

УДК 658.562+658.512

О.Е. ФЕДОРОВИЧ, Ю.А. ЛЕЩЕНКО, К.О. ЗАПАДНЯ, Р.Е. ДЕМЕНТЬЕВ*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***ЛОГИСТИКА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ**

Ставится и решается задача анализа и управления жизненным циклом (ЖЦ)(проектирование, производство, эксплуатация, утилизация) аэрокосмической техники (АТ). Введены основные показатели для оценки отдельных этапов ЖЦ: качество, затраты, время, риски. Формирование многоуровневой архитектуры изделия АТ осуществляется на системном этапе проектирования с использованием компонентного подхода. Сформулированы задачи оптимизации архитектура АТ для отдельных этапов ЖЦ. Рассмотрена постановка и дано решение задачи выбора и оптимизации архитектуры АТ с учётом взаимодействия этапов создания и утилизации АТ. Оптимизация осуществляется на основе целочисленного линейного программирования с булевыми переменными.

Ключевые слова: управление жизненным циклом, основные показатели жизненного цикла, оптимизация многоуровневой архитектуры изделия АТ, утилизация АТ.

Введение

Эффективность и развитие производственного комплекса Украины зависит от тех отраслей, в которых создается современная высокотехнологическая продукция. К ним можно отнести аэрокосмическую отрасль, где большое внимание уделяется новым научным подходам, инновационным и информационным технологиям. Повышение качества и конкурентоспособности продукции аэрокосмической отрасли требует поиска новых идей и подходов, создания методов и математических моделей, в которых учитывается длительный жизненный цикл (ЖЦ) аэрокосмической техники (АТ), логистические процессы для организации и управления производством, постпроизводственным обслуживанием и процессом утилизации изделий. Большое внимание необходимо уделять системному представлению отдельных этапов ЖЦ для формирования устойчивого управления созданием, производством, эксплуатацией и утилизацией АТ.

Проведённый анализ показал, что существующие исследования рассматривают этапы ЖЦ АТ изолированно друг от друга, не учитывает требований, рисков и затрат, связанных с утилизацией АТ, не ставят задачу комплексного логистического управления всеми этапами ЖЦ. Поэтому тема данной публикации является актуальной, так как в работе осуществляется формирование системного представления и требований к управлению ЖЦ АТ.

Постановка задачи исследования

Формирование требований по управлению ЖЦ АТ необходимо осуществить на ранних стадиях соз-

дания АТ. Для этого на системном этапе проектирования, где формируется многоуровневая архитектура АТ, требуется осуществить исследование влияния отдельных этапов ЖЦ на системные характеристики изделия.

В настоящее время в качестве основного подхода в проектировании сложной архитектуры наукоемких изделий выступает метод компонентного синтеза [1].

В компонентном подходе большое влияние уделяется формализации позитивного опыта прошлых разработок в виде компонент повторного использования (КПИ). Использование КПИ позволяет снизить риск и повысить реализуемость проекта, сократить затраты на проектирование и производство, уменьшить время (производственный цикл) на создание изделия. Укрупнено представим ЖЦ АТ в виде трёх основных этапов:

- создание (С) (проектирование (ПЕ), производство (ПО));
- эксплуатация (Э) (постпроизводственное обслуживание, модернизация);
- утилизация (У).

Если этапы создания (С) и эксплуатации (Э) достаточно хорошо изучены, в теоретическом и практическом аспектах, и автоматизированы, то этап утилизации (У) в настоящее время требует системных исследований.

В отличие от этапа создания (С), где осуществляется системная интеграция (комплексирование) компонент на разных уровнях многоуровневой архитектуры АТ на этапе утилизации (У) осуществляется системная декомпозиция (разборка) изделия АТ с последующим использованием компонент по основным направлениям:

- повторное использование компонент для создания и эксплуатации новых АТ;
- переработка компонент на вторичное сырьё с повторным использованием;
- уничтожение компонент.

Необходимо отметить, что если повторное использование компонент и переработка их на вторичное сырьё имеет коммерческую ценность и прибыль, то утилизация компонент связана с затратами и возникающими рисками отрицательного воздействия на окружающую среду, операторов, занятых уничтожением АТ и население в местности, где проходит утилизация. Из этого следует новое важное требование, связанное с системным исследованием ЖЦ АТ. При создании и эксплуатации АТ необходимо обязательно учитывать требования последующего этапа утилизации.

Выделим основные показатели, которые будем использовать в качестве основных требований для оценки эффективности отдельных этапов ЖЦ АТ.

Качество (Q). На этапе создания (С) качества Q_1 связано с минимизацией отклонений характеристик создаваемого изделия АТ от требований технического задания (ТЗ). На этапе эксплуатации (Э) качество Q_2 обусловлено требованиями к условиям и характеристикам эксплуатации изделия. На этапе утилизации (У) качество Q_3 связано, в первую очередь, с безопасностью процессов утилизации (разборка, уничтожение).

Затраты (W). На этапе создания (С) затраты W_1 связаны с проектированием и производством изделия. На этапе эксплуатации (Э) затраты W_2 связаны с постпроизводственным обслуживанием и возможной модернизацией изделия. На этапе утилизации (У) затраты W_3 связаны с проведением процесса утилизации и могут иметь как положительное значение (затраты на утилизацию W_{31}) так и отрицательное (W_{32} – затраты на продажу компонент повторного использования и вторичного сырья).

Время (T). На этапе создания (С) время T_1 связано с циклом проектирования и производства. На этапе эксплуатации (Э) время T_2 связано с сроком эксплуатации изделия. На этапе утилизации (У) T_3 связано с временем утилизации изделия.

Риск (R). На этапе создания (С) риск R_1 связан с реализуемостью проекта и производства изделия. На этапе эксплуатации (Э) риск R_2 связан с надёжностью и живучестью изделия. На этапе утилизации (У) риск R_3 связан с безопасностью процесса утилизации.

Отметим, что перечисленные показатели, в основном, имеют противоречивую природу и поэтому в процессе управления ЖЦ АТ необходимо находить компромиссные решения, удовлетворение разработчиков, эксплуататоров и утилизаторов изделий АТ.

Сформируем теоретико-множественное представление ЖЦ АТ в виде кортежа:

$$Z = \langle C, \mathcal{E}, Y \rangle.$$

Здесь: С – множество процессов для создания АТ:

$$C = \{C_1, C_2, C_3, \dots\},$$

где C_1 – множество процессов проектирования АТ;

C_2 – множество процессов производства АТ;

C_3 – множество обслуживающих процессов по созданию АТ.

\mathcal{E} – множество процессов эксплуатации АТ:

$$\mathcal{E} = \{\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \mathcal{E}_3, \dots\}$$

где \mathcal{E}_1 – множество процессов гарантийного обслуживания АТ;

\mathcal{E}_2 – множество процессов по осуществлению регламентных работ;

\mathcal{E}_3 – множество ремонтных работ.

У – множество процессов утилизации АТ:

$$Y = \{Y_1, Y_2, Y_3, \dots\},$$

где Y_1 – множество процессов разборки АТ;

Y_2 – множество процессов переработки АТ;

Y_3 – множество процессов уничтожения АТ.

Проведённый анализ публикаций по исследованию ЖЦ АТ показал, что хорошо изученными, являются этапы создания (С) и эксплуатации (Э). Плохо исследован, особенно это касается создания научно – методического обеспечения, этап утилизации (У).

Не исследованы взаимодействия этапов $C \leftrightarrow Y$, $\mathcal{E} \leftrightarrow Y$. Отсутствуют исследования с учётом всей логистической цепи ЖЦ АТ показателей и требований по качеству (Q), затратам (W), времени (T) и рискам (R), что и является предметом рассмотрения данной публикации.

Решение задачи исследования

Основой для исследования ЖЦ АТ в данной публикации является многоуровневая компонентная архитектура изделия, которая формируется на начальном (системном) этапе создания АТ (рис. 1).

С учётом этапов ЖЦ АТ рассмотрим следующие возможные постановки и решения задачи выбора и обоснования архитектуры АТ на основе компонентного подхода (рис. 2).

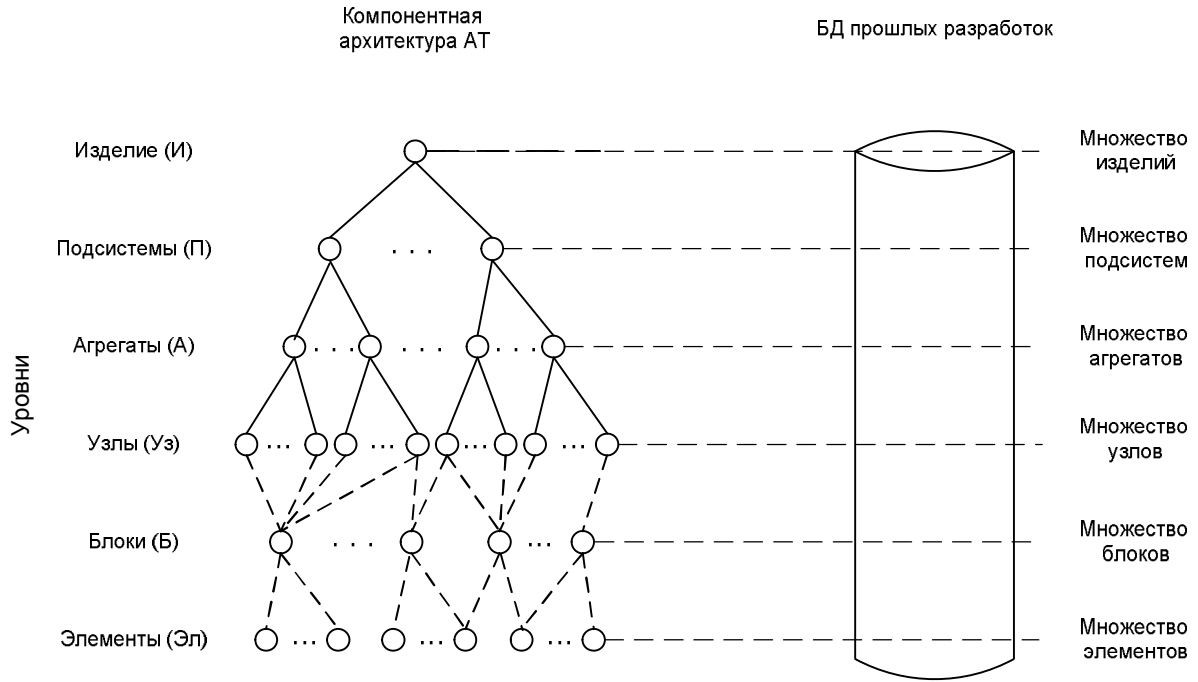


Рис. 1. Формирование компонентной архитектуры АТ

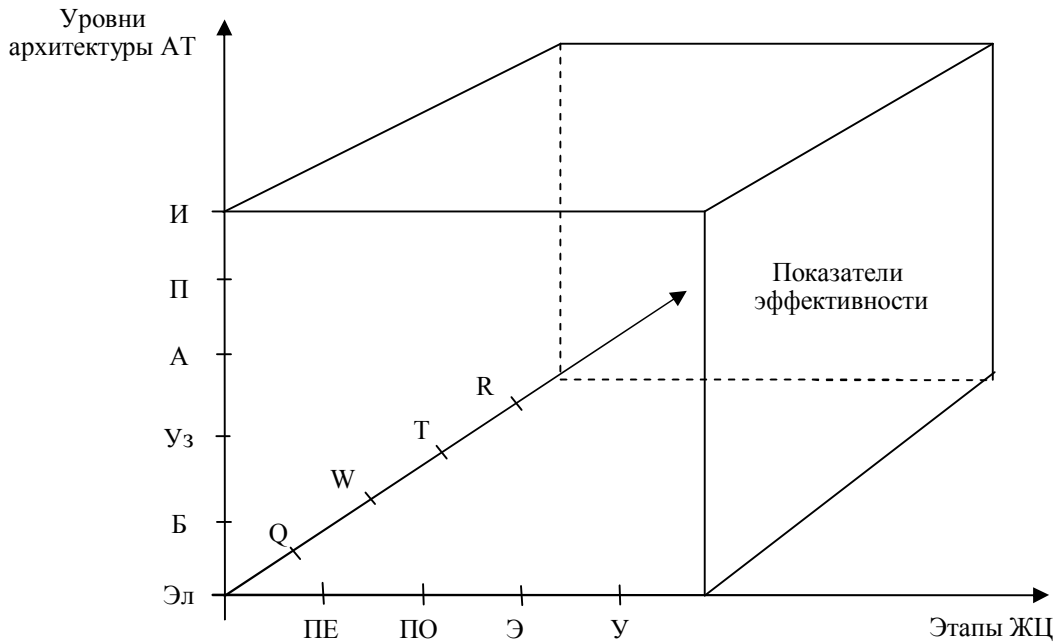


Рис. 2. Оценка компонент на отдельных этапах ЖЦ

1. Обоснование архитектуры АТ с учётом требований этапа создания (С) АТ.

Подробно данная задача рассмотрена и решена в публикации [2].

В этом случае имеется множество компонент из прошлого опыта по созданию АТ (компоненты повторного использования). Необходимо выбрать и

расставить компоненты по узлам многоуровневой архитектуры АТ с учётом требований качества (Q), затрат (W), времени (T) и рисков (R).

Воспользуемся методом целочисленного линейного программирования.

Введём булеву переменную x_{ijk} :

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{если на } i\text{-м уровне архитектуры АТ} \\ & \text{для } j\text{-го типа компоненты выбрана} \\ & k\text{-ая компонента из БД прошлых} \\ & \text{разработок;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

$$\text{При этом } \sum_k x_{ijk} = 1.$$

Пусть предварительно для e_{ijk} -компоненты сделана оценка экспертами по качеству (Q), затратам (W), времени (T) и рискам (R) для первого этапа ЖЦ АТ (создание (C)):

q_{ijk} – качество e_{ijk} -компоненты;

w_{ijk} – затраты на e_{ijk} -компоненту: возможные затраты на покупку, модернизацию или на создание новой компоненты, если её нет во множестве компонент из прошлого опыта;

t_{ijk} – время на e_{ijk} компоненту; время, связанное с приобретением, модернизацией существующей или созданной новой компоненты;

r_{ijk} – риск e_{ijk} компоненты; риск, связанный с модернизацией существующей или созданной новой компоненты. Если компонента приобретается, то риск можно считать нулевым.

Тогда для первого этапа создания (C) возможны следующие постановки для решения задачи обоснования и выбора архитектуры АТ [3,4].

1.1. Оптимизация качества (Q_1):

$$\min Q_1, Q_1 = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} q_{ijk}$$

с учётом ограничений на W_1, T_1, R_1 :

$$W_1 = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} w_{ijk} \leq W_1';$$

$$T_1 = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} t_{ijk} \leq T_1';$$

$$R_1 = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} r_{ijk} \leq R_1'.$$

где W_1', T_1', R_1' – допустимые затраты, время и риск на этапе создания (C) АТ.

1.2. Оптимизация затрат (W_1):

$$\min W_1, W_1 = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} w_{ijk}$$

с учётом ограничений на Q_1, T_1, R_1 :

$$Q_1 = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} q_{ijk} \geq Q_1';$$

$$T_1 = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} t_{ijk} \leq T_1';$$

$$R_1 = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} r_{ijk} \leq R_1',$$

где Q_1' – допустимый уровень качества на этапе создания (C) АТ.

1.3. Оптимизация времени (T_1):

$$\min T_1, T_1 = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} t_{ijk}$$

с учётом ограничений на Q_1, W_1, R_1 :

$$Q_1 = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} q_{ijk} \geq Q_1';$$

$$W_1 = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} w_{ijk} \leq W_1';$$

$$R_1 = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} r_{ijk} \leq R_1'.$$

1.4. Оптимизация риска (R_1):

$$\min R_1, R_1 = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} r_{ijk}$$

с учётом ограничений на Q_1, W_1, T_1 :

$$Q_1 = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} q_{ijk} \geq Q_1';$$

$$W_1 = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} w_{ijk} \leq W_1';$$

$$T_1 = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} t_{ijk} \leq T_1'.$$

1.5. Многокритериальная постановка задачи оптимизации Q_1, W_1, T_1, R_1 .

В результате решения задачи 1.1. – 1.4. получим экстремальные значения по $Q_1^*, W_1^*, T_1^*, R_1^*$.

Преобразуем Q_1, W_1, T_1, R_1 в относительную шкалу

$$\hat{Q}_1 = \frac{Q_1^* - Q_1}{Q_1^* - Q_1'},$$

$$\hat{W}_1 = \frac{W_1 - W_1^*}{W_1' - W_1^*},$$

$$\hat{T}_1 = \frac{T_1 - T_1^*}{T_1' - T_1^*},$$

$$\hat{R}_1 = \frac{R_1 - R_1^*}{R_1' - R_1^*}.$$

Представим комплексный критерий в виде суммы локальных критериев

$$K_1 = \alpha_Q \hat{Q}_1 + \alpha_W \hat{W}_1 + \alpha_T \hat{T}_1 + \alpha_R \hat{R}_1,$$

где $\alpha_Q, \alpha_W, \alpha_T, \alpha_R$ – весовые коэффициенты,

значения которых задаётся экспертами, $0 \leq \alpha_e \leq 1$, $\sum_e \alpha_e = 1$.

Необходимо минимизировать:

$$\begin{aligned} \min K_1, \\ K_1 = \alpha_Q \left(\frac{Q_1^* - Q_1'}{Q_1^* - Q_1'} \right) + \alpha_W \left(\frac{W_1 - W_1^*}{W_1' - W_1^*} \right) + \\ + \alpha_T \left(\frac{T_1 - T_1^*}{T_1' - T_1^*} \right) + \alpha_R \left(\frac{R_1 - R_1^*}{R_1' - R_1^*} \right) = \\ = -\alpha_Q \frac{\sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} q_{ijk}}{Q_1^* - Q_1'} + \alpha_W \frac{\sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} w_{ijk}}{W_1' - W_1^*} + \\ + \alpha_T \frac{\sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} t_{ijk}}{T_1' - T_1^*} + \alpha_R \frac{\sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} r_{ijk}}{R_1' - R_1^*} + \\ + \alpha_Q \frac{Q_1^*}{Q_1^* - Q_1'} - \alpha_W \frac{W_1^*}{W_1' - W_1^*} - \alpha_T \frac{T_1^*}{T_1' - T_1^*} - \\ - \alpha_R \frac{R_1^*}{R_1' - R_1^*}. \end{aligned}$$

Аналогичные оптимизационные модели можно сформировать для этапов эксплуатации (Э) и утилизации (У) АТ.

Особенностью этапа эксплуатации (Э) АТ является требования увеличения времени T_2 срока эксплуатации. Для этого планируются и проводятся мероприятия и работы по продлению ресурса, модернизации и реинжинирингу, управлением старением и т.д.

Поэтому для показателя T_2 на этапе эксплуатации (Э) необходимо:

$$\max T_2, T_2 = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} t_{2ijk}$$

с учётом ограничений на Q_2, W_2, R_2 :

$$Q_2 = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} q_{2ijk} \geq Q_2';$$

$$W_2 = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} w_{2ijk} \leq W_2';$$

$$R_2 = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} r_{2ijk} \leq R_2'.$$

Для этапа эксплуатации (Э) показатель качества (Q_2) связан с обеспечением качества гарантийных, регламентных и ремонтных работ. Показатель затрат (W_2) оценивает затраты на гарантийное обслуживание, регламентные и ремонтные работы. Показатель риска (R_2) указывает на возможное прекращение эксплуатации из-за поломки и выхода

изделия из работоспособного состояния без возврата к продолжению эксплуатации.

Для этапа утилизации (У) показатель качества (Q_3) обеспечивается качеством утилизационных работ, связанных с разборку, переработку на вторичное сырьё и уничтожением компонент изделия АТ.

Показатель затрат (W_3) оценивает затраты на разборку, вторичную переработку, а также на уничтожение компонент АТ.

Показатель времени (T_3) указывает на длительность процесса утилизации изделия АТ.

Показатель риска (R_3) указывает на высокий риск, связанный с утилизацией АТ (воздействие на окружающую среду, операторов, население).

В данной работе предлагается оценить значение основных показателей ЖЦ АТ с учётом последовательности и взаимодействия отдельных этапов. Наибольший интерес вызывает постановка задачи обоснования основных показателей при совместной оценке этапов создания (С) и утилизации (У) АТ.

Решение этой задачи позволяет сформировать требования и технические характеристики изделия АТ на системном этапе проектирования с учётом этапов создания (С) и утилизации (У).

2. Оценка и оптимизация основных показателей ЖЦ АТ с учётом требований этапов создания (С) и утилизации (У) АТ.

Рассмотрим формирование значений основных показателей ЖЦ АТ ($Q_{13}, W_{13}, T_{13}, R_{13}$) с учётом совместной оценки первого этапа (С) и третьего этапа (У) ЖЦ.

Для упрощения будем считать, что:

$$q_{13ijk} = q_{1ijk} + q_{3ijk},$$

$$w_{13ijk} = w_{1ijk} + w_{3ijk},$$

$$t_{13ijk} = t_{1ijk} + t_{3ijk},$$

$$r_{13ijk} = r_{1ijk} + r_{3ijk}.$$

2.1. Для оптимизации качества (Q_{13}) необходимо:

$$\max Q_{13}, Q_{13} = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} (q_{1ijk} + q_{3ijk})$$

с учётом ограничений

$$W_{13} = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} (w_{1ijk} + w_{3ijk}) \leq W_{13}';$$

$$T_{13} = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} (t_{1ijk} + t_{3ijk}) \leq T_{13}';$$

$$R_{13} = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} (r_{1ijk} + r_{3ijk}) \leq R_{13}'.$$

2.2. Для оптимизации затрат (W_{13}) необходимо:

$$\min W_{13}, W_{13} = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} (w_{1ijk} + w_{3ijk})$$

с учётом ограничений

$$Q_{13} = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} (q_{1ijk} + q_{3ijk}) \geq Q'_{13};$$

$$T_{13} = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} (t_{1ijk} + t_{3ijk}) \leq T'_{13};$$

$$R_{13} = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} (r_{1ijk} + r_{3ijk}) \leq R'_{13}.$$

2.3. Для оптимизации времени (T_{13}) необходимо:

$$\min T_{13}, T_{13} = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} (t_{1ijk} + t_{3ijk})$$

с учётом ограничений

$$Q_{13} = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} (q_{1ijk} + q_{3ijk}) \geq Q'_{13};$$

$$W_{13} = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} (w_{1ijk} + w_{3ijk}) \leq W'_{13};$$

$$R_{13} = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} (r_{1ijk} + r_{3ijk}) \leq R'_{13}.$$

2.4. Для оптимизации риска (R_{13}) необходимо:

$$\min R_{13}, R_{13} = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} (r_{1ijk} + r_{3ijk})$$

с учётом ограничений

$$Q_{13} = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} (q_{1ijk} + q_{3ijk}) \geq Q'_{13};$$

$$W_{13} = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} (w_{1ijk} + w_{3ijk}) \leq W'_{13};$$

$$T_{13} = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} (t_{1ijk} + t_{3ijk}) \leq T'_{13}.$$

2.5. Для многокритериальной оптимизации необходимо сформировать комплексный критерий:

$$K_{13} = \alpha_{Q_{13}} \hat{Q}_{13} + \alpha_{W_{13}} \hat{W}_{13} + \alpha_{T_{13}} \hat{T}_{13} + \alpha_{R_{13}} \hat{R}_{13}$$

где $\alpha_{Q_{13}}, \alpha_{W_{13}}, \alpha_{T_{13}}, \alpha_{R_{13}}$ – значение весовых коэффициентов, которые могут быть получены с помощью оценок экспертов по направлениям (качество, затраты, время, риски):

$$\alpha_{Q_{13}} + \alpha_{W_{13}} + \alpha_{T_{13}} + \alpha_{R_{13}} = 1;$$

$$\hat{Q}_{13} = \frac{Q_{13}^* - Q_{13}}{Q_{13}^* - Q_{13}'};$$

$$\hat{W}_{13} = \frac{W_{13} - W_{13}^*}{W_{13}' - W_{13}^*};$$

$$\hat{T}_{13} = \frac{T_{13} - T_{13}^*}{T_{13}' - T_{13}^*};$$

$$\hat{R}_{13} = \frac{R_{13} - R_{13}^*}{R_{13}' - R_{13}^*},$$

где $Q_{13}^*, W_{13}^*, T_{13}^*, R_{13}^*$ – экстремальные значения получены путём решения задач 2.1.–2.4.

Необходимо оптимизировать комплексный критерий:

$$\begin{aligned} \min K_{13}, \\ K_{13} = \alpha_{Q_{13}} \left(\frac{Q_{13}^* - Q_{13}}{Q_{13}^* - Q_{13}'} \right) + \alpha_{W_{13}} \left(\frac{W_{13} - W_{13}^*}{W_{13}' - W_{13}^*} \right) + \\ + \alpha_{T_{13}} \left(\frac{T_{13} - T_{13}^*}{T_{13}' - T_{13}^*} \right) + \alpha_{R_{13}} \left(\frac{R_{13} - R_{13}^*}{R_{13}' - R_{13}^*} \right) = \\ = -\alpha_{Q_{13}} \frac{\sum_i \sum_j \sum_k (q_{1ijk} + q_{3ijk})}{Q_{13}^* - Q_{13}'} + \\ + \alpha_{W_{13}} \frac{\sum_i \sum_j \sum_k (w_{1ijk} + w_{3ijk})}{W_{13}' - W_{13}^*} + \\ + \alpha_{T_{13}} \frac{\sum_i \sum_j \sum_k (t_{1ijk} + t_{3ijk})}{T_{13}' - T_{13}^*} + \\ + \alpha_{R_{13}} \frac{\sum_i \sum_j \sum_k (r_{1ijk} + r_{3ijk})}{R_{13}' - R_{13}^*} + \\ + \frac{\alpha_{Q_{13}} Q_{13}^*}{Q_{13}^* - Q_{13}'} - \frac{\alpha_{W_{13}} W_{13}^*}{W_{13}' - W_{13}^*} - \frac{\alpha_{T_{13}} T_{13}^*}{T_{13}' - T_{13}^*} - \frac{\alpha_{R_{13}} R_{13}^*}{R_{13}' - R_{13}^*}. \end{aligned}$$

Заключение

Предложенный подход целесообразно использовать на начальном (системном) этапе создания изделия АТ, когда необходимо учесть требования и оценить показатели основных этапов ЖЦ (создание, эксплуатация и утилизация). Актуальность такого подхода связана с этапом утилизации АТ, учёт которого в настоящее время, является обязательным требованием при создании АТ.

Литература

1. Федорович О.С. Компонентне проектуванн інформаційних управляючих систем / О.С. Федорович, А.В. Попов, К.О. Западня, Ю.І. Сергєєва. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2009. – 118 с.

2. Федорович О.Е. Формирование архитектуры сложных изделий аэрокосмической техники на основе прецедентного подхода / О.Е. Федорович, Л.Н. Лутай // *Радиоэлектронні і комп'ютерні системи*. – 2010. – № 4 (45). – С. 138 – 142.

3. Федорович О.Е. Метод выбора проекта модернизации предприятия для обеспечения качества основного и вспомогательного процессов про-

изводства/ О.Е. Федорович, Ю. А. Леценко К.О. Западня // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2010. – № 6 (73). – С. 100 – 104.

4. Сеа Ж. Оптимизация. Теория и алгоритмы: перевод с фр. яз. Л.Г. Гурина / Ж. Сеа; под ред. А.Ф. Кононенко и Н.Н. Моисеевна. – М.: Мир, 1973. – 244 с.

Поступила в редакцию 1.03.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф., зав. каф. информатики А.Ю. Соколов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

ЛОГІСТИКА ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ АЕРОКОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ

О.Е. Федорович, Ю.О. Леценко, К.О. Западня, Р.Є. Демент'єв

Ставиться і вирішується завдання аналізу і управління життєвим циклом (проекування, виробництво, експлуатація, утилізація) аерокосмічної техніки (АТ). Введені основні показники для оцінки окремих етапів ЖЦ: якість (Q), витрати (W), час (T), ризики (R). Формування багаторівневої архітектури виробу АТ здійснюється на системному етапі проектування з використанням компонентного підходу. Сформульовані завдання оптимізації архітектура АТ для окремих етапів ЖЦ. Розглянута постановка і дано рішення задачі вибору і оптимізації архітектури АТ з урахуванням взаємодії етапів створення і утилізації АТ. Оптимізація здійснюється на основі цілочисельного лінійного програмування з булевими змінними.

Ключові слова: управління життєвим циклом, основні показники життєвого циклу, оптимізація багаторівневої архітектури виробу АТ, утилізація АТ.

LIFE CYCLE LOGISTIC AEROSPACE ENGINEERING

O.Ye. Fedorovich, Ju. A. Leshchenko, K.O. Zapadnia, R.E. Dementyev

Pose and solve the problem of analysis and lifecycle management (LC) (design, production, operation, recycling) Aerospace Technology (AT). Introduced the basic indicators to assess the different stages of life cycle: quality (Q), cost (W), time (T), risks (R). Formation of a layered architecture products AT performed on the system design phase, using the component approach. The problems of optimization of the AT architecture for different stages of life cycle. Reviewed the statement and given the solution of choice and optimization of the AT architecture allowing for the interaction stages of creation and utilization of AT. Optimization is based on integer linear programming with Boolean variables.

Keywords: lifecycle management, the main indicators of life cycle, optimization of multi-tier architecture product AT, utilization of AT.

Федорович Олег Евгеньевич – д-р техн. наук, проф., зав. каф. информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина.

Леценко Юлия Александровна – инженер каф. информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина.

Западня Ксения Олеговна – канд. техн. наук, научный сотрудник каф. информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина.

Дементьев Рем Евгеньевич – студент каф. информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.