных программ «Кадры-ОС» на базе ОС ЕС. Краткое описание применения. Калинин: Центрипрограммсистем, 1980.
7. Лапшин Ю. П. Развитие автоматизированных систем управления в промышленности. М.: Экономика, 1977.
8. Методические положения по составлению пятилетнего плана внедрения вычислительной техники в управление народным хозяйством. М.: НИИПИИ при Госплане СССР, 1975.

Поступила в редакцию
15 VI 1979