

оптимизации базиса АСУ ТП и АСНИ. Однако необходимо отметить, что корректная постановка задач оптимизации базиса может быть осуществлена по результатам анализа достаточно представительных выборок типовых алгоритмических и программных модулей из функционально полной библиотеки средств АСУ ТП и АСНИ отраслевого или даже межотраслевого назначения с учетом возможного использования результатов работ по созданию проблемно-ориентированных комплексов СМ ЭВМ и специализированных фондов алгоритмов и программ.

Л и т е р а т у р а

1. Солодовников В.В., Бирюков В.Ф., Тумаркин В.И. Принцип сложности в теории управления. - М.: Наука, 1977. - 341 с.
2. Горбатов В.А. Теория частично упорядоченных систем. - М.: Сов. радио, 1976. - 336 с.
3. Денисов В.Ф. Организация проектирования промышленных информационно-управляющих систем. - Стандарты и качество, 1981, № 8.
4. Болибок Д.Н. Алгоритмическое определение функциональной задачи управления. - Экономика и системы управления. Вып. 4, 1979, № 33.
5. Денисов В.Ф. Формализованная методика обследования технологических процессов для обоснования функциональной и алгоритмической структуры АСУ ТП /Информационный листок № 489-82. Куйбышевский ЦНТИ, 1982.
6. Грундспенькис Я.И. Формализация описания топологии сложной системы для автоматизации общего проектирования. - В кн.: Тезисы докладов VII Всесоюзного совещания по проблемам управления. - М.: ИИУ, 1977.
7. Нечипоренко В.И. Структурный анализ систем. Эффективность и надежность. - М.: Сов. радио, 1977. - 216 с.

УДК 681.3

М.А. Ш а м а ш о в

КОНСТРУКТИВНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
СРЕДСТВ ЦИФРОВОЙ ИМИТАЦИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АСНИ

(г. Куйбышев)

Создание автоматизированных систем научных исследований и комплексных испытаний образцов новой техники (АСНИ) предполагает достиже-

ние определенного народнохозяйственного социально-экономического эффекта в результате их использования, который может выражаться: в сокращении сроков эксперимента; уменьшении трудоемкости испытаний; повышении качества научных результатов; возможности постановки экспериментов, неосуществимых без использования средств автоматизации; замене дорогостоящих натуральных испытаний моделированием реальных условий; улучшении условия труда экспериментатора и т.п. [1]. В общем случае значение АСНИ можно оценить экономическим эффектом, представляющим собой суммарный доход \mathcal{E} от использования системы в течение ее жизненного цикла t_0 . Этот доход представим разностью между полной идеальной эффективностью \mathcal{E}_n и суммарными потерями и затратами C , снижающими этот доход [2]. Под идеальной эффективностью понимают совокупный доход от использования АСНИ, предполагая, что система не требует затрат на разработку, сопровождение, эксплуатацию и модификацию. Снижение идеальной эффективности на величину C как раз и обусловлено этими затратами.

Динамику совершенствования АСНИ более точно характеризует величина относительной эффективности

$$\frac{\partial \mathcal{E}}{\partial t} = \frac{\mathcal{E}}{C} = \frac{\mathcal{E}_n - C}{C}, \quad (1)$$

позволяющая учитывать прирост эффективности на единицу затрат [2]. Для получения этих показателей эффективность использования АСНИ и затраты на ее разработку необходимо определить в сопоставимых единицах измерения, например, стоимостных.

Так как многие виды АСНИ невозможно или очень трудно охарактеризовать доходом от их функционирования, что обусловлено неформализуемостью большинства функциональных критериев эффективности, исследование и создание АСНИ целесообразно проводить, минимизируя затраты C . При этом предполагается, что обеспечены заданные функциональные характеристики АСНИ и идеальная эффективность \mathcal{E}_n . Подобный подход приводится в работах В.В.Липаева [3, 4].

В данной статье рассматривается развитие результатов этих работ применительно к использованию средств цифрового моделирования при проектировании АСНИ.

Инструментальная система проектирования и отладки программно-аппаратных средств АСНИ [5], построенная на основе полной имитационной модели АСНИ [6], включает в свой состав цифровую модель КАМАК-систем [7]. Последняя позволяет автоматизировать ряд этапов проектирования КАМАК-аппаратуры: выбор состава команд и сигналов управления; исследование предполагаемой алгоритмики функционирования устройств, их взаимодейст-

вия с магистралью на предмет обеспечения целевых функций разрабатываемого устройства и унификации набора КАМАК-операций и реакции модулей на эти операции; определение структуры КАМАК-системы и т.п. Кроме того, модель обеспечивает проведение параллельной разработки КАМАК-устройств и программного обеспечения (ПО) по их обслуживанию, позволяющее сократить сроки и затраты на разработку аппаратуры и АСНИ в целом. Но в первую очередь предлагаемая инструментальная система предназначена для автоматизации процессов разработки и отладки ПО АСНИ [5].

Недостаточный опыт использования инструментальной системы при проектировании аппаратных компонентов АСНИ не дает возможности привести достоверные оценки снижения затрат на их разработку, поэтому остановимся лишь на сравнении затрат по разработке ПО АСНИ с использованием инструментальной системы и затрат по его реализации на резидентных средствах (микроЭВМ, входящей в состав АСНИ).

Затраты на разработку ПО на резидентной ЭВМ составляют [3]:

$$C_{1p} = \alpha_1 \frac{\Pi \lg \Pi (1 - \exp(-0,2N)) 2^{-u_1}}{\sqrt{(1-\rho)} N}, \quad (2)$$

где α_1 - стоимость разработки I-й команды уникальной АСНИ ($N = I$) при неавтоматизированной технологии разработки ПО ($u = 0$) и неограниченных ресурсах ЭВМ ($\rho = 0$),

Π - объем разрабатываемого ПО АСНИ,

ρ - загрузка ЭВМ,

N - тираж ПО АСНИ,

u_1 - уровень автоматизации технологии программирования.

При реализации ПО АСНИ на резидентной ЭВМ, например "Электроника-60", программы пишутся, как правило, на языке ассемблера, а отладка ведется в машинных кодах. Это соответствует уровню автоматизации $u_1 = 1$ [3].

Предлагаемая инструментальная система [5] соответствует достаточно современной технологии программирования, объем средств автоматизации достигает 100 тыс. команд и, следовательно, уровень автоматизации системы $u_2 = 3$ [3]. Без учета затрат на разработку инструментальной системы стоимость разработки ПО АСНИ с использованием системы при загрузке инструментальной ЭВМ, равной загрузке резидентной ЭВМ, и неизменного тиража ПО, будет составлять

$$C_{2p} = \alpha_1 \frac{\Pi \lg \Pi (1 - \exp(-0,2N)) 2^{-u_2}}{(1-\rho)^{u_2} N}, \quad (3)$$

Таким образом, при использовании инструментальной системы на основе средств моделирования затраты на разработку ПО по сравнению с его разработкой на резидентной ЭВМ АСНИ будут уменьшаться в K раз;

$$K = \frac{C_{1p}}{C_{2p}} = \frac{2^{-u_1}}{2^{-u_2}} = \frac{2^{-1}}{2^{-3}} = 4. \quad (4)$$

Стоимость создания инструментальной системы программирования можно определить через уровень автоматизации:

$$C_{1u} = \alpha_2 10^{u_2}. \quad (5)$$

Тиражирование ПО АСНИ N и разработка ряда комплексов ПО M на инструментальных средствах снижает долю затрат на создание инструментальной системы в общей стоимости одного комплекта ПО АСНИ:

$$C_{2u} = \frac{C_{1u}}{NM} = \frac{\alpha_2 10^{u_2}}{NM}, \quad (6)$$

где α_2 - стоимость простейших программных средств при неавтоматизированной технологии проектирования ПО ($u = 0$).

Для проектирования ПО конкретной АСНИ необходимо изменять модель КАМАК-системы в соответствии с составом и конфигурацией устройства связи с объектом. Затраты на создание (изменение) модели КАМАК-системы зависят от уровня универсальности модели V и тиража ПО АСНИ:

$$C_{3u} = \frac{\alpha_3 10^{-V}}{N}, \quad (7)$$

где α_3 - стоимость разработки модели конкретной КАМАК-системы на языке ассемблера инструментальной ЭВМ по предложенной методике (уровень универсальности модели КАМАК- $V = 0$).

Создание моделей различных КАМАК-систем показывает, что V , в зависимости от наличия средств автоматизации разработки модели КАМАК, может принимать следующие значения: $V = 1$, если при разработке модели применяется аппарат макрокоманд, макrorасширения которых интерпретируют элементарные операции в КАМАК-устройствах (пересылка в регистрах, установление значений и сброс триггеров, шин и т.п.); $V = 2$ при использовании архива и архитектора моделей КАМАК-устройств и систем, управляемых простейшим директивным языком [5, 7]; $V = 3$, если

для создания модели применяется язык функционального описания КАМАК-систем, транслятор которого генерирует модели описанных устройств и систем в стандарте КАМАК [5, 7].

Отметим, что затраты на разработку средств автоматизации построения моделей КАМАК-систем включены в общие затраты на создание инструментальной системы на базе средств моделирования $C_{1и}$. Рассмотренные затраты $C_{2р}$, $C_{2и}$, $C_{3и}$ - аддитивны. Суммарные затраты на разработку ПО АСНИ с использованием средств моделирования будут определяться выражением

$$C_n = \alpha_1 \frac{\text{Пл} \rho \Pi (1 - \exp(-0,2N)) 2^{-u_2}}{\sqrt{(1-\rho)} N} + \frac{\alpha_2 10^{u_2}}{NM} + \frac{\alpha_3 10^{-v}}{N}. \quad (8)$$

При рассмотрении затрат на реализацию ПО АСНИ на резидентных средствах $C_{1р}$ мы не учитывали стоимость базовых средств автоматизации программирования, так как уровень их автоматизации невелик ($u_1 = 1$), а тираж N и загрузка M достаточно большие.

Таким образом, с учетом стоимости средств автоматизации программирования, базирующихся на методах цифровой имитации, выражение (4) преобразуется к виду

$$K = \frac{C_{1р}}{C_n}. \quad (9)$$

Анализ выражения (9) показывает, что наибольшее влияние на величину K оказывает объем проектируемого ПО-П, тираж и загрузка средств автоматизации- N и M . В частности, при одноразовом использовании инструментальной системы для проектирования ПО уникальной АСНИ ($NM = 1$), средства моделирования целесообразно применять ($K > 1$) при объеме реализуемого ПО, превышающем 65 тыс. команд. При среднем тираже и загрузке инструментальной системы ($NM = 5...50$) и различных объемах реализуемого ПО ($\Pi = 3...100$ тыс.команд), величина K изменяется в пределах от 1,1 до 3,8.

Объем реализуемого программного обеспечения является функцией числа входных и выходных параметров разрабатываемой системы и уровня языка программирования [8].

Используя формулы (2), (8), (9) и результаты работы [8], можно получить априорные оценки $C_{1р}$, C_n и K . Анализ ряда физико-технических экспериментов, настоятельно требующих автоматизации, показывает, что даже при ограниченном тираже конструктивные показатели ка-

чества ПО, разрабатываемого с использованием обсуждаемых средств цифровой имитации в 1,8 - 3,2 раза превышают показатели того же ПО, которое будет разрабатываться на резидентной микроЭВМ с ограниченными ресурсами и средствами автоматизации программирования. Реализация ряда комплексов ЦО физико-технических АСНИ и опыт эксплуатации предлагаемой инструментальной системы подтверждают достоверность полученных оценок.

Иная грань выражения (9) предстает при использовании средств цифрового моделирования АСНИ для обучения специалистов. Инструментальная система проектирования программно-аппаратных средств АСНИ, построенная на основе модели АСНИ и ее подсистем, обеспечивает наглядное представление функционирования микроЭВМ и ее компонентов, устройства связи с объектом в стандарте КАМАК, объекта исследования АСНИ [5]. Это позволяет успешно использовать модель АСНИ для изучения архитектуры и состава команд микроЭВМ; логического стандарта КАМАК-систем; принципов функционирования КАМАК-системы, управляемой ЭВМ, или отдельных устройств в стандарте КАМАК; основ программирования для микроЭВМ, КАМАК-систем и АСНИ в целом. Эффективность использования систем моделирования в обучении программированию для АСНИ подтверждается и выражением (9), поскольку использование средств моделирования в обучении соответствует тому, что знаменатель выражения (6) - NM , характеризующий тираж и загрузку инструментальной системы, неограниченно возрастает (M - число обучаемых). Увеличение значения NM приводит к тому, что выражение (9) вырождается в выражение (4) и значение K , даже при небольших по объему учебных программах ($N = 25 - 100$ команд), будет приближаться к 4. Это позволяет утверждать, что эффективность обучения специалистов в области создания и эксплуатации АСНИ с использованием методов и систем моделирования значительно выше по сравнению с их подготовкой на резидентных средствах АСНИ.

Приведенные расчеты и оценки указывают на необходимость совершенствования и дальнейшего развития методов и средств цифрового моделирования, их скорейшего внедрения и широкого распространения как при решении задач проектирования АСНИ, так и при обучении специалистов в области автоматизации научных исследований.

Л и т е р а т у р а

1. Общеотраслевые руководящие методические материалы по созданию автоматизированных систем научных исследований и комплексных испытаний образцов новой техники (АСНИ). Редакция I-80.-М.: ИКНТ СССР, 1980.-37 с.

2. Юрлов Ф.Ф. Техничко-экономическая эффективность сложных радио-электронных систем. - М.: Сов.радио, 1980. - 280 с.

3. Дипаев В.В. Анализ конструктивной эффективности комплексов программ реального времени. - УСИМ, 1982, № 6, с. 47-55.

4. Дипаев В.В. Конструктивные показатели качества программ и их связь с технологией проектирования. - Известия АН СССР: Техническая кибернетика, 1982, № 2, с. 151-162.

5. Кораблин М.А., Шамашов М.А. Система автоматизации проектирования и отладки математического обеспечения АСНИ. - В кн.: Сбор и отработка информации в автоматизированных системах научных исследований. Тез. докл. VIII Всес. конф. по теории кодирования и передачи информации. М.- Куйбышев: Научный совет по комплексной проблеме "Кибернетика" АН СССР, 1981, с. 126-130.

6. Коварцев А.Н., Кораблин М.А., Шамашов М.А. Имитационное моделирование систем автоматизации эксперимента с использованием эмулятора полной конфигурации. - УСИМ, 1979, № 4, с. 124-127.

7. Кораблин М.А., Шамашов М.А. Моделирование КАМАК-систем. - В кн.: Моделирование дискретных управляющих и вычислительных систем. Тез. докл. III Всес. семинара. - Свердловск: УНЦ АН СССР, 1981, с. 113-115.

8. Холстед М. Начала науки о программах. - М.: финансы и статистика, 1981. - 128 с.

УДК 681.3:629.7

Б.В.Калинина, В.А.Цыбатов

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ОПТИМИЗАЦИИ РАЗМЕЩЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Непрерывное усложнение измерительно-вычислительных комплексов (ИВК) неизбежно ведет к увеличению удельного веса межэлементной сети связи в общем балансе материальных затрат, расходуемых на создание комплекса. Поэтому проблема пространственной организации ИВК и связанные с ней вопросы оптимального размещения его компонентов становятся все более актуальными.

Непрерывная задача о размещении элементов комплекса заключается в следующем.

Минимизировать

$$F(w_1, \dots, w_n) = \sum_{i \in I, j \in K} S_{ij} p(w_i, w_j) + \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m C_{ik} p(w_i, \tau_k), \quad (1)$$