

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ (Вычислительные системы)

1996 год

Выпуск 157

УДК 519.854:658.712:008.2:001.89

ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОБОСНОВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Ю.А.Устюгов

В в е д е н и е

В статье сформулированы основные положения и этапы технологии автоматизированного обоснования значений характеристик перспектив развития технических систем (ТС) на основе множества фиксированных и варьируемых характеристик ТС, множества ограничений, условий и требований к ТС в соответствии с множеством целей исследования, сформулированных в результате анализа задач обоснования для выбранного класса ТС в заданной предметной области.

Выполнение отдельных этапов технологии в статье поясняется на конкретных примерах обоснования перспектив развития одного класса систем, имеющего более сорока характеристик при сорока ограничениях, условиях и требованиях. В исследованиях преследовалось около тридцати целей и определялись требуемые значения примерно сорока характеристик перспектив развития. Часть полученных в ходе двухсот экспериментов результатов в качестве иллюстраций приводятся в статье.

Изложенные ранее технологии планирования [1], прогнозирования [2] и технико-экономической оценки вариантов построения ТС [3] по отношению к изложенной в

статье технологии носят частный характер и используются для выполнения ряда этапов технологии.

1. Основные положения технологии

1.1. *Методологический аспект.* Исходя из задач обоснования перспектив развития выбранного класса ТС в заданной предметной области формируется множество целей исследования $J = \{j_1, j_2, \dots, j_M\}$.

В соответствии с множеством целей J для анализируемого ТС выбирается:

а) множество $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_R\}$ характеристик перспектив развития выбранного класса ТС;

б) множество $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_S\}$ ограничений, условий и требований (далее — ограничений), при которых проводится обоснование требуемых значений множества характеристик Y ;

в) множество характеристик ТС $X = \{x_1, x_2, \dots, x_K\}$, значения которых в ходе исследования не меняются;

г) множество характеристик ТС $W = \{w_1, w_2, \dots, w_V\}$, значения которых варьируются в ходе исследования.

Для проведения исследования задаются значения множества ограничений Z и множества характеристик X , с учетом множества Z выбираются диапазоны изменения и множество значений множества характеристик W .

Для достижения целей исследования J с учетом множества Y на множестве значений Z, X и W планируется множество экспериментов $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_N\}$. В ходе исследования для каждого эксперимента $q \in Q$ выбирается множество значений варьируемых характеристик $W_q \subset W$. В ходе эксперимента $q \in Q$ формируется множество Y_q промежуточных значений характеристик перспектив развития выбранного класса ТС.

После выполнения множества Q экспериментов на множестве $\bigcup_{q \in Q} Y_q$ определяются требуемые значения множества характеристик Y .

Исследование заканчивается совместным анализом множеств X, W, Z, J и Y . В результате формулируются вы-

воды и рекомендации по перспективе развития выбранного класса ТС.

1.2. *Основные этапы технологии.* В соответствии с п.1.1 технология поиска решения Y на множестве значений Z, X, W и J в ходе Q экспериментов для выбранного класса ТС включает следующие основные этапы:

1. Формирование множества целей J .
2. Выбор множества характеристик перспектив развития ТС Y .
3. Выбор множества ограничений Z .
4. Выбор множества неварьируемых характеристик ТС X .
5. Выбор множества варьируемых характеристик ТС W .
6. Задание значений K характеристик множества X .
7. Задание значений S ограничений множества Z .
8. Выбор диапазонов изменения и задание множества значений для V характеристик множества W .
9. Формирование множества экспериментов Q и планирование N экспериментов.
10. Реализация плана проведения N экспериментов и формирование множества результатов $\bigcup_{q \in Q} Y_q$.
11. Определение требуемых значений множества характеристик Y на множестве результатов $\bigcup_{q \in Q} Y_q$.
12. Совместный анализ множеств X, W, Z, J и Y .
13. Формулировка выводов и рекомендаций по перспективе развития выбранного класса ТС.

При выполнении этапов 9 и 10 используется технология планирования, изложенная в [1]. Для расширения исходных данных об анализируемых ТС за счет введения в исследование прогнозных вариантов построения ТС рассматриваемого класса при выполнении этапов 6 и 12 необходимо использовать технологию прогнозирования, описанную в [2] и дополненную в [3]. Для экспресс-оценки вариантов построения перспективных ТС и выявления при-

оритетного ряда анализируемых ТС можно использовать технологию, изложенную в [3].

2. Пример выполнения этапов 1 – 5 технологии для одного класса технических систем

2.1. *Множество целей J*. Выбран класс ТС — технические средства охраны (ТСО) трех видов: периметровые ТСО, объектовые ТСО и системы и средства обработки информации (ССОИ). Для анализа перспектив развития каждого вида ТСО определим семь целей исследования $J_1 - J_7$:

J_1 : в ходе $Q_1 \subset Q$ экспериментов по заданным X, Z и выбранному $W_1 \subset W$ найти решение $Y_{(1)} = \bigcup_{q \in Q_1} Y_q$ (множество $W \setminus W_1$ включает характеристики, изменение которых предусмотрено в целях $J_2 - J_5$);

J_2 : в ходе $Q_2 \subset Q$ экспериментов по заданным X, Z и выбранному $W_2 \subset W$ найти решение $Y_{(2)} = \bigcup_{q \in Q_2} Y_q$, представляющее результаты исследования возможности уменьшения на интервале времени Δt стоимости перспективной программы развития анализируемого вида ТСО $C_{\text{пр}(2)} \Sigma(\Delta t)$, объема поставок $\lambda_{(2)} \Sigma(\Delta t)$ и требуемого множества (номенклатуры) изделий $I_{(2)}^B(\Delta t) = \{i_{21}^B, i_{22}^B, \dots, i_{2l}^B\}$ за счет увеличения длительности службы изделий $\Delta t_{\text{сл}}$; $W_2 \setminus W_1 = \{\Delta t_{\text{сл}}\}$;

J_3 : в ходе $Q_3 \subset Q$ экспериментов по заданным X, Z и выбранному $W_3 \subset W$ найти решение $Y_{(3)} = \bigcup_{q \in Q_3} Y_q$, представляющее результаты исследования возможности уменьшения $C_{\text{пр}(3)} \Sigma(\Delta t)$, $\lambda_{(3)} \Sigma(\Delta t)$ и $I_{(3)}^B(\Delta t)$ за счет увеличения длительности поставок изделий Δt_c ; $W_3 \setminus W_1 = \{\Delta t_c\}$;

J_4 : в ходе $Q_4 \subset Q$ экспериментов по заданным X, Z и выбранному $W_4 \subset W$ найти решение $Y_{(4)} = \bigcup_{q \in Q_4} Y_q$, представляющее результаты исследования зависимостей $C_{\text{пр}(4)} \Sigma(\Delta t, \varphi)$, $\lambda_{(4)} \Sigma(\Delta t, \varphi)$ и $I_{(4)}^B(\Delta t, \varphi)$, где $\varphi = \frac{S_f(T_k)}{S_f(T_H - 1)}$, φ определяет изменение требований к ТС на интервале

Δt , $T_K - T_H = \Delta t$, T_H и T_K — соответственно годы начала и конца интервала времени, на котором исследуется перспектива развития ТС; $W_4 \setminus W_1 = \{\varphi\}$; $S_f(T)$ — требуемый для выполнения в год $T \in [T_H, T_K]$ объем работ по задаче $f \in [1, F]$, где F — число решаемых ТС задач;

J_5 : в ходе $Q_5 \subset Q$ экспериментов по заданным X, Z и выбранному $W_5 \subset W$ найти решение $Y_{(5)} = \bigcup_{q \in Q_5} Y_q$, представляющее результаты исследования возможности уменьшения $C_{пр(5)} \Sigma(\Delta t)$, $\lambda_{(5)} \Sigma(\Delta t)$ и $I_{(5)}^B(\Delta t)$ за счет увеличения числа современных образцов в выбранном составе изделий $N_{(5)} \Sigma(\Delta t)$ путем введения ограничения T^* на сроки начала поставок; $W_5 \setminus W_1 = \{T^*\}$;

J_6 : определить приоритетное множество (приоритетный ряд) изделий I^Π , частота γ ; попадания которых в $Q_6 = \bigcup_{m=1}^5 Q_m$ экспериментах в решениях $Y_{(6)} = \bigcup_{m=1}^5 Y_{(m)}$ в выбранные множества $I_m^B(\Delta t)$, $m = \overline{1, 5}$, удовлетворяет требованию $\gamma \geq \gamma_{\text{треб}}$; $W_6 = \bigcup_{m=1}^5 W_m$; определить и проанализировать множества $I \setminus I^\Pi$, $I \cap I^\Pi$, $I_* \setminus I^\Pi$, $I_* \cap I^\Pi$, $I_{* \text{треб}} \setminus I^\Pi$, $I_{* \text{треб}} \cap I^\Pi$, $I_{(m)}^B(\Delta t) \setminus I^\Pi$, $I_{(m)}^B(\Delta t) \cap I^\Pi$, где $m = \overline{1, 5}$; I — заданное множество изделий, I_* — часть множества изделий I , для которых объемы поставок $\lambda_{i*}(T)_{\text{доп}} > 0$ на интервале времени $[T_* - \Delta t_{\text{слmax}}, T_*]$ при $T_* = T_H - 1$ и $\Delta t_{\text{слmax}} = \max_{i \in I} \Delta t_{\text{сл}}$; $I_{* \text{треб}} = I_* \cap I_{(m)}^B(\Delta t)$;

J_7 : определить и проанализировать множества $I \setminus I_{(m)}^B(\Delta t)$, $I \cap I_{(m)}^B(\Delta t)$, $I_* \setminus I_{(m)}^B(\Delta t)$, $I_* \cap I_{(m)}^B(\Delta t)$, $I_{* \text{треб}} \setminus I_{(m)}^B(\Delta t)$, $I_{* \text{треб}} \cap I_{(m)}^B(\Delta t)$, где $m = \overline{1, 5}$.

Для анализа перспектив развития выбранного класса ТС (ТСО) в целом определим три цели исследования $J_8 - J_{10}$:

J_8 : определить и проанализировать множества $I_\Sigma \setminus I_\Sigma^\Pi$, $I_\Sigma \cap I_\Sigma^\Pi$, $I_\Sigma \setminus I_{(m)\Sigma}^B(\Delta t)$, $I_\Sigma \cap I_{(m)\Sigma}^B(\Delta t)$, $I_{*\Sigma} \setminus I_\Sigma^\Pi$, $I_{*\Sigma} \cap I_\Sigma^\Pi$, $I_{*\Sigma} \setminus I_{(m)\Sigma}^B(\Delta t)$, $I_{*\Sigma} \cap I_{(m)\Sigma}^B(\Delta t)$, где $I_\Sigma = \bigcup_{l=1}^3 I_l$, $I_\Sigma^\Pi = \bigcup_{l=1}^3 I_l^\Pi$, $I_{(m)\Sigma}^B(\Delta t) = \bigcup_{l=1}^3 I_{(m)l}^B(\Delta t)$,

$I_{\Sigma} = \bigcup_{l=1}^3 I_{\Sigma l}$, $I_{\Sigma \text{треб } \Sigma} = \bigcup_{l=1}^3 I_{\Sigma \text{треб } l}$; для периметровых ТСО $l = 1$, для объектовых ТСО $l = 2$, для ССОИ $l = 3$;

J_9 : определить и сопоставить величины $C_{\text{пр } \Sigma}(\Delta t) = \sum_{l=1}^3 C_{\text{пр } \Sigma l}(\Delta t)$ и $C_{\text{пр } l}(\Delta t)$, $l = \overline{1,3}$;

J_{10} : определить и сопоставить величины $U_{\text{треб } \Sigma}(\Delta t) = \sum_{l=1}^3 U_{\text{треб } l}(\Delta t)$ и $U_{\text{треб } l}(\Delta t)$, $l = \overline{1,3}$, где $U_{\text{треб } l}(\Delta t) = \max_{T \in [T_H, T_K]} U_{\text{треб } l}(T)$, $U_{\text{треб } l}(T)$ — требуемый в год $T \in [T_H, T_K]$ персонал для обслуживания изделий l -го вида, входящих в выбранный состав $N_{\Sigma l}(\Delta t)$, $l = \overline{1,3}$.

2.2. Множество характеристик Y . При проведении исследования l -го типа ТСО в соответствии с m -й целью получается множество характеристик $Y_{J_m l}$, $m = \overline{1,7}$, и $l = \overline{1,3}$. При проведении исследования в соответствии с целями $J_8 - J_{10}$ определяется множество характеристик $\bigcup_{m=8}^{10} Y_{J_m}$. Таким образом множество характеристик перспектив развития выбранного класса ТС определяется следующим образом:

$$Y = \left(\bigcup_{l=1}^3 \bigcup_{m=1}^7 Y_{J_m l} \right) \cup \left(\bigcup_{m=8}^{10} Y_{J_m} \right).$$

Множества $Y_{J_m l}$, $m = \overline{1,5}$, для l -го вида ТСО, $l = \overline{1,3}$, включают следующие характеристики:

$Y_{J_1 l}$:

$C_{\text{пр } \Sigma \text{треб } l}(\Delta t)$ — требуемая стоимость перспективной программы развития ТСО l -го вида на интервале времени Δt при проведении исследования в соответствии с целью J_1 (далее — на Δt при цели J_1);

$\lambda_{\Sigma \text{треб } l}(\Delta t)$ — требуемые объемы поставок изделий l -го вида на Δt при цели J_1 ;

$I_{\text{треб } l}^B(\Delta t)$ — требуемое множество (номенклатура) изделий l -го вида на Δt при цели J_1 ;

I_{1*} треб $l(\Delta t)$ — требуемая часть множества I_* изделий l -го вида на Δt при цели J_1 ;

λ_{1i} треб $l(\Delta t)$ — требуемые объемы поставок i -го изделия l -го вида на Δt при цели J_1 ; $i \in I_1^B$ треб $l(\Delta t)$;

N_{1i} треб $l(\Delta t)$ — требуемый состав i -х изделий l -го вида на Δt при цели J_1 ; $i \in I_1^B$ треб $l(\Delta t)$;

$N_{1\bar{L}}$ треб $l(\Delta t)$ — требуемый состав изделий l -го вида на Δt при цели J_1 ;

λ_{1i*} треб $l(T)$ — требуемые поставки i -х изделий l -го вида в год $T \in [T_H, T_K]$, $i_* \in I_{1*}$ треб l при цели J_1 ;

N_{1i*} треб $l(\Delta t)$ — требуемый состав i -х изделий l -го вида, $i_* \in I_{1*}$ треб l на Δt при цели J_1 ;

λ_{1i} треб $l(T)$ — требуемые поставки i -х изделий l -го вида, $i \in I_1^B$ треб $l(\Delta t)$, в год $T \in [T_H, T_K]$ при цели J_1 ;

N_{1i} треб $l(T)$ — требуемый состав i -х изделий l -го вида, $i \in I_1^B$ треб $l(\Delta t)$, в год $T \in [T_H, T_K]$ при цели J_1 ;

U_{1i} треб $l(T)$ — требуемый персонал для обслуживания i -х изделий l -го вида, $i \in I_1^B$ треб $l(\Delta t)$, в год $T \in [T_H, T_K]$ при цели J_1 ;

$C_{1\text{пр}}^H(\Delta t)$, $C_{1\text{пр}}^C(\Delta t)$, $C_{1\text{пр}}^O(\Delta t)$ — распределение затрат в перспективной программе для изделий l -го вида на НИОКР, поставки и эксплуатацию соответственно на Δt при цели J_1 ;

$C_{1\text{л}}^H(\Delta t)$, $i \in I_1^B$ треб $l(\Delta t)$ — распределение затрат в перспективной программе по изделиям l -го вида на Δt при цели J_1 ;

$C_{1\text{л}}^H(\Delta t)$, $f \in \overline{1, \bar{F}}$ — распределение затрат в перспективной программе для изделий l -го вида по задачам $f \in \bar{F}$ на Δt при цели J_1 ;

$C_{1\text{л}}^H(\Delta t)$ — распределение затрат в перспективной программе для изделий l -го вида по годам $T \in [T_H, T_K]$ при цели J_1 ;

$C_{1\text{л}}^H(\Delta t)$, $C_{1\text{л}}^C(\Delta t)$, $C_{1\text{л}}^O(\Delta t)$, $i \in I_1^B$ треб $l(\Delta t)$, — распределение затрат в перспективной программе для i -х изделий

l -го вида на НИОКР, поставки и эксплуатацию соответственно на Δt при цели J_1 ;

$C_{1i\sigma}(T)$ — распределение затрат в перспективной программе по i -м изделиям l -го вида по годам $T \in [T_H, T_K]$ при цели J_1 ;

$C_{1fi}^H(\Delta t)$, $C_{1fi}^C(\Delta t)$, $C_{1fi}^O(\Delta t)$, $f = \overline{1, F_1}$, — распределение затрат в перспективной программе для изделий l -го вида по задачам $f \in F_1$ на НИОКР, закупки и эксплуатацию соответственно на Δt при цели J_1 ;

$C_{1\text{пл } i}^H(\Delta t)$, $C_{1\text{пл } i}^C(\Delta t)$, $C_{1\text{пл } i}^O(\Delta t)$ — распределение затрат в перспективной программе для изделий l -го вида по годам $t \in [T_H, T_K]$ на НИОКР, закупки и эксплуатацию соответственно на Δt при цели J_1 ;

$C_{1i}^H(T)$, $C_{1i}^C(T)$, $C_{1i}^O(T)$, $i \in I_1^B$ треб $i(\Delta t)$, — распределение затрат в перспективной программе по i -м изделиям l -го вида по годам на НИОКР, закупки и эксплуатацию при цели J_1 ;

$Y_{J_2 l}$:

C_2 пр σ треб $i(\Delta t, \Delta t_{\text{сл } i})$, λ_2 σ треб $i(\Delta t, \Delta t_{\text{сл } i})$,
 $I_{2\text{треб } i}^B(\Delta t, \Delta t_{\text{сл } i})$, $I_{2\text{треб } i}(\Delta t, \Delta t_{\text{сл } i})$, $\lambda_{2i\text{треб } i}(\Delta t, \Delta t_{\text{сл } i})$,
 $N_{2i\text{треб } i}(\Delta t, \Delta t_{\text{сл } i})$, $N_{2\sigma\text{треб } i}(\Delta t, \Delta t_{\text{сл } i})$,
 $\lambda_{2i\text{треб } i}(T, \Delta t_{\text{сл } i})$, $N_{2i\text{треб } i}(\Delta t, \Delta t_{\text{сл } i})$, $\lambda_{2i\text{треб } i}(T, \Delta t_{\text{сл } i})$,
 $N_{2i\text{треб } i}(T, \Delta t_{\text{сл } i})$, $U_{2i\text{треб } i}(T, \Delta t_{\text{сл } i})$,
 $C_{2\text{пр } i}^H(\Delta t, \Delta t_{\text{сл } i})$, $C_{2\text{пр } i}^C(\Delta t, \Delta t_{\text{сл } i})$, $C_{2\text{пр } i}^O(\Delta t, \Delta t_{\text{сл } i})$,
 $C_{2i\sigma}(\Delta t, \Delta t_{\text{сл } i})$, $C_{2f\sigma}(\Delta t, \Delta t_{\text{сл } i})$, $C_{2\text{пл } \sigma}(T, \Delta t_{\text{сл } i})$,
 $C_{2i}^H(\Delta t, \Delta t_{\text{сл } i})$, $C_{2i}^C(\Delta t, \Delta t_{\text{сл } i})$, $C_{2i}^O(\Delta t, \Delta t_{\text{сл } i})$, $C_{2i\sigma}(T, \Delta t_{\text{сл } i})$,
 $C_{2fi}^H(\Delta t, \Delta t_{\text{сл } i})$, $C_{2fi}^C(\Delta t, \Delta t_{\text{сл } i})$, $C_{2fi}^O(\Delta t, \Delta t_{\text{сл } i})$,
 $C_{2\text{пл } i}^H(T, \Delta t_{\text{сл } i})$, $C_{2\text{пл } i}^C(T, \Delta t_{\text{сл } i})$, $C_{2\text{пл } i}^O(T, \Delta t_{\text{сл } i})$,
 $C_{2i}^H(T, \Delta t_{\text{сл } i})$, $C_{2i}^C(T, \Delta t_{\text{сл } i})$, $C_{2i}^O(T, \Delta t_{\text{сл } i})$ при
 $i \in I_2^B$ треб $i(\Delta t, \Delta t_{\text{сл } i})$, $i \in I_{2\sigma}$ треб $i(\Delta t, \Delta t_{\text{сл } i})$, $f =$
 $= \overline{1, F_1}$, $T \in [T_H, T_K]$, $\Delta t_{\text{сл } i} \in [\Delta t_{\text{сл } \min i}, \Delta t_{\text{сл } \max i}]$;

$Y_{J_3 l}$:

$C_{3\text{пр } \sigma}$ треб $i(\Delta t, \Delta t_{\text{сл } i})$, $\lambda_{3\sigma}$ треб $i(\Delta t, \Delta t_{\text{сл } i})$, $I_{3\text{треб } i}^B(\Delta t, \Delta t_{\text{сл } i})$,
 $I_{3\sigma}$ треб $i(\Delta t, \Delta t_{\text{сл } i})$, λ_{3i} треб $i(\Delta t, \Delta t_{\text{сл } i})$, N_{3i} треб $i(\Delta t,$

$\Delta t c l$), $N_{3\Sigma}$ трeб $l(\Delta t, \Delta t c l)$, λ_{3i^*} трeб $l(T, \Delta t c l)$, N_{3i^*} трeб $l(\Delta t, \Delta t c l)$, λ_{3i} трeб $l(T, \Delta t c l)$, N_{3i} трeб $l(T, \Delta t c l)$, U_{3i} трeб $l(T, \Delta t c l)$, $C_{3 \text{ пр } l}^H(\Delta t, \Delta t c l)$, $C_{3 \text{ пр } l}^C(\Delta t, \Delta t c l)$, $C_{3 \text{ пр } l}^{\mathcal{D}}(\Delta t, \Delta t c l)$, $C_{3i \Sigma l}(\Delta t, \Delta t c l)$, $C_{3f \Sigma l}(\Delta t, \Delta t c l)$, $C_{3 \text{ пл } \Sigma l}(T, \Delta t c l)$, $C_{3i l}^H(\Delta t, \Delta t c l)$, $C_{3i l}^C(\Delta t, \Delta t c l)$, $C_{3i l}^{\mathcal{D}}(\Delta t, \Delta t c l)$, $C_{3i \Sigma l}(T, \Delta t c l)$, $C_{3f l}^H(\Delta t, \Delta t c l)$, $C_{3f l}^C(\Delta t, \Delta t c l)$, $C_{3f l}^{\mathcal{D}}(\Delta t, \Delta t c l)$, $C_{3 \text{ пл } l}(T, \Delta t c l)$, $C_{3 \text{ пл } l}^C(T, \Delta t c l)$, $C_{3 \text{ пл } l}^{\mathcal{D}}(T, \Delta t c l)$, $C_{3i l}^H(T, \Delta t c l)$, $C_{3i l}^C(T, \Delta t c l)$, $C_{3i l}^{\mathcal{D}}(T, \Delta t c l)$ при $i \in \in I_3^B$ трeб $l(\Delta t, \Delta t c l)$, $i_* \in I_{3*}$ трeб $l(\Delta t, \Delta t c l)$, $f = \overline{1, \overline{F_1}}$, $T \in [T_H, T_K]$, $\Delta t c l \in [\Delta t c \text{ min } l, \Delta t c \text{ max } l]$;

$Y_{J_4 l}$:

$C_{4 \text{ пр } \Sigma}$ трeб $l(\Delta t, \varphi l)$, $\lambda_{4 \Sigma}$ трeб $l(\Delta t, \varphi l)$, $I_{4 \text{ трeб } l}^B(\Delta t, \varphi l)$, I_{4*} трeб $l(\Delta t, \varphi l)$, λ_{4i^*} трeб $l(\Delta t, \varphi l)$, N_{4i^*} трeб $l(\Delta t, \varphi l)$, $N_{4 \Sigma}$ трeб $l(\Delta t, \varphi l)$, λ_{4i} трeб $l(T, \varphi l)$, N_{4i} трeб $l(\Delta t, \varphi l)$, λ_{4i} трeб $l(T, \varphi l)$, N_{4i} трeб $l(T, \varphi l)$, U_{4i} трeб $l(T, \varphi l)$, $C_{4 \text{ пр } l}^H(\Delta t, \varphi l)$, $C_{4 \text{ пр } l}^C(\Delta t, \varphi l)$, $C_{4 \text{ пр } l}^{\mathcal{D}}(\Delta t, \varphi l)$, $C_{4i \Sigma}(\Delta t, \varphi l)$, $C_{4f l}(\Delta t, \varphi l)$, $C_{4 \text{ пл } \Sigma}(T, \varphi l)$, $C_{4i l}^H(\Delta t, \varphi l)$, $C_{4i l}^C(\Delta t, \varphi l)$, $C_{4i l}^{\mathcal{D}}(\Delta t, \varphi l)$, $C_{4i \Sigma}(T, \varphi l)$, $C_{4f l}^H(\Delta t, \varphi l)$, $C_{4f l}^C(\Delta t, \varphi l)$, $C_{4f l}^{\mathcal{D}}(\Delta t, \varphi l)$, $C_{4 \text{ пл } l}(T, \varphi l)$, $C_{4 \text{ пл } l}^H(T, \varphi l)$, $C_{4 \text{ пл } l}^C(T, \varphi l)$, $C_{4i l}^{\mathcal{D}}(T, \varphi l)$ при $i \in \in I_4^B$ трeб $l(\Delta t, \varphi l)$, $i_* \in I_{4*}$ трeб $l(\Delta t, \varphi l)$, $f = \overline{1, \overline{F_1}}$, $T \in [T_H, T_K]$, $\varphi l \in [\varphi \text{ min } l, \varphi \text{ max } l]$;

$Y_{J_5 l}$:

$C_{5 \text{ пр } \Sigma}$ трeб $l(\Delta t, T_l^*)$, $\lambda_{5 \Sigma}$ трeб $l(\Delta t, T_l^*)$, $I_{5 \text{ трeб } l}^B(\Delta t, T_l^*)$, I_{5*} трeб $l(\Delta t, T_l^*)$, λ_{5i^*} трeб $l(\Delta t, T_l^*)$, N_{5i^*} трeб $l(\Delta t, T_l^*)$, $N_{5 \Sigma}$ трeб $l(\Delta t, T_l^*)$, λ_{5i} трeб $l(T, T_l^*)$, N_{5i} трeб $l(\Delta t, T_l^*)$, λ_{5i} трeб $l(T, T_l^*)$, N_{5i} трeб $l(T, T_l^*)$, U_{5i} трeб $l(\Delta t, T_l^*)$, $C_{5 \text{ пр } l}^H(\Delta t, T_l^*)$, $C_{5 \text{ пр } l}^C(\Delta t, T_l^*)$, $C_{5 \text{ пр } l}^{\mathcal{D}}(\Delta t, T_l^*)$, $C_{5i \Sigma}(\Delta t, T_l^*)$, $C_{5f \Sigma}(\Delta t, T_l^*)$, $C_{5 \text{ пл } \Sigma}(T, T_l^*)$, $C_{5i l}^H(\Delta t, T_l^*)$, $C_{5i l}^C(\Delta t, T_l^*)$, $C_{5i l}^{\mathcal{D}}(\Delta t, T_l^*)$, $C_{5i \Sigma}(T, T_l^*)$, $C_{5f l}^H(\Delta t, T_l^*)$, $C_{5f l}^C(\Delta t, T_l^*)$, $C_{5f l}^{\mathcal{D}}(\Delta t, T_l^*)$, $C_{5 \text{ пл } l}(T, T_l^*)$, $C_{5 \text{ пл } l}^H(T, T_l^*)$, $C_{5 \text{ пл } l}^C(T, T_l^*)$, $C_{5i l}^{\mathcal{D}}(T, T_l^*)$ при $i \in \in I_5^B$ трeб $l(\Delta t, T_l^*)$, $i_* \in I_{5*}$ трeб $l(\Delta t, T_l^*)$, $f = \overline{1, \overline{F_1}}$, $T \in \in [T_H, T_K]$, $T_l^* \in [T_{\text{min } l}^*, T_{\text{max } l}^*]$.

Множества $Y_{J_m l}$, $m = 6, 7$, для l -го вида ТСО, $l = \overline{1, 3}$, включают следующие множества:

$$Y_{J_6 l} : I_l^\Pi, I_l \setminus I_l^\Pi, I_l \cap I_l^\Pi, I_{*l} \setminus I_l^\Pi, I_{*l} \cap I_l^\Pi, I_{m*} \text{ троб } l \setminus I_l^\Pi, \\ I_{m*} \text{ троб } l \cap I_l^\Pi, I_{m*}^B \text{ троб } l \setminus I_l^\Pi, I_{m*}^B \text{ троб } l \cap I_l^\Pi, \quad m = \overline{1, 5};$$

$$Y_{J_7 l} : I_l \setminus I_{m*}^B \text{ троб } l, I_l \cap I_{m*}^B \text{ троб } l, I_{*l} \setminus I_{m*}^B \text{ троб } l, I_{*l} \cap \\ \cap I_{m*}^B \text{ троб } l, I_{m*} \text{ троб } l \setminus I_{m*}^B \text{ троб } l, I_{m*} \text{ троб } l \cap I_{m*}^B \text{ троб } l, \\ m = \overline{1, 5}.$$

Множество Y_{J_8} включает следующие множества:

$$Y_{J_8} : I_\Sigma = \bigcup_{l=1}^3 I_l, I_\Sigma^\Pi = \bigcup_{l=1}^3 I_l^\Pi, I_{m\Sigma}^B = \bigcup_{l=1}^3 I_{m*}^B \text{ троб } l, I_{m*\Sigma} = \\ = \bigcup_{l=1}^3 I_{m*} \text{ троб } l, I_{*\Sigma} = \bigcup_{l=1}^3 I_{*l}; \quad I_\Sigma \setminus I_\Sigma^\Pi, I_\Sigma \cap I_\Sigma^\Pi, I_\Sigma \setminus I_{m\Sigma}^B, \\ I_\Sigma \cap I_{m\Sigma}^B, I_{*\Sigma} \setminus I_\Sigma^\Pi, I_{*\Sigma} \cap I_\Sigma^\Pi, I_{m*\Sigma} \setminus I_\Sigma^\Pi, I_{m*\Sigma} \cap I_\Sigma^\Pi, I_{m\Sigma}^B \setminus I_\Sigma^\Pi, \\ I_{m\Sigma}^B \cap I_\Sigma^\Pi, \quad m = \overline{1, 5}.$$

Множества Y_{J_m} для $m = 9, 10$ включают следующие характеристики:

$$Y_{J_9} : C_{m \text{ пр } \Sigma \text{ троб } l}(\Delta t), \quad l = \overline{1, 3}, \quad C_{m \text{ пр } \Sigma \text{ троб}}(\Delta t) = \\ = \sum_{l=1}^3 C_{m \text{ пр } \Sigma \text{ троб } l}(\Delta t), \quad m = \overline{1, 5};$$

$$Y_{J_{10}} : U_{m \text{ троб } \Sigma}(\Delta t) = \sum_{l=1}^3 U_{m \text{ троб } l}(\Delta t), \quad U_{m \text{ троб } l}(\Delta t) = \\ = \max_{T \in [T_H, T_K]} U_{m \text{ троб } l}(T), \quad \text{где}$$

$$U_{m \text{ троб } l}(T) = \sum_{i \in I_{m*}^B \text{ троб } l(\Delta t)} U_{m i \text{ троб } l}(T),$$

$$m = \overline{1, 5}.$$

2.3. Множество ограничений Z . При проведении Q экспериментов для $l = \overline{1, 3}$ и $m = \overline{1, 5}$ должны выполняться следующие условия:

$$1) C_{m \text{ пр } \Sigma \text{ троб } l}(\Delta t) \leq C_{\text{пр } \Sigma \text{ троб } l} \text{ доп}, \quad \lambda_{m \Sigma \text{ троб } l}(\Delta t) \leq \\ \leq \lambda_{\Sigma \text{ троб } l} \text{ доп}, \quad I_{m*}^B \text{ троб } l(\Delta t) \leq I_{l \text{ доп}}^B, \quad I_{m*} \text{ троб } l(\Delta t) \leq I_{*l} \text{ доп}, \\ \lambda_{m i \text{ троб } l}(\Delta t) \leq \lambda_{i \text{ троб } l} \text{ доп}, \quad N_{m i \text{ троб } l}(\Delta t) \leq N_{i \text{ троб } l} \text{ доп},$$

$N_{m\epsilon}$ треб $l(\Delta t) \leq N_{\epsilon}$ доп, $\lambda_{m i} \cdot$ треб $l(T) \leq \lambda_i \cdot l$ доп,
 $N_{m i}$ треб $l(\Delta t) \leq N_{i l}$ доп, $U_{m i}$ треб $l(T) \leq U_{i l}$ доп, $\Delta t_{\text{сл}} \leq \Delta t_{\text{сл}} i$ доп, $\Delta t_{\text{с}} \leq \Delta t_{\text{с}} i$ доп, $\varphi_l \leq \varphi_l$ доп, $T_l^* \leq T_{l \text{ доп}}^*$;
 $i \in I_{m \text{ треб } l}^B(\Delta t)$;

2) начиная с года $T \geq T_H \geq T_H + 4$ выбранное множество изделий l -го вида $I_{m \text{ треб } l}^B(\Delta t)$ и состав $N_{m \epsilon}$ треб $l(\Delta t)$ должны обеспечивать выполнение по задаче $f \in F_l$ на интервале времени Δt объем работ

$$S_{fl}(T) = \sum_{i \in I_{m \text{ треб } l}^B(\Delta t)} \alpha_{ifl} \geq S_{f l \text{ треб } l}(T),$$

при этом процент Ψ выполнения всех задач F_l на Δt должен удовлетворять требованию $\Psi \geq \Psi_{\text{треб } l}$, где α_{ifl} — объем работы, выполняемой ежегодно единичным образцом i -го изделия l -го вида по задаче f ;

3) стоимость перспективной программы $C_{m \text{ претреб } l}(\Delta t)$ должна определяться с учетом заданного множества значений индекса цен $K_{\text{инфл}}(T)$, $T \in [T_H, T_K]$ по отношению к ценам в год $T_* = T_H - 1$;

4) затраты на НИОКР $C_i^H(T)$ и поставки $C_i^C(T)$ i -го изделия l -го вида должны быть приведены к году T_* , $i \in I_l$;

5) при определении $I_{m \text{ треб } l}^B(\Delta t)$ необходимо: максимально использовать изделия множества $I_{\Delta l}$ и I_l^H ; обеспечить равномерное изменение $\lambda_{m \text{ треб } l}(T)$ и $I_{m \text{ треб } l}^B(T)$ в пределах $T \in [T_H, T_K]$; использовать все типы изделий l -го вида и обеспечить $\min U_{m \text{ треб } l}(\Delta t)$.

2.4. Множество характеристик X . На интервале времени $[T_p, T_K] ([T_H, T_K] \subset [T_p, T_K])$ задано множество изделий l -го вида I_l , решающих множество задач F_l . Для каждого изделия $i \in I_l$ известны:

а) год начала t_H ; длительность Δt_H ; и стоимость в год T , $C_i^H(T)$, НИОКР по разработке и созданию i -го изделия;

б) год начала t_{c_i} и длительность Δt_{c_i} поставок i -го изделия, стоимость изготовления в год T , $C_i^c(T)$, единичного образца i -го изделия;

в) год прекращения поставок $t_{\Theta_i} = t_{c_i} + \Delta t_{c_i}$, длительность службы $\Delta t_{сл_i}$ и стоимость эксплуатации единичного образца i -го изделия в год T : $C_i^{\Theta}(T) = C_i^c(T)K_i^{\Theta}$;

г) длительность жизненного цикла i -го изделия $\Delta t_{жц_i} = \Delta t_{н_i} + \Delta t_{c_i} + \Delta t_{сл_i}$; и число ежегодно теряемых i -х изделий $K_{пот_i}$ в нештатных ситуациях;

д) число лиц U_i , ежегодно занятых эксплуатацией единичного образца i -го изделия;

е) объем работ α_{if} , выполняемый единичным образцом i -го изделия по задаче $f \in F_i$.

2.5. Множество характеристик W . В соответствии с п.2.1 для $l = \overline{1,3}$ множество W_{ml} варьируемых в экспериментах Q_m характеристик, $m = \overline{1,5}$, имеют следующий вид: $W_{1l} = \{\lambda_{il}(T), \lambda_{i*l}(T), \lambda_{il}(\Delta t), \lambda_{\Sigma l}(\Delta t); i \in I_l, i_* \in I_{*l}\}$, $W_{2l} = \{\Delta t_{сл_i}\}$, $W_{3l} = \{\Delta t_{c_i}\}$, $W_{4l} = \{\varphi_i\}$, $W_{5l} = \{T_i^*\}$.

3. Результаты выполнения этапов 6-13 технологии для первого вида систем выбранного класса — периметровых ТСО

3.1. Некоторые результаты выполнения этапов 6-9.

3.1.1. K_1 характеристик множества X . В соответствии с п.2.4 для $l = 1$ заданы следующие K_1 характеристик множества X : $T_p = 1985$, $T_H = 1996$, $T_K = 2015$, $I_1 = 97$, $F_1 = 15$, $T_* = 1995$, $t_{H_i} \in [1971, 1991]$, $\Delta t_{H_i} = 4$, $C_i^H(1995) = 1767$, $t_{c_i} \in [1975, 1995]$, $\Delta t_{c_i} = 20$, $C_i^c(1995) \in [0.3, 2589]$, $t_{\Theta_i} \in [1996, 2015]$, $\Delta t_{сл_i} = 12$, $K_i^{\Theta} = 0.02$, $\Delta t_{жц_i} = 37$, $K_{пот_i} = 0.2$, $U_i \in [0.009, 6.72]$, $\alpha_{i1} \in [4, 10000]$, $\alpha_{i2} \in [0, 9000]$, $\alpha_{i3} \in [0, 10000]$, $\alpha_{i4} \in [0, 10000]$, $\alpha_{i5} \in [8, 20000]$, $\alpha_{i6} \in [0, 20000]$, $\alpha_{i7} \in [0, 20000]$, $\alpha_{i8} \in [0, 20000]$, $\alpha_{i9} \in [0, 20000]$, $\alpha_{i10} \in [0, 20000]$, $\alpha_{i11} \in [8, 20000]$, $\alpha_{i12} \in [0, 20000]$, $\alpha_{i13} \in [0, 20000]$, $\alpha_{i14} \in [0, 20000]$, $\alpha_{i15} \in [0, 20000]$, $i \in [1, 97]$.

3.1.2. S_1 характеристик множества Z . В соответствии с п.2.3 для $l = 1$ заданы следующие значения S_1 характеристик множества Z : $C_{пр \Sigma доп} = 3.0$, $\lambda_{\Sigma доп} = 11000$,

$I_{1\text{доп}}^B = 20$, $I_{\cdot 1\text{доп}} = 17$, $\lambda_{i1\text{доп}} = 2000$, $N_{i1\text{доп}} = 6000$,
 $N_{\Sigma 1\text{доп}} = 23000$, $\lambda_{i\cdot 1\text{доп}} \in [0, 1200]$, $N_{i\cdot 1\text{доп}} \in [0, 8000]$,
 $U_{i1\text{доп}} \in [0, 2500]$, $\Delta t_{\text{сл } 1\text{доп}} = 22$, $\Delta t_{\text{с } 1\text{доп}} = 30$, $\varphi_{1\text{доп}} =$
 $= 1.5$, $T_{1\text{доп}}^* = 1985$, $T_N = 2000$, $S_{11\text{ треб}}(T) \in [198, 222]$,
 $S_{21\text{ треб}}(T) \in [765, 857]$, $S_{31\text{ треб}}(T) \in [56841, 63662]$,
 $S_{41\text{ треб}}(T) \in [85046, 95262]$, $S_{51\text{ треб}}(T) \in [135828, 152127]$,
 $S_{61\text{ треб}}(T) \in [1325, 1484]$, $S_{71\text{ треб}}(T) \in [5107, 5720]$,
 $S_{81\text{ треб}}(T) \in [378938, 424411]$, $S_{91\text{ треб}}(T) \in [566966, 635002]$,
 $S_{10\text{ и треб}}(T) \in [905517, 1014179]$, $S_{11\text{ и треб}}(T) \in [5101, 5713]$,
 $S_{12\text{ и треб}}(T) \in [19661, 22020]$, $S_{13\text{ и треб}}(T) \in [1458908, 1633977]$,
 $S_{14\text{ и треб}}(T) \in [2182816, 2444754]$, $S_{15\text{ и треб}}(T) \in [3486236,$
 $3904584]$, $\Psi_{\text{ треб}} = 100$, $K_{\text{инфл}}(1995) = 1.0$, $K_{\text{инфл}}(2000) = 3.2$,
 $K_{\text{инфл}}(2005) = 9.6$, $K_{\text{инфл}}(2010) = 26.9$, $K_{\text{инфл}}(2015) = 70.0$,
 $i \in [1, 97]$, $i_{\cdot} \in [1, 17]$.

3.1.3. V_1 характеристик множества W . В соответствии с п.2.5 для $l = 1$ выбраны следующие значения V_1 характеристик множества W : для W_{11} — $\lambda_{i1}(T) \in [0, 1000]$, $\lambda_{i\cdot 1}(T) \in [0, 5747]$, $\lambda_{i1}(\Delta t) \in [0, 2000]$, $\lambda_{\Sigma 1}(\Delta t) \in [4110, 10250]$, $i \in [1, 97]$, $i_{\cdot} \in [1, 17]$; для W_{21} — $\Delta t_{\text{сл } 1} \in [12, 20]$; для W_{31} — $\Delta t_{\text{с } 1} \in [21, 28]$; для W_{41} — $\varphi_1 \in [1.0, 1.24]$; для W_{51} — $T_1^* \in [1974, 1983]$.

3.1.4. N_1 экспериментов множества Q . $N_1 = 40$.

3.2. Некоторые результаты выполнения эталпов 10–12.

В соответствии с п.2.2 на этапах 10–12 получено множество характеристик $Y_{J_{m1}}$, $m = \overline{1, 7}$. Ниже приводится часть этих результатов.

3.2.1. Множество $Y_{J_{11}}$. C_1 пр Σ треб $_1(\Delta t) = 2.334$, $\lambda_{1\Sigma\text{ треб } 1}(\Delta t) = 8089$, $I_{1\text{ треб } 1}^B(\Delta t) = 19$, $I_{1\cdot\text{ треб } 1}(\Delta t) = 5$, $\lambda_{1i\text{ треб } 1}(\Delta t) \in [0, 1783]$, $N_{1i\text{ треб } 1}(\Delta t) \in [0, 1723]$, $N_{1\Sigma\text{ треб } 1}(\Delta t) = 21460$, $\lambda_{1i\cdot\text{ треб } 1}(\Delta t) \in [0, 431]$, $N_{1i\cdot\text{ треб } 1}(\Delta t) \in [16, 1614]$, $\lambda_{1i\text{ треб } 1}(T) \in [0, 431]$, $N_{1i\text{ треб } 1}(T) \in [0, 5465]$, $U_{1i\text{ треб } 1}(\Delta t) \in [0, 2502]$, $i \in [1, 97]$, $i_{\cdot} \in [1, 17]$.

3.2.2. Множество $Y_{J_{21}}$. На рис.1–3 приведены графики зависимостей $C_{2\text{ пр}\Sigma\text{ треб } 1}(\Delta t, \Delta t_{\text{сл } 1})$, $\lambda_{2\Sigma\text{ треб } 1}(\Delta t, \Delta t_{\text{сл } 1})$

и $I_{\text{зтреб}_1}^B(\Delta t, \Delta t_{\text{сл}_1})$ соответственно. Значения характеристик с ростом $\Delta t_{\text{сл}_1}$ в целом уменьшаются, при этом пик сокращения стоимости перспективной программы (см. рис.1) приходится на интервал времени $\Delta t_{\text{сл}_1} \in [12, 14]$, наибольшее уменьшение объемов поставок (см. рис. 2) и номенклатуры (см. рис. 3) периметровых ТСО происходит при $\Delta t_{\text{сл}_1} \in [16, 18]$.

Увеличение срока службы периметровых ТСО на 65% приводит к сокращению перспективной программы в 3 раза, объемов поставок — в 2.3 раза, номенклатуры периметровых ТСО — в 1.4 раза.

3.2.3. Множество Y_{J_31} . На рис. 4–6 приведены графики зависимостей $C_{\text{зпр зтреб}_1}(\Delta t, \Delta t_{\text{сл}_1})$, $\lambda_{\text{зтреб}_1}(\Delta t, \Delta t_{\text{сл}_1})$ и $I_{\text{зтреб}_1}^B(\Delta t, \Delta t_{\text{сл}_1})$ соответственно. Как следует из рис. 4–6 при $\Delta t_{\text{сл}_1} = 24$ года анализируемые характеристики принимают минимальные значения.

3.2.4. Множество Y_{J_41} . На рис. 7–9 приведены графики зависимостей $C_{\text{зпр зтреб}_1}(\Delta t, \varphi_1)$, $\lambda_{\text{зтреб}_1}(\Delta t, \varphi_1)$ и $I_{\text{зтреб}_1}^B(\Delta t, \varphi_1)$ соответственно. Как следует из рис. 7–9 возрастание требований φ_1 к периметровым ТСО на 24% приводит к увеличению стоимости перспективной программы на 25%, объемов поставок — на 32%, номенклатуры — на 11.8%.

3.2.5. Множество Y_{J_51} . На рис.10–12 приведены графики зависимостей $C_{\text{зпр зтреб}_1}(\Delta t, T_1^*)$, $\lambda_{\text{зтреб}_1}(\Delta t, T_1^*)$ соответственно. Из рис. 10–12 следует, что снятие с $T_{\text{н}} = 1996$ г. с производства изделий $I_1 \setminus I_{1*}$, серийный выпуск которых начат до 1983 г. включительно, позволит сократить стоимость перспективной программы в 1.2 раза, объемы поставок — в 1.2 раза, номенклатуру изделий — в 1.5 раза.

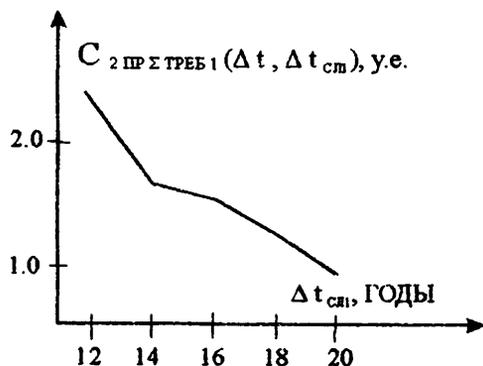


Рис.1. График зависимости стоимости перспективной программы развития периметровых ТСО $C_{2\text{ПР}\Sigma\text{ТРЕБ}1}$ на интервале времени Δt от длительности их службы $\Delta t_{\text{сл}1}$.

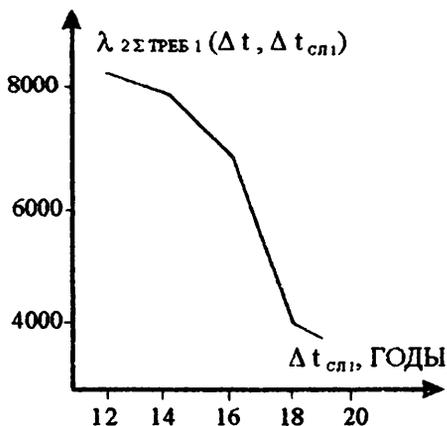


Рис.2. График зависимости потребных объемов поставок периметровых ТСО $\lambda_{2\Sigma\text{ТРЕБ}1}$ на интервале времени Δt от длительности их службы $\Delta t_{\text{сл}1}$.

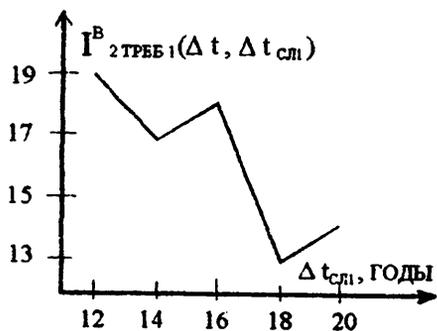


Рис. 3. График зависимости потребной номенклатуры периметровых ТСО $I^B_{2ТРЕБ1}$ на интервале времени Δt от длительности их службы $\Delta t_{сл1}$.

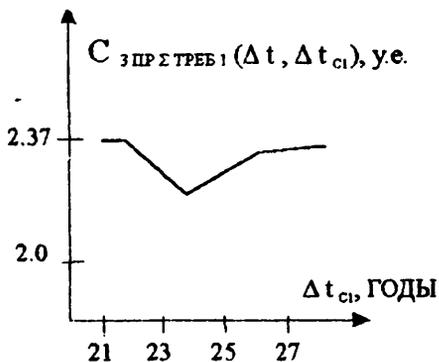


Рис. 4. График зависимости стоимости перспективной программы развития периметровых ТСО $C_{3ПР2ТРЕБ1}$ на интервале времени Δt от длительности их поставок $\Delta t_{с1}$.

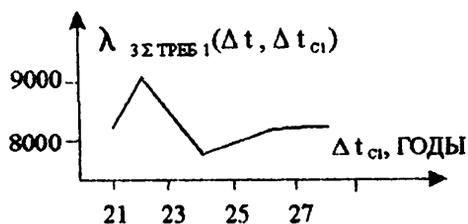


Рис. 5. График зависимости потребных объемов поставок периметровых ТСО $\lambda_{зтреб 1}$ на интервале времени Δt от длительности их поставок Δt_{c1} .

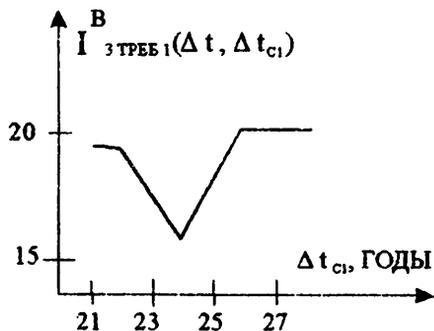


Рис. 6. График зависимости потребной номенклатуры периметровых ТСО $I_{зтреб 1}^B$ на интервале времени Δt от длительности их поставок Δt_{c1} .

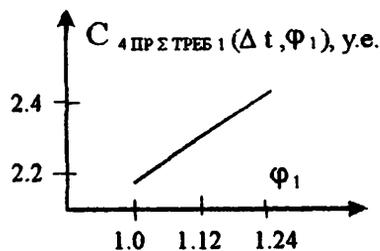


Рис.7. График зависимости перспективной программы развития периметровых ТСО $C_{4\text{пр}\ \text{стр}\ 1}$ на интервале времени Δt от уровня требований к ним φ_1 .

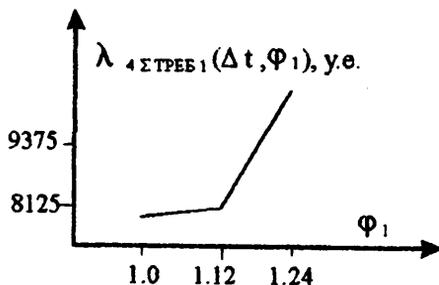


Рис.8. График зависимости потребных объемов поставок периметровых ТСО $\lambda_{4\text{стр}\ 1}$ на интервале времени Δt от уровня требований к ним φ_1 .

Рис. 9. График зависимости потребной номенклатуры периметровых ТСО $I_{4\text{ТРЕБ}1}^B$ на интервале времени Δt от уровня требований к ним φ_1 .

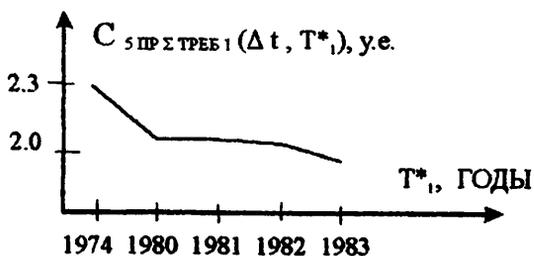
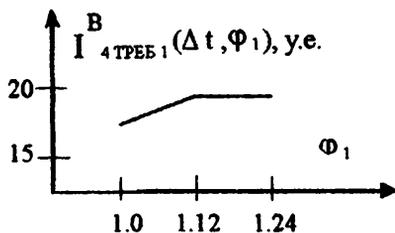


Рис. 10. График зависимости стоимости перспективной программы развития периметровых ТСО $C_{5\text{ПР} \Sigma \text{ТРЕБ}1}$ на интервале времени Δt от ограничения на срок начала их поставок T_1^* .

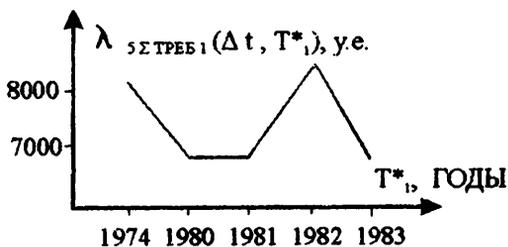


Рис. 11. График зависимости потребных объемов поставок периметровых ТСО $\lambda_{5СТРЕБ 1}$ на интервале времени Δt от ограничения на срок начала их поставок T_1^* .

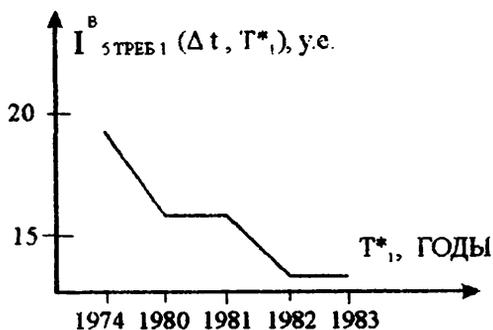


Рис.12. График зависимости потребной номенклатуры периметровых ТСО $I_{5СТРЕБ 1}^B$ на интервале времени Δt от ограничения на срок начала их поставок T_1^* .

3.2.6. Множество $Y_{J_6 1}$. В I_1^{Π} входит 19 изделий множества I_1 , что составляет 19.6% от 97 изделий множества I_1 . В I_1^{Π} входит 5 изделий I_{1*} , что составляет 29.4% от 17 изделий множества I_{1*} . В $I_{\text{треб } 1}^B$ входит 100% изделий I_1^{Π} .

3.2.7. Множество $Y_{J_7 1}$. В $I_{\text{треб } 1}^B$, $m = \overline{1,5}$ входит от 13 до 20 изделий I_1 , что составляет от 13.4% до 20.6% от 97 изделий множества I_1 . В $I_{\text{треб } 1}^B$, $m = \overline{1,5}$, входит от 3 до 7 изделий I_{1*} , что составляет от 15.8% до 36.8% от 19 изделий множества I_{1*} . 14 изделий множества I_1 , что составляет 14.4% от 97 изделий I_1 , включалось в $I_{\text{треб } 1}^B$, $m = \overline{1,5}$, от 1 до 15 раз в 40 экспериментах. 64 изделия множества I_1 (66% от 97 изделий I_1) ни один раз в ходе 40 экспериментов не входили в $I_{\text{треб } 1}^B$, $m = \overline{1,5}$.

3.3. *Некоторые результаты выполнения 13-го этапа.* Эффективный способ многократного сокращения стоимости перспективной программы развития и объемов поставок периметровых ТСО — увеличения срока их службы на 2-6 лет. При этом уменьшается номенклатура этих изделий.

По экономическим соображениям целесообразно увеличить на 4 года длительность поставок периметровых ТСО.

Существует возможность улучшения на 10%-30% характеристик перспективного плана и связанных с ним ежегодных планов развития периметровых ТСО за счет снятия с производства с 1996 года всех изделий периметровых ТСО, серийный выпуск которых начат до 1983 года включительно.

4. Результаты выполнения этапов 6-13 технологии для второго вида систем выбранного класса — объектовых ТСО

4.1. Некоторые результаты выполнения этапов 6-9.

4.1.1. K_2 характеристик множества X . В соответствии с п.2.4 для $l = 2$ заданы следующие K_2 характеристик

множества X : $T_p = 1985$, $T_H = 1996$, $T_K = 2015$, $I_2 = 70$, $F_2 = 4$, $T_* = 1995$, $t_{Hi} \in [1976, 1992]$, $\Delta t_{Hi} = 3$, $C_i^H(1995) = 662.9$, $t_{Ci} \in [1976, 1995]$, $\Delta t_{Ci} = 21$, $C_i^C(1995) \in [0.1, 4549.1]$, $t_{\Theta i} \in [1997, 2016]$, $\Delta t_{\Theta i} = 8$, $K_i^{\Theta} = 0.2$, $\Delta t_{ЖЦ i} = 32$, $K_{Пот i} = 0.2$, $U_i \in [0.016, 0.05]$, $\alpha_{i1} \in [1, 10000]$, $\alpha_{i2} \in [0, 10000]$, $\alpha_{i3} \in [0, 10000]$, $\alpha_{i4} \in [0, 10000]$, $i \in [1, 70]$.

4.1.2. S_2 характеристик множества Z . В соответствии с п.2.3 для $l = 2$ заданы следующие значения S_2 характеристик множества Z : $C_{пр \Sigma доп} = 19.0$, $\lambda_{\Sigma доп} = 210000$, $I_{\Sigma доп}^B = 20$, $I_{* \Sigma доп} = 13$, $\lambda_{i \Sigma доп} = 60000$, $N_{i \Sigma доп} = 60000$, $N_{\Sigma доп} = 225000$, $\lambda_{i * \Sigma доп} \in [0, 22030]$, $N_{i * \Sigma доп} \in [0, 22200]$, $U_{i \Sigma доп} \in [0, 700]$, $\Delta t_{\Theta \Sigma доп} = 16$, $\Delta t_{C \Sigma доп} = 28$, $\varphi_{\Sigma доп} = 1.5$, $T_{\Sigma доп}^* = 1988$, $T_H = 2000$, $S_{12 \text{Треб}}(T) \in [2202143, 2466400]$, $S_{22 \text{Треб}}(T) \in [8214603, 9200355]$, $S_{32 \text{Треб}}(T) \in [3116899, 3490927]$, $S_{42 \text{Треб}}(T) \in [156808631, 175625667]$, $\Psi_{\text{Треб}} = 100$, $K_{\text{инфл}}(1995) = 1.0$, $K_{\text{инфл}}(2000) = 3.2$, $K_{\text{инфл}}(2005) = 9.6$, $K_{\text{инфл}}(2010) = 26.9$, $K_{\text{инфл}}(2015) = 70.0$, $i \in [1, 70]$, $i_* \in [1, 13]$.

4.1.3. V_2 характеристик множества W . В соответствии с п.2.5 для $l = 2$ выбраны следующие значения V_2 характеристик множества W : для W_{12} — $\lambda_{i2}(T) \in [0, 14680]$, $\lambda_{i * 2}(T) \in [0, 4737]$, $\lambda_{i2}(\Delta t) \in [0, 56300]$, $\lambda_{\Sigma 2}(\Delta t) \in [65053, 204755]$, $i \in [1, 70]$, $i_* \in [1, 13]$; для W_{22} — $\Delta t_{\Theta 2} \in [8, 16]$; для W_{32} — $\Delta t_{\Theta 2} \in [21, 28]$; для W_{42} — $\varphi_2 \in [1.0, 1.24]$; для W_{52} — $T_2^* \in [1976, 1988]$.

4.1.4. N_2 экспериментов множества Q . $N_2 = 58$.

4.2. Некоторые результаты выполнения этапов 10-12.

В соответствии с п.2.2 на этапах 10-12 получено множество характеристики $Y_{J_m 2}$, $m = \overline{1, 7}$. Ниже приводится часть этих результатов.

4.2.1. Множество $Y_{J_1 2}$. $C_{1 \text{пр} \Sigma \text{реб} 2}(\Delta t) = 16.189$, $\lambda_{1 \Sigma \text{реб} 2}(\Delta t) = 197666$, $I_{1 \Sigma \text{реб} 2}^B(\Delta t) = 14$, $I_{1 * \Sigma \text{реб} 2}(\Delta t) = 5$, $\lambda_{1 \Sigma \text{реб} 2}(\Delta t) \in [0, 56300]$, $N_{1 \Sigma \text{реб} 2}(\Delta t) \in [0, 56300]$, $N_{1 \Sigma \text{реб} 2} = 222237$, $\lambda_{1 * \Sigma \text{реб} 2}(T) \in [0, 4737]$, $N_{1 * \Sigma \text{реб} 2}(\Delta t) \in [4913, 22171]$, $\lambda_{1 \Sigma \text{реб} 2}(T) \in [0, 14680]$, $N_{1 \Sigma \text{реб} 2}(T) \in [0, 41351]$, $U_{1 \Sigma \text{реб} 2}(T) \in [0, 1323]$, $i \in [1, 70]$, $i_* \in [1, 13]$.

4.2.2. Множество $Y_{J_2 2}$. На рис.13-15 приведены графики зависимостей $C_{\Sigma \text{пр} \Sigma \text{треб} 2}(\Delta t, \Delta t_{\text{сл} 2})$, $\lambda_{2 \Sigma \text{треб} 2}(\Delta t, \Delta t_{\text{сл} 2})$ и $I_{\text{треб} 2}^{\text{В}}(\Delta t, \Delta t_{\text{сл} 2})$ соответственно.

Как следует из рис.13-15 при увеличении срока службы объектов ТСО на 2 года (на 25%) потребные объемы поставок и номенклатура сокращаются в 2 раза, при этом стоимость перспективной программы увеличивается незначительно — на 2%.

При увеличении срока службы объектов ТСО в 2 раза стоимость перспективной программы уменьшается в 1.4 раза, потребные объемы поставок сокращаются в 3 раза, номенклатура уменьшается в 2.3 раза.

4.2.3. Множество $Y_{J_3 2}$. При увеличении $\Delta t_{\text{с} 2}$ на 33.3% (с 21 до 28) значения функций $C_{\Sigma \text{пр} \Sigma \text{треб} 2}(\Delta t, \Delta t_{\text{с} 2})$ и $I_{\text{треб} 2}^{\text{В}}(\Delta t, \Delta t_{\text{с} 2})$ с точностью до 0.2% остаются без изменения и равны 16.189 и 14 соответственно, при этом потребный объем поставок $\lambda_{3 \Sigma \text{треб} 2}(\Delta t, \Delta t_{\text{с} 2})$ уменьшается на 14%.

4.2.4. Множество $Y_{J_4 2}$. На рис.16-17 приведены графики зависимостей $\lambda_{4 \Sigma \text{треб} 2}(\Delta t, \varphi_2)$ и $I_{4 \text{треб} 2}^{\text{В}}(\Delta t, \varphi_2)$ соответственно. Функция $C_{4 \text{пр} \Sigma \text{треб} 2}(\Delta t, \varphi_2)$ на интервале $\varphi_2 \in [1.0, 1.24]$ с точностью до 0.4% постоянна, ее значение равно 16.189. При увеличении требований к объектовым ТСО на 24% на 28.6% возрастают объемы поставок, на 27.3% расширяется номенклатура изделий и на 0.4% возрастает стоимость перспективной программы. При $\varphi_2 > 1.12$ все анализируемые характеристики неизменны.

4.2.5. Множество $Y_{J_5 2}$. На рис. 18 приведен график зависимости $\Psi_2(T_2^*)$, показывающий что на всем множестве значений $T_2^* \in [1976, 1988] \Psi_2(T_2^*) < \Psi_{\text{треб}}$, что согласно п.2.3 (подпункт 2) и п.4.1.2 недопустимо.

4.2.6. Множество $Y_{J_6 2}$. В I_2^{II} входит 14 изделий множества I_2 , что составляет 20% от 70 изделий множества I_2 . В I_2^{II} входит 5 изделий I_{2^*} , что составляет 38.5% от 13 из-

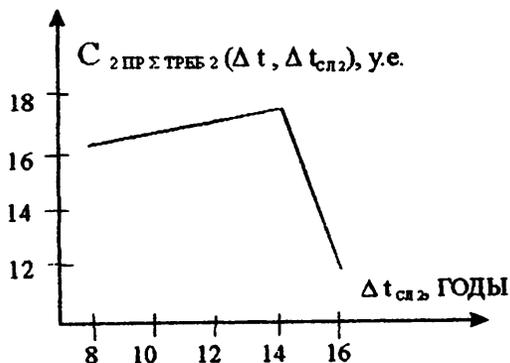


Рис.13. График зависимости стоимости перспективной программы развития объектов ТСО $C_{2пр стреб_2}$ на интервале времени Δt от длительности их службы $\Delta t_{сл_2}$.

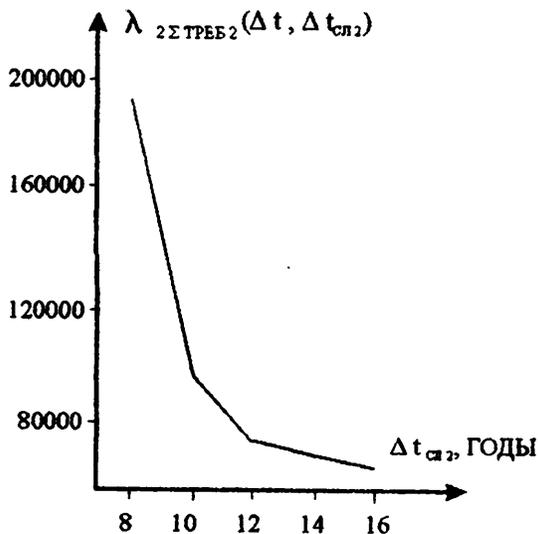


Рис. 14. График зависимости потребных объемов поставок объектов ТСО $\lambda_{2стреб_2}$ на интервале времени Δt от длительности их службы $\Delta t_{сл_2}$.

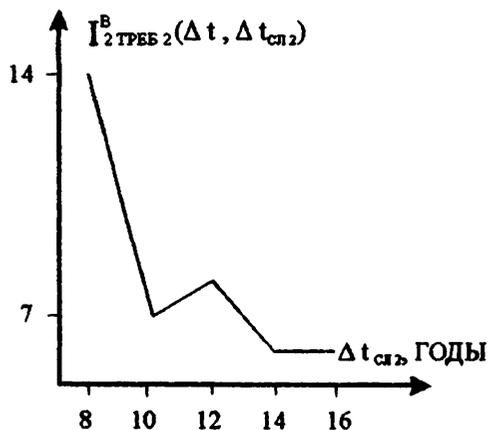


Рис. 15. График зависимости потребной номенклатуры объектов ТСО $I_{2\text{ТРЕБ}2}^B$ на интервале времени Δt от длительности их службы $\Delta t_{\text{сл}2}$.

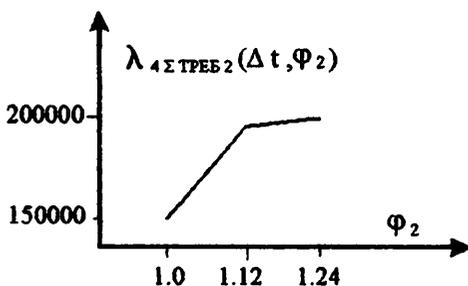


Рис. 16. График зависимости потребных объемов поставок объектов ТСО $\lambda_{4\Sigma\text{ТРЕБ}2}$ на интервале времени Δt от уровня требований к ним φ_2 .

Рис. 17. График зависимости потребной номенклатуры объектов ТСО $I_{4\Sigma\text{ТРЕБ } 2}^B$ на интервале времени Δt от уровня требований к ним φ_2 .

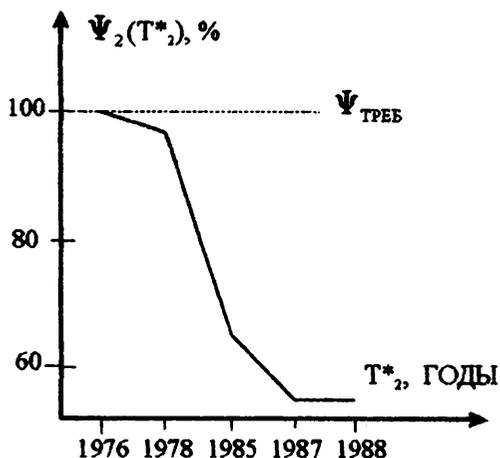
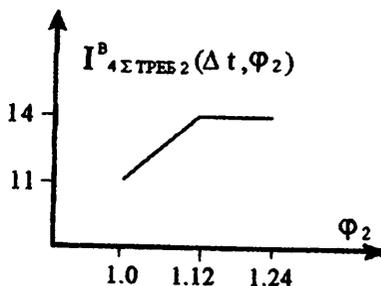


Рис. 18. График зависимости объема Ψ_2 выполнения всех задач F_2 на интервале времени Δt выбранным составом объектов ТСО $N_{5\Sigma\text{ТРЕБ } 2}$ от ограничения на срок начала их поставок T_2^* .

делий множества I_{2*} . В $I_{\text{мтреб } 2}^B$, $m = \overline{1,4}$, входит 100% изделий множества I_2^{Π} .

4.2.7. Множество Y_{J_2} . В $I_{\text{мтреб } 2}^B$, $m = \overline{1,4}$, входит от 6 до 15 изделий множества I_2 , что составляет от 8.6% до 21.4% от 70 изделий множества I_2 . В $I_{\text{мтреб } 2}^B$, $m = \overline{1,4}$, входит от 1 до 5 изделий I_{2*} , что составляет от 7.7% до 38.5% от 13 изделий множества I_{2*} . 6 изделий множества I_2 (8.6% от 70 изделий I_2) включалось в $I_{\text{мтреб } 2}^B$, $m = \overline{1,4}$, от 1 до 10 раз в 58 экспериментах. 50 изделий множества I_2 (71.4% от 70 изделий I_2) ни один раз в ходе 58 экспериментов не входили в $I_{\text{мтреб } 2}^B$, $m = \overline{1,4}$.

4.3. *Некоторые результаты выполнения 13-го этапа.* Для многократного сокращения объемов поставок, номенклатуры объектовых ТСО и уменьшения стоимости перспективной программы необходимо увеличить срок службы изделий не менее чем на 2 года, при этом длительность их серийного производства не должна превышать 21 год.

Выбранные в ходе исследования номенклатура и состав объектовых ТСО способны решать все стоящие в 1996–2015 гг. задачи при более жестких требованиях к требуемому объему работ, которые нужно выполнять при решении этих задач.

При заданных исходных данных и ограничениях не существует возможности улучшения характеристик перспективных и ежегодных планов развития объектовых ТСО путем сокращения состава серийно выпускаемых с 1996 года изделий за счет исключения из этого состава тех изделий, серийный выпуск которых начат в 1977–1988 гг.

5. Результаты выполнения этапов 6-13 технологии для третьего вида систем выбранного класса — систем сбора и обработки информации (ССОИ)

5.1. Некоторые результаты выполнения этапов 6-9.

5.1.1. K_3 характеристик множества X . В соответствии с п.2.4 для $l = 3$ заданы следующие K_3 характеристик множества X : $T_p = 1985$, $T_H = 1996$, $T_K = 2015$, $I_3 = 73$, $F_3 = 5$, $T_* = 1995$, $t_{Hi} \in [1960, 1992]$, $\Delta t_{Hi} = 3$, $C_i^H(1995) = 883.8$, $t_{Ci} \in [1963, 1995]$, $\Delta t_{Ci} = 23$, $C_i^C(1995) \in [0.1, 2858.8]$, $t_{Pi} \in [1986, 2018]$, $\Delta t_{Cл i} = 10$, $K_i^P = 0.02$, $\Delta t_{ЖЦ i} = 36$, $K_{Пот i} = 0.02$, $U_i \in [0.015, 0.057]$, $\alpha_{i1} \in [1, 60000]$, $\alpha_{i2} \in [0, 60000]$, $\alpha_{i3} \in [0, 60000]$, $\alpha_{i4} \in [0, 60000]$, $\alpha_{i5} \in [0, 60000]$, $i \in [1, 73]$.

5.1.2. S_3 характеристик множества Z . В соответствии с п.2.3 для $l = 3$ заданы следующие значения S_3 характеристик множества Z : $C_{ПР \Sigma \text{доп}} = 0.9$, $\lambda_{\Sigma \text{доп}} = 4600$, $I_{\Sigma \text{доп}}^B = 20$, $I_{* \text{доп}} = 10$, $\lambda_{i \text{доп}} = 2000$, $N_{i \text{доп}} = 2150$, $N_{\Sigma \text{доп}} = 9000$, $\lambda_{i* \text{доп}} \in [0, 185]$, $N_{i* \text{доп}} \in [0, 1300]$, $U_{i \text{доп}} \in [0, 35]$, $\Delta t_{Cл \text{доп}} = 18$, $\Delta t_{C \Sigma \text{доп}} = 30$, $\varphi_{\text{доп}} = 1.5$, $T_{\Sigma \text{доп}}^* = 1989$, $T_H^0 = 2000$, $S_{13 \text{треб}}(T) \in [26731, 29939]$, $S_{23 \text{треб}}(T) \in [65177, 72998]$, $S_{33 \text{треб}}(T) \in [27287, 30561]$, $S_{43 \text{треб}}(T) \in [44100, 49392]$, $S_{53 \text{треб}}(T) \in [257539, 288444]$, $\Psi_{\text{треб}} = 100$, $K_{\text{инфл}}(1995) = 1.0$, $K_{\text{инфл}}(2000) = 3.2$, $K_{\text{инфл}}(2005) = 9.6$, $K_{\text{инфл}}(2010) = 26.9$, $K_{\text{инфл}}(2015) = 70.0$, $i \in [1, 73]$, $i_* \in [1, 10]$.

5.1.3. V_3 характеристик множества W . В соответствии с п.2.5 для $l = 3$ выбраны следующие значения V_3 характеристик множества W : для W_{13} — $\lambda_{i3}(T) \in [0, 45]$, $\lambda_{i*3}(T) \in [0, 183]$, $\lambda_{i3}(\Delta t) \in [0, 1153]$, $\lambda_{\Sigma 3}(\Delta t) \in [18, 4533]$, $i \in [1, 73]$, $i_* \in [1, 10]$; для W_{23} — $\Delta t_{Cл 3} \in [10, 18]$; для W_{33} — $\Delta t_{C 3} \in [22, 30]$; для W_{43} — $\varphi_3 \in [1.0, 1.24]$; для W_{53} — $T_3^* \in [1963, 1989]$.

5.1.4. N_3 экспериментов множества Q . $N_3 = 57$.

5.2. Некоторые результаты выполнения этапов 10-12.

В соответствии с п.2.2 на этапах 10-12 получено множество характеристик $Y_{J_m 3}$, $m = \overline{1, 7}$. Ниже приводится часть этих результатов.

5.2.1. Множество $Y_{J_1 3}$. C_1 при Σ треб₃(Δt) = 0.727, $\lambda_{1\Sigma$ треб₃(Δt) = 3183, $I_{1\Sigma}^B$ треб₃(Δt) = 16, $I_{1\Sigma}$ треб₃(Δt) = 2, $\lambda_{1\Sigma}$ треб₃(Δt) $\in [0, 1153]$, $N_{1\Sigma}$ треб₃(Δt) $\in [0, 2110]$, $N_{1\Sigma}$ треб₃(Δt) = 8532, $\lambda_{1\Sigma}$ треб₃(T) $\in [0, 183]$, $N_{1\Sigma}$ треб₃(Δt) $\in [49, 2110]$, $\lambda_{1\Sigma}$ треб₃(T) $\in [0, 183]$, $N_{1\Sigma}$ треб₃(T) $\in [0, 1086]$, $U_{1\Sigma}$ треб₃(T) $\in [0, 32]$, $i \in [1, 73]$, $i_* \in [1, 10]$.

5.2.2. Множество $Y_{J_2 3}$. На рис.19-21 приведены графики зависимостей $C_{\Delta \text{пр } \Sigma \text{треб } 3}(\Delta t, \Delta t_{\text{сл } 3})$, $\lambda_{2\Sigma}$ треб₃($\Delta t, \Delta t_{\text{сл } 3}$) и $I_{2\Sigma}^B$ треб₃($\Delta t, \Delta t_{\text{сл } 3}$) соответственно.

Увеличение срока службы ССОИ $\Delta t_{\text{сл } 3}$ на 2 года (на 20%) приводит к сокращению стоимости перспективной программы в 5.4 раза, номенклатуры — в 2.7 раза, объемов поставок — на 6.1%.

5.2.3. Множество $Y_{J_3 3}$. При увеличении $\Delta t_{\text{сз}}$ на 36.3% (с 22 до 30) значения функций $\lambda_{3\Sigma}$ треб₃($\Delta t, \Delta t_{\text{сз}}$) и $I_{3\Sigma}^B$ треб₃($\Delta t, \Delta t_{\text{сз}}$) остаются неизменными и равны 3183 и 16 соответственно, значение функции $C_{3\Sigma}$ треб₃($\Delta t, \Delta t_{\text{сз}}$) уменьшается на 1% и равно 0.72.

5.2.4. Множество $Y_{J_4 3}$. На рис. 22-24 приведены графики зависимостей $C_{\Delta \text{пр } \Sigma \text{треб } 3}(\Delta t, \varphi_3)$, $\lambda_{4\Sigma}$ треб₃($\Delta t, \varphi_3$) и $I_{4\Sigma}^B$ треб₃($\Delta t, \varphi_3$) соответственно.

Увеличение требований к ССОИ на 24% приводит к увеличению стоимости перспективной программы в 6.4 раза, объемов поставок — в 1.3 раза, номенклатуры — в 2.5 раза.

Уменьшение анализируемых характеристик при $\varphi > 1.12$ объясняется изменением номенклатуры и состава выбираемых в исследовании ССОИ для выполнения на 100% требуемого объема работ.

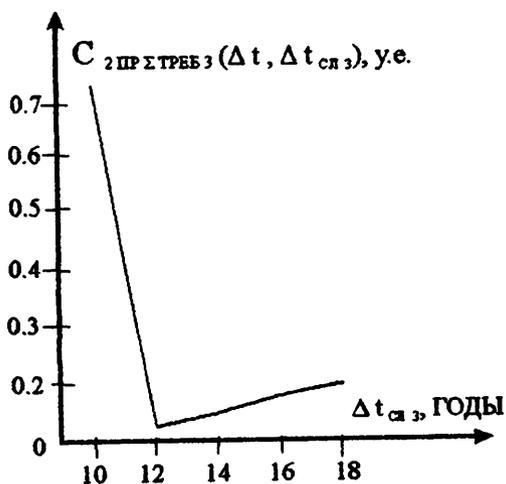


Рис. 19. График зависимости стоимости перспективной программы развития ССОИ $C_{2пр стреб з}$ на интервале времени Δt от длительности их службы $\Delta t_{сл з}$.

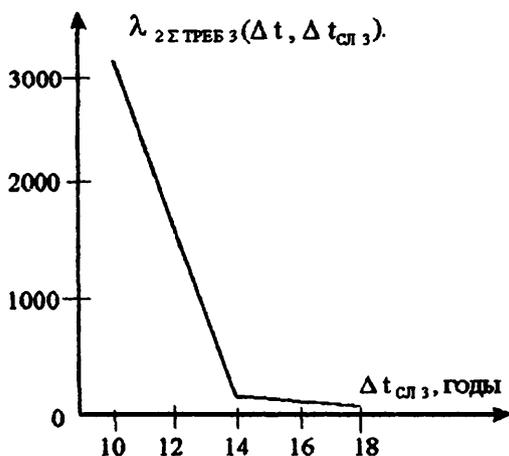


Рис. 20. График зависимости потребных объемов поставок ССОИ $\lambda_{2стреб з}$ на интервале времени Δt от длительности их службы $\Delta t_{сл з}$.

Рис. 21. График зависимости потребной номенклатуры ССОИ $I_{2\text{ЭТРЕБЗ}}^B$ на интервале времени Δt от длительности их службы.

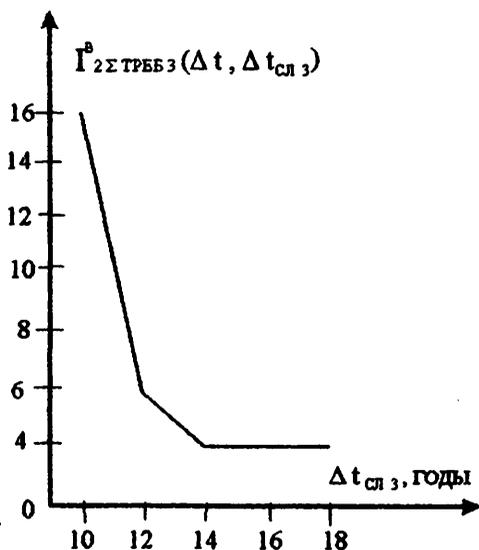


Рис. 22. График зависимости стоимости перспективной программы развития ССОИ $C_{4\text{ПРЭТРЕБЗ}}$ на интервале времени Δt от уровня требований к ним φ_3 .

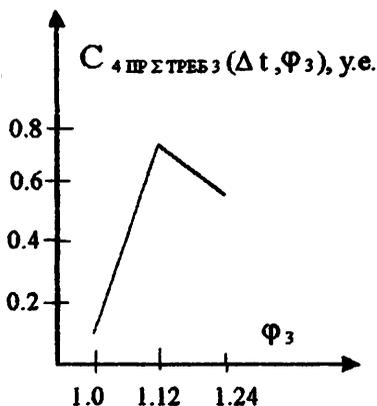


Рис. 23. График зависимости потребных объемов поставок ССОИ $\lambda_{4\text{треб } 3}$ на интервале времени Δt от уровня требований к ним φ_3

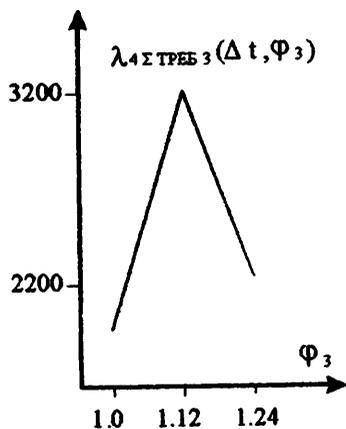


Рис. 24. График зависимости потребной номенклатуры ССОИ $I_{4\text{треб } 3}^B$ на интервале времени Δt от уровня требований к ним φ_3 .

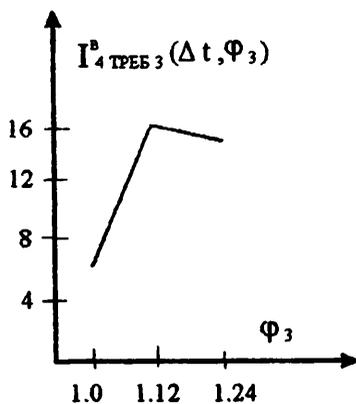


Рис. 25. График зависимости стоимости перспективной программы развития ССОИ $C_{5\text{ПР}\Sigma\text{ТРЕБ}\Sigma}$ на интервале времени Δt от ограничения на срок начала их поставок T_3^* .

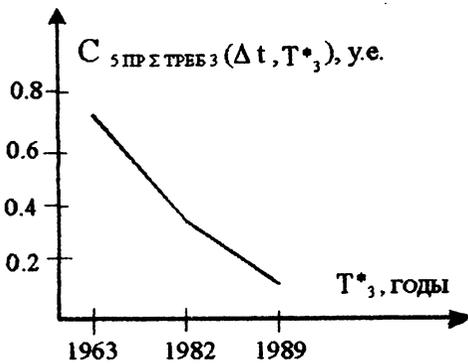


Рис. 26. График зависимости потребных объемов поставок ССОИ $\lambda_{5\Sigma\text{ТРЕБ}\Sigma}$ на интервале времени Δt от ограничения на срок начала их поставок T_3^* .

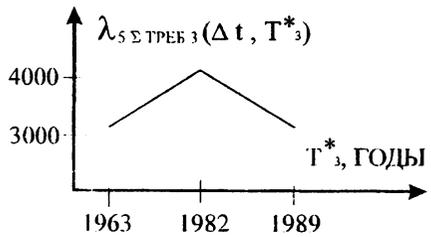
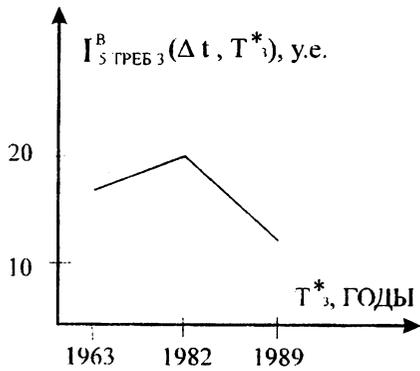


Рис. 27. График зависимости потребной номенклатуры ССОИ $I_{5\text{ТРЕБ}\Sigma}^B$ на интервале времени Δt от ограничения на срок начала их поставок T_3^* .



5.2.5. Множество Y_{J_3} . На рис.25–27 приведены графики зависимостей $C_{\text{стр}} \text{стр} \text{з}(\Delta t, T_3^*)$, $\lambda_{\text{стр} \text{з}}(\Delta t, T_3^*)$ и $I_{\text{стр} \text{з}}^B(\Delta t, T_3^*)$ соответственно.

Из рис. 25–27 следует, что снятие с $T_H = 1996$ г. с производства изделий $I_3 \setminus I_{3*}$, серийный выпуск которых начат до 1989 года включительно, позволит сократить стоимость перспективной программы в 6.1 раза, номенклатуру — в 1.1 раза при сохранении объемов поставок ССОИ.

5.2.6. Множество Y_{J_6} . В I_3^{Π} входит 16 изделий множества I_3 , что оставляет 21.9% от 73 изделий множества I_3 . В I_3^{Π} входит 2 изделия множества I_{3*} , что составляет 20% от 10 изделий множества I_{3*} . В $I_{\text{стр} \text{з}}^B$ входит 100% изделий множества I_3^{Π} .

5.2.7. Множество Y_{J_7} . В $I_{m \text{стр} \text{з}}^B$, $m = \overline{1, 5}$, входит от 4 до 20 изделий множества I_3 , что составляет от 5.5% до 27.4% от 73 изделий множества I_3 . В $I_{m \text{стр} \text{з}}^B$, $m = \overline{1, 5}$, входит до 3 изделий I_{3*} , что составляет до 30% от 10 изделий множества I_{3*} . 31 изделие множества I_3 , что составляет 42.5% от 73 изделий множества I_3 , включалось в $I_{m \text{стр} \text{з}}^B$: $m = \overline{1, 5}$ от 1 до 18 раз в 57 экспериментах. 26 изделий множества I_3 (36.6% от 73 изделий I_3) ни один раз в ходе 57 экспериментов не входили в $I_{m \text{стр} \text{з}}^B$, $m = \overline{1, 5}$.

5.3. Некоторые результаты выполнения 13 этапа. Для многократного сокращения стоимости перспективной программы, номенклатуры и уменьшения объемов поставок ССОИ необходимо увеличить срок их службы на 2 года, при этом длительность их серийного производства не должна превышать 22 года.

Увеличение требований к ССОИ на десятки процентов приводит к многократному росту стоимости перспективной программы, объемов поставок и номенклатуры, при этом меняются состав и номенклатура выбираемых ССОИ.

Для многократного сокращения стоимости перспективной программы и номенклатуры при сохранении объ-

емов поставок необходимо прекратить с 1996 года поставки изделий ССОИ, серийный выпуск которых начат до 1989 года включительно. В результате в выбранном составе ССОИ возрастает доля современных образцов.

6. Некоторые результаты выполнения 12 этапа технологии при обосновании перспектив развития выбранного класса технических систем в целом

6.1. Множество Y_{J_8} . Множество I_{Σ} включает 240 изделий ТСО, в котором 40.4% периметровых ТСО множества I_1 , 29.2% объектов ТСО множества I_2 и 30.4% ССОИ множества I_3 .

Множество I_{Σ}^{Π} включает 49 изделий ТСО, в котором 38.8% приоритетных периметровых ТСО множества I_1^{Π} , 28.6% приоритетных объектов ТСО множества I_2^{Π} и 32.6% приоритетных ССОИ множества I_3^{Π} . Множество I_{Σ}^{Π} включает 20.4% изделий ТСО множества I_{Σ} .

Множество $I_{\bullet\Sigma}$ включает 40 изделий ТСО, в котором 42.5% периметровых ТСО множества $I_{\bullet 1}$, 32.5% объектовых ТСО множества $I_{\bullet 2}$ и 25% ССОИ множества $I_{\bullet 3}$.

Множество $I_{\bullet\Sigma}$ включает 16.7% изделий ТСО множества I_{Σ} .

Множество $I_{\bullet\text{треб } \Sigma}$ включает 12 изделий ТСО, в котором 41.7% периметровых ТСО множества $I_{\bullet\text{треб } 1}$, 41.7% объектовых ТСО множества $I_{\bullet\text{треб } 2}$ и 16.6% ССОИ множества $I_{\bullet\text{треб } 3}$. Множество $I_{\bullet\text{треб } \Sigma}$ включает 30% изделий множества $I_{\bullet\Sigma}$, 24.5% изделий множества I_{Σ}^{Π} и 5% изделий множества I_{Σ} .

Вошедшие в I_1^{Π} изделия множества $I_{\bullet l}$, $l = \overline{1, 3}$, занимают в приоритетных рядах множеств I_1^{Π} не самые высокие по рейтингу места: 3, 4, 12, 14 и 16 из 19 мест в приоритетном ряде периметровых ТСО, 2, 5-7 и 11 из 14 мест в приоритетном ряде объектовых ТСО, 10 и 12 из 16 мест в приоритетном ряде ССОИ.

В 155 экспериментах помимо 49 изделий множества I_{Σ}^{Π} 51 изделие (21.2% от 240 ТСО множества I_{Σ}) включалось в $I_{m_1}^B(\Delta t)$, $m = \overline{1, 5}$, $l = \overline{1, 3}$, от 1 до 18 раз: 14 изделий

множества I_1 (27.5% от 51), 6 изделий множества I_2 (11.8% от 51) и 31 изделие множества I_3 (60.8% от 51).

Из 240 изделий множества I_{Σ} 140 изделий (58.3% от 240) в ходе 155 экспериментов ни один раз не включались в состав множеств $I_{m_l}^B(\Delta t)$, $m = \overline{1, 5}$, $l = \overline{1, 3}$.

6.2. Множество Y_{J_9} . Стоимость перспективной программы развития в 1996-2015 г.г. выбранного класса систем $C_{\text{прог}}(\Delta t) = 19.25$ у.е., в том числе 12.1% всех затрат приходится на развитие периметровых ТСО, 84.1% — на развитие объектовых ТСО и 3.8% — на развитие ССОИ.

6.3. Множество $Y_{J_{10}}$. Для эксплуатации выбранных составов ТСО трех видов в 1996-2015 г.г. потребуется не более $U_{\text{треб } \Sigma}(\Delta t) = 9441$ лица обслуживающего персонала, в том числе для обслуживания периметровых ТСО — 6413 (67.9% к общему числу), объектовых ТСО — 2934 (31.1% к общему числу) и ССОИ — 94 (1% к общему числу).

З а к л ю ч е н и е

Изложенная в статье технология автоматизированного обоснования перспектив развития технических систем по отношению к предложенным ранее в [1-3] технологиям носит более общий характер, интегрирует их возможности и расширяет области применения.

Разработанная технология в концептуально-методологическом, теоретическом и методическом планах позволяет с единых позиций автоматизированно исследовать актуальные вопросы прогнозирования, планирования, анализа и обоснования перспектив развития технических систем в различных предметных областях при разработке и корректировке соответствующих федеральных программ.

Приведенные в статье примеры применения разработанной технологии при обосновании перспектив развития трех видов технических систем одного класса иллюстрируют возможности технологии при вариации баз исходных данных, ограничений и целей исследования в выбранном признаковом пространстве.

Л и т е р а т у р а

1. УСТЮГОВ Ю.А. Технология долгосрочного планирования НИОКР, серийного производства и эксплуатации технических систем на основе прогнозирования их развития с учетом ресурсных ограничений и меняющихся во времени требований //Анализ последовательностей и таблиц данных. — Новосибирск, 1994. — Вып. 150: Вычислительные системы. — С.45-70.

2. УСТЮГОВ Ю.А. Технология прогнозирования развития технических средств и систем на длительную перспективу при существенно ограниченной обучающей выборке //Анализ последовательностей и таблиц данных. — Новосибирск, — 1994. — Вып. 150: Вычислительные системы. — С.71-93.

3. УСТЮГОВ Ю.А. Ресурсосберегающая технология технико-экономической оценки вариантов построения технических систем //Прикладные системы искусственного интеллекта. — Новосибирск, 1995. — Вып. 153: Вычислительные системы. — С. 127-163.

Поступила в редакцию
25 ноября 1996 год