

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУНАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ АСУ

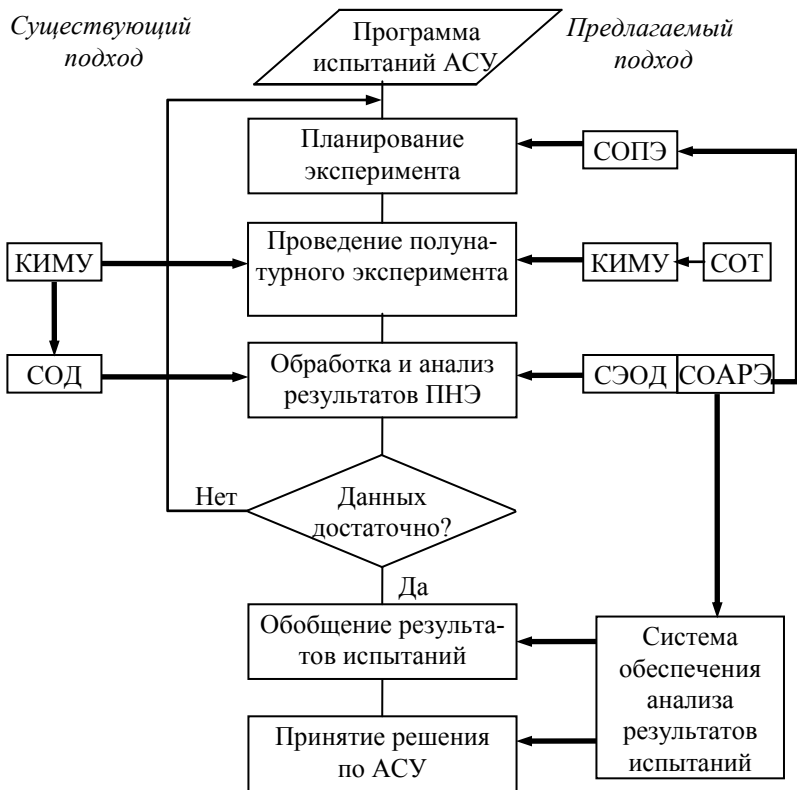
к.т.н. К.А. Метешкин  
(представил д.т.н., проф. Е.И. Бобырь)

Предлагается технология испытаний, основанная на стратегии последовательного адаптивного планирования полунатурных экспериментов, состав программных средств, обеспечивающих ее реализацию и оценку эффективности АСУ на этапе полигонных испытаний.

Одним из важнейших этапов жизненного цикла АСУ является этап полигонных испытаний. Во-первых, на основе данных, полученных при испытаниях, принимается решение о серийном производстве и поставке АСУ на вооружение. Во-вторых, представляется возможным провести предварительную оценку эффективности разрабатываемой АСУ. В-третьих, от продолжительности этого этапа во многом зависит общий срок разработки системы и, как следствие, острота проявления фактора морального старения.

В полигонных условиях проводятся испытательные эксперименты двух видов: натурные (НЭ) и полунатурные (ПНЭ). Натурные эксперименты предполагают непосредственное исследование АСУ в условиях, максимально приближенных к условиям боевого применения. Объектом исследования при ПНЭ является не вся АСУ, а только ее основная часть - комплекс средств автоматизации (КСА). Инструментом испытателей при проведении ПНЭ является комплексная испытательная моделирующая установка (КИМУ), имитирующая окружение КСА путем реализации моделей функционирования управляемых объектов. Следует отметить, что в ходе полигонных испытаний ПНЭ является основным поставщиком данных для оценки АСУ. Целесообразность применения данного вида экспериментов обусловлена не только экономическими соображениями (затраты на создание тактической обстановки с использованием КИМУ несоизмеримо меньше аналогичных затрат при натуральных испытаниях), но и оперативно-тактическими. Среди последних можно выделить самые существенные: обеспечение максимальной информационной загрузки КСА.

Процесс полунатурных испытаний приведен на рис. 1. При сложившейся технологии испытаний единственным инструментом лиц, принима-



ющих решения (ЛПР), является система обработки данных (СОД) КИМУ.

Рис. 1. Состав инструментария ЛПР при проведении полунатурных испытаний АСУ

СОД обеспечивает выдачу ЛПР в табличном и графическом виде содержание кодограмм обмена между КСА и моделями КИМУ, а также некоторых обобщенных характеристик качества зарегистрированной информации. При таком подходе ЛПР самостоятельно анализируют результаты обработки, намечают следующие эксперименты, выносят какие-либо суждения об АСУ.

В то же время характерным для процесса проведения ПНЭ является появление ситуаций, когда необходимо вмешаться в его ход, контролировать и управлять экспериментом. Реализовать такое управление в условиях быстро меняющихся, значительных объемов данных без их предварительного обобщения в реальном масштабе времени не представляется возможным. В этих условиях информативность эксперимента, т.е. количество новых сведений, получаемых об испытываемой си-

стеме, существенно зависит от многих субъективных факторов: квалификации ЛПР, умения быстро принимать решение при изменении обстановки и т.п.

Рассмотренные причины обуславливают актуальность совершенствования технологии полунатурных испытаний АСУ. Уточним постановку задачи планирования ПНЭ.

Предположим, что известными являются: множество  $\mathbf{P}$  частных показателей эффективности испытываемой АСУ  $\mathbf{P}_j$  ( $j = \overline{1, n}$ ), множество  $\mathbf{F}$  учитываемых в КИМУ факторов внешней среды  $\mathbf{f}_k$  ( $k = \overline{1, m}$ ); множество совокупностей учитываемых факторов  $y_1, y_2, \dots, y_m$  ( $y_i \subset \mathbf{F}$ ) каждая  $y_i$  позволяет оценить определенное подмножество  $x_i \subset \mathbf{P}$  ( $x_i \neq \emptyset$ ) совокупностей частных показателей эффективности и характеризуется значением затрат ресурсов  $\mathbf{R}_i$  (рис. 2). Под вариантом  $\Omega_S$  плана проведения ПНЭ будем понимать такую последовательность  $\mathbf{i}$  ( $\mathbf{i} \in \mathbf{S}$ ), которая обеспечивает оценку всего множества  $\mathbf{P}$  и характеризуется суммарными затратами ресурсов  $\omega_S$ :

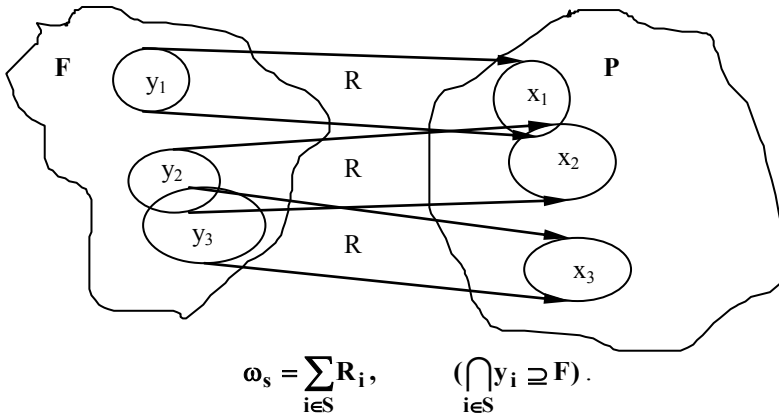


Рис. 2. Пример возможной взаимосвязи

Задача состоит в выборе такого варианта  $\Omega_S^0 \in \mathbf{S}$ , для которого  $\omega_S^0$  минимальны. Иными словами, выбор оптимального варианта плана проведения ПНЭ производится с помощью критерия

$$\Omega^0 = \left\{ \Omega_S^0 \mid \Omega_S^0 \in \mathbf{S} \wedge \omega_S^0 = \min_S \omega_S \right\}.$$

При такой постановке задача оптимального планирования экспериментов может быть решена методами теории выбора. Однако, существуют по крайней мере четыре особенности, корректно учесть которые

в рамках данной теории не представляется возможным.

Первая особенность состоит в том, что в состав ЛПП входит несколько групп испытателей. Для каждой из них характерны специфические полномочия и цели испытаний. Причем каждое из ЛПП имеет, как правило, несколько разное представление об актуальном составе множеств  $\mathbf{P}$  и  $\mathbf{F}$ , а так же взаимосвязи между  $y_i$  и  $x_i$ . Вторая особенность характеризуется появлением ситуаций, при которых необходимо вмешательство ЛПП в ход проведения ПНЭ, делает невозможной реализацию статического (однажды выбранного) плана эксперимента. Третья особенность требует учета заданной точности оценки  $\sigma_j$  каждого показателя  $\mathbf{P}_j$ , которая достигается при определенном количестве  $\eta_j$  измерений. Не имеет смысла тратить ресурсы для получения большего, чем  $\eta_j$ , количества измерений. Четвертая особенность требует введения приоритетов. Сложившаяся практика директивного задания срока испытаний  $\mathbf{T}_d$  может обусловить необходимость выделения приоритетов показателей  $\mathbf{P}_j$  и пересмотра точностей их оценки  $\sigma_j$ .

Учет отмеченных обстоятельств приводит к необходимости организации полунатурных испытаний в соответствии со стратегией последовательного адаптивного планирования ПНЭ (рис. 1). Для реализации данной стратегии предлагается следующий состав инструментария ЛПП: система обеспечения планирования экспериментов (СОПЭ); система экспресс обработки данных (СЭОД); система обеспечения анализа результатов экспериментов (СОАРЭ); система обеспечения анализа результатов испытаний (СОАРИ), система обеспечения тренажа ЛПП (СОТ). Указанные программные средства объединены целевым назначением - автоматизировать деятельность ЛПП на основных этапах проведения полунатурных испытаний АСУ.

Идея последовательного адаптивного планирования заключается в следующем. Проводится экспертный опрос ЛПП относительно состава факторной модели (ФМ) испытаний АСУ

$$\mathbf{M}_r = \langle \mathbf{F}_r, \mathbf{P}_r, \sigma_{jr}, \mathbf{I}_r \rangle, \quad (r = \overline{1, q}),$$

где  $\mathbf{I}_r$  – множество индивидуальных представлений  $r$ -го ЛПП о взаимосвязи между  $\mathbf{F}_r$  и  $\mathbf{P}_r$ ;  $q$  – общее число ЛПП.

СОПЭ обеспечивает: формирование методом группового выбора обобщенной ФМ  $\mathbf{M} \supseteq \mathbf{M}_r$ ; составление дробного факторного плана испытаний  $\mathbf{\Pi} = \{\mathbf{\Pi}_1, \mathbf{\Pi}_2, \dots, \mathbf{\Pi}_q\}$ ; расчет суммарной продолжительности испытаний  $\mathbf{T}_n$  и сравнение ее с  $\mathbf{T}_d$  (при  $\mathbf{T}_n > \mathbf{T}_d$  вырабатываются рекомендации по сокращению количества измерений для оценки отдельных показателей  $\mathbf{P}_j$ , после утверждения которых план испытаний уточняется); выдачу в КИМУ условий проведения очередного  $\mathbf{\Pi}_q$  ПНЭ.

При этом общее число измерений, отводимое на эксперимент, разбивается на несколько шагов. На каждом шаге планируется соответ-

ствующая часть измерений. Проводятся измерения (КИМУ), полученные результаты и сведения, поступающие извне, регистрируются с помощью тех или иных записывающих устройств (например, накопителя на магнитном диске) и анализируются (СЭОД) на факт отклонения от ФМ (в этом случае условия ПНЭ корректируются в части выделения дополнительного числа измерений для подтверждения данного факта). СОТ обеспечивает постоянную тренировку ЛПР и сглаживание различий в представлениях о составе множеств  $\mathbf{P}$  и  $\mathbf{F}$ , а также взаимосвязях между совокупностями учитываемых факторов внешней среды и частными показателями эффективности. Особенность СЭОД заключается в ее использовании по назначению в темпе поступления данных. Реализовать глубокий экспресс-анализ весьма затруднительно. Поэтому по окончании ПНЭ проводятся детальная обработка и анализ зарегистрированных данных с целью выявить отклонения от ФМ и плана испытаний (СОАРЭ), а также оценить подмножество показателей  $x_i$ . Производится оценка частных показателей эффективности и сравнение их с установленными по тактико-техническому заданию. При получении худших результатов оценки эффективности в ФМ и план проведения эксперимента вносятся необходимые коррективы с целью улучшения этих показателей. Полученные сведения регистрируются и используются в СОПЭ для формирования условий проведения очередного  $\Pi_q$  ПНЭ, в СОАРИ – для итоговой оценки результатов испытаний АСУ.

Анализ характера задач, возлагаемых на предложенные программные средства, показывает, что основу СОПЭ должны составлять известные методы теории выбора, теории оптимального планирования и теории расписаний, а остальные системы необходимо строить в классе интегрированных экспертных систем [1].

Таким образом, последовательное адаптивное планирование экспериментов позволяет повысить обоснованность принимаемых решений при полунатурных испытаниях АСУ, а с учетом реализации предложенных программных средств – сократить продолжительность и стоимость их проведения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Информационные технологии в испытаниях сложных объектов: методы и средства / Скурихин В.И., Крачев В.Г. и др. – К.: Наукова думка, 1990. – 320 с.