

УДК 658.562+658.512

Ю. Л. ПРОНЧАКОВ, Ю. А. ЛЕЩЕНКО

*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Украина*

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ КАЧЕСТВА ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ В ПРОЕКТАХ МОДЕРНИЗАЦИИ РАЗВИВАЮЩЕГОСЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

*Ставится и решается задача обеспечения требований качества высокотехнологической продукции с учётом жизненного цикла сложных изделий и логистической цепи «снабжение – производство – сбыт». Исследуется жизненный цикл с учётом иерархии компонент архитектуры изделий для удовлетворения требований качества на начальных этапах создания сложной техники. Для обеспечения качества при производстве сложных изделий ставится и решается оптимизационная задача, связанная с выбором материалов, комплектующих и технологических процессов производства. С учётом иерархического представления логистической цепи производства сложных изделий решена задача оптимизации качества как для отдельных элементов логистической цепи, так и для всей цепи. Проводится обоснование выбора мест контроля качества в логистической цепи с учётом ограниченности ресурсов отечественных предприятий. Предложенный подход целесообразно использовать в задачах перспективного развития развивающихся отечественных предприятий.*

**Ключевые слова:** *развивающееся предприятие, обеспечение требований качества, жизненный цикл сложной техники, логистическая цепь производства, оптимизация качества в условиях ограниченных ресурсов.*

### Введение

Создание высокотехнологической конкурентоспособной продукции связано с модернизацией и развитием тех отраслей, которые обеспечат выход Украины на рынки Европы и Азии. К ним относятся, в первую очередь, аэрокосмическая отрасль, в которой большое внимание уделяется инновационным и информационным технологиям. Повышение качества выпускаемой продукции аэрокосмической отрасли [1] требует использования не только существующих подходов и стандартов по качеству, но и поиска новых решений [2, 3]. В данной публикации предлагается новый подход по обеспечению современных требований качества, основанный на учёте длительного жизненного цикла (ЖЦ) аэрокосмической техники (АТ) [4] и логистики производства.

### Постановка задачи исследования

Укрупнено представим ЖЦ АТ в виде трёх основных этапов:

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

Будем использовать следующие показатели 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 отрицательное значение (затраты на утилизацию  $W_{31}$ ) так и положительное ( $W_{32}$  – доход от продажи 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 со сроком эксплуатации изделия. На этапе утилизации (У)  $T_3$  связано со временем утилизации изделия.

**Риск (R).** На этапе создания (С) риск  $R_1$  связан с реализуемостью проекта и производством 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.

### Решение задачи исследования

На начальных этапах создания сложного изделия (СИ) необходимо сформировать иерархическую компонентную архитектуру. Поэтому для обеспечения качества при проектировании (ПЕ) СИ необходимо решить следующую оптимизационную задачу:

$$\max Q_{ПЕ}, Q_{ПЕ} = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} q_{ijk},$$

с учётом ограничений на  $W_{ПЕ}, T_{ПЕ}, R_{ПЕ}$ :

$$W_{ПЕ} = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} w_{ijk} \leq W'_{ПЕ};$$

$$T_{ПЕ} = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} t_{ijk} \leq T'_{ПЕ};$$

$$R_{ПЕ} = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} r_{ijk} \leq R'_{ПЕ};$$

где  $x_{ijk}$  – булева переменная:

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{если на } i\text{-ом уровне для } j\text{-го} \\ & \text{типа элемента архитектура СИ} \\ & \text{выбрана } k\text{-я компонента;} \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

$w_{ijk}$  – затраты на  $e_{ijk}$  компоненту (создание или приобретение);

$t_{ijk}$  – время, связанное с созданием или приобретением  $e_{ijk}$  компоненты;

$r_{ijk}$  – риск, связанный с созданием или приобретением  $e_{ijk}$  компоненты;

$r_{ijk}$  – риск, связанный с созданием или приобретением  $e_{ijk}$  компоненты;

$q_{ijk}$  – прогнозируемое качество  $e_{ijk}$  компоненты в результате создания или приобретения;

$W'_{ПЕ}, T'_{ПЕ}, R'_{ПЕ}$  – допустимые значения затрат, времени и риска, связанные с формированием архитектуры СИ.

На этапе производства (ПО), исходя из существующих требований качества и стандартов ISO, необходимо обеспечить качество как «продукта» (ПТ),

так и «процесса» (ПС), который обеспечивает движение продукта в производстве:

$$\max Q_{ПО}, Q_{ПО} = \sum_e \sum_l \sum_k x_{elk} q_{elk},$$

с учётом ограничений на  $W_{ПО}, T_{ПО}, R_{ПО}$ :

$$W_{ПО} = \sum_e \sum_l \sum_k x_{elk} w_{elk} \leq W'_{ПО};$$

$$T_{ПО} = \sum_e \sum_l \sum_k x_{elk} t_{elk} \leq T'_{ПО};$$

$$R_{ПО} = \sum_e \sum_l \sum_k x_{elk} r_{elk} \leq R'_{ПО};$$

где  $x_{elk}$  – булева переменная:

$$x_{elk} = \begin{cases} 1, & \text{если для } k\text{-ой компоненты СИ} \\ & \text{выбраны } e\text{-ые материалы и комплектующие} \\ & \text{и назначен } l\text{-й технологический процесс;} \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

$w_{elk}$  – затраты, связанные с приобретением  $e$ -х материалов и комплектующих для  $l$ -го технологического процесса и для  $k$ -й компоненты СИ;

$t_{elk}$  – время реализации  $l$ -го технологического процесса для  $k$ -й компоненты СИ при выборе  $e$ -х материалов и комплектующих производства;

$r_{ijk}$  – риск, связанный с производством  $k$ -й компоненты при использовании  $e$  – ых материалов и комплектующих и выборе  $l$  – го технологического процесса.

$W'_{ПО}, T'_{ПО}, R'_{ПО}$  – допустимые значения затрат, времени и рисков, связанные с организацией производственного процесса для  $k$ -й компоненты изделия.

Для удовлетворения требований качества, аналогичные оптимизационные модели, можно построить для этапов эксплуатации (Э) и утилизации (У) СИ.

Логистический процесс производства представим в виде иерархического дерева, где на верхнем уровне находятся основные звенья логистической цепи «снабжение – производство – сбыт», а на нижних – логистические технологические процессы и операции.

Задачу оптимизации качества для рассматриваемого  $j$ -го уровня логистического представления производства разбиваем на два этапа:

1. Оптимизация качества отдельных элементов ЛЦ рассматриваемого  $j$ -го уровня. В этом случае, последовательно, по элементам, начиная от процессов снабжения, затем производства и заканчивая сбытом, решается задача максимизации показателей качества.

2. Гармонизация значений показателей качества с учётом всех элементов, входящих в  $j$ -й рассматриваемый уровень ЛЦ. В этом случае осуществляется решение минимаксной задачи для улучшения самого худшего по значению показателя качества, с учётом всех элементов ЛЦ рассматриваемого  $j$ -го уровня.

Рассмотрим задачу оптимизации качества для отдельных элементов рассматриваемого  $j$ -го уровня ЛЦ.

Пусть для каждого  $e_{ji}$  элемента ЛЦ специалисты по качеству определили множество возможных вариантов (способов) улучшения качества.

Введём булеву переменную  $x_{ji1}$ , которая принимает два возможных значения:

$$x_{ji1} = \begin{cases} 0, & \text{если для } e_{ji} \text{-го элемента} \\ & \text{не взят для улучшения качества} \\ & \text{1-й вариант (способ);} \\ 1, & \text{если для } e_{ji} \text{-го элемента} \\ & \text{улучшения качества выбран} \\ & \text{1-й вариант (способ).} \end{cases}$$

Решение первой задачи проведём в два этапа. Будем оценивать с помощью набора локальных показателей.

Проведём оптимизацию локальных показателей качества для каждого  $j$ -го элемента ЛЦ:

Необходимо максимизировать локальные показатели качества:

$$\max k_{e_{ji}},$$

где  $k_{e_{ji}} = \sum_{l=1}^{s_{e_{ji}}} p_{e_{ji}l} \cdot x_{ji1}$ , для всех показателей

$e = \overline{1, m_{ji}}$ ,  $s_{e_{ji}}$  – количество вариантов (способов) улучшения качества;  $p_{e_{ji}l}$  – значения качества для  $k_{e_{ji}}$  – показателя, для  $l$ -го варианта (способа) улучшения качества.

При этом необходимо выполнить условия ограничений:

$$C_{q_{ji}} = \sum_{l=1}^{\Gamma_{ji}} f_{q_{ji}l} \cdot x_{ji1},$$

$$C_{q_{ji}} \leq C'_{q_{ji}}, \quad q = \overline{1, n_{ji}},$$

где  $f_{q_{ji}}$  – значение ограничения (финансовые, временные затраты) для  $l$ -го варианта (способа) улучшения качества;  $C'_{q_{ji}}$  – допустимое значение затрат, которое нельзя превышать.

В результате решения задачи 1.1. получим максимальные значения для всех локальных показателей качества  $k^*_{1ji}, k^*_{2ji}, \dots, k^*_{m_{ji}}$  рассматриваемого  $e_{ji}$ -го элемента ЛЦ.

Оптимизация комплексного критерия качества. На этом этапе необходимо найти решение для комплексного критерия, которое в компромиссном смысле удовлетворяет локальным показателям качества. Представим комплексный критерий качества в виде аддитивной свёртки локальных показателей:

$$\hat{K}_{ji} = \alpha_{1ji} \cdot \hat{k}_{1ji} + \alpha_{2ji} \cdot \hat{k}_{2ji} + \dots + \alpha_{m_{ji}} \cdot \hat{k}_{m_{ji}} =$$

$$= \sum_{e_{ji}=1}^{m_{ji}} \alpha_{e_{ji}} \cdot \hat{k}_{e_{ji}},$$

где  $\alpha_{e_{ji}}$  – «вес»  $\hat{k}_{e_{ji}}$ -го показателя (определяется экспертами по качеству), при этом:

$$\sum_{e_{ji}=1}^{m_{ji}} \alpha_{e_{ji}} = 1,$$

$$\hat{k}_{e_{ji}} = \frac{k_{e_{ji}} - k'_{e_{ji}}}{k^*_{e_{ji}} - k'_{e_{ji}}}; \quad 0 \leq \hat{k}_{e_{ji}} \leq 1,$$

где  $k'_{e_{ji}}$  – допустимое значение локального показателя, которое нельзя ухудшать.

Необходимо максимизировать комплексный критерий качества:

$$\max \hat{K}_{e_{ji}},$$

где  $\hat{K}_{ji} = \alpha_{1ji} \frac{k_{1ji} - k'_{1ji}}{k^*_{1ji} - k'_{1ji}} + \alpha_{2ji} \frac{k_{2ji} - k'_{2ji}}{k^*_{2ji} - k'_{2ji}} + \dots +$

$$+ \alpha_{m_{ji}} \frac{k_{m_{ji}} - k'_{m_{ji}}}{k^*_{m_{ji}} - k'_{m_{ji}}} = \frac{\alpha_{1ji}}{k^*_{1ji} - k'_{1ji}} \sum_{l_1=1}^{e_{1ji}} P_{1ji l_1} \cdot x_{ji1} +$$

$$+ \frac{\alpha_{2ji}}{k^*_{2ji} - k'_{2ji}} \sum_{l_2=1}^{e_{2ji}} P_{2ji l_2} \cdot x_{ji2} +$$

$$+ \frac{\alpha_{mj_i}}{k^*_{mj_i} - k'_{mj_i}} \sum_{lm=1}^{e_{mj_i}} P_{mj_{il}} \cdot x_{j_{ilm}} -$$

$$- \frac{\alpha_{1j_i} \cdot k'_{1j_i}}{k^*_{1j_i} - k'_{1j_i}} - \frac{\alpha_{2j_i} \cdot k'_{2j_i}}{k^*_{2j_i} - k'_{2j_i}} - \frac{\alpha_{mj_i} \cdot k'_{mj_i}}{k^*_{mj_i} - k'_{mj_i}};$$

С учётом ограничений:

$$C_{qj_i} \leq C'_{qj_i}, \quad q = \overline{1, n_{j_i}}.$$

Проведём оптимизацию качества путём гармонизации значений локальных показателей качества с учётом всех логистических элементов входящих в  $j$ -й рассматриваемый уровень ЛЦ.

Преобразуем локальные критерии, таким образом, чтобы задача их максимизации стала задачей минимизации:

$$\min \tilde{k}_{ej_i},$$

$$\text{где } \tilde{k}_{ej_i} = 1 - \hat{k}_{ej_i} = 1 - \frac{k_{ej_i} - k'_{ej_i}}{k^*_{ej_i} - k'_{ej_i}} =$$

$$= \frac{k^*_{ej_i} - k'_{ej_i} - k_{ej_i} + k'_{ej_i}}{k^*_{ej_i} - k'_{ej_i}} = \frac{k^*_{ej_i} - k_{ej_i}}{k^*_{ej_i} - k'_{ej_i}}.$$

В ходе совместной оптимизации всех локальных показателей необходимо улучшать значения самого худшего показателя с учётом всех элементов рассматриваемого  $j$ -го уровня ЛЦ, что соответствует гармонизации для обеспечения качества выпускаемой производственной продукции. С учётом преобразованных значений локальных показателей необходимо решить минимаксную задачу:

$$\min_{\tilde{k}_{ej_i} \in K_j} \max_{x_{j_{il}}} \tilde{k}_{ej_i} = \min_{\tilde{k}_{ej_i} \in K_j} \max_{x_{j_{il}}} \frac{k^*_{ej_i} - k_{ej_i}}{k^*_{ej_i} - k'_{ej_i}} =$$

$$= \min_{\tilde{k}_{ej_i} \in K_j} \max_{x_{j_{il}}} \frac{k^*_{ej_i} - \sum_{l=1}^{S_{ej_i}} p_{ej_{il}} \cdot x_{j_{il}}}{k^*_{ej_i} - k'_{ej_i}}.$$

Решение предлагаемой минимаксной задачи осуществляется путём введения вспомогательной переменной с использованием аппарата линейного целочисленного программирования с булевыми переменными [6].

Важной задачей исследования является определение и минимизация мест контроля качества в

логистической цепи «снабжение – производство – сбыт», которые должны удовлетворить требованиям качества как для продукта, который движется по ЛЦ, так и обеспечивающего движение «процесса».

Для оценки качества введём следующие показатели:

K1 – качество, измеренное в условных единицах;

K2 – затраты, связанные с обеспечением требуемого уровня качества;

K3 – риски, связанные с обеспечением требуемого уровня качества.

Решение данной задачи проведём в два этапа:

- обеспечение требований качества в логистической цепи, с учётом ограничений по затратам и рискам;

- динамическое моделирование управления качеством в ЛЦ производства.

Пусть для каждого звена ЛЦ «снабжение – производство – сбыт» заданы возможные места (пункты) управления и контроля качества (ПУК). Количество возможных ПУК для конкретного производства определяется специалистами по качеству.

Для решения первой задачи необходимо провести оптимизацию качества K1 с учётом ограничений по затратам K2 и рискам K3.

Для оптимизации воспользуемся методом целочисленного булевого программирования [5]. Введём булеву переменную  $x_{ij} \in \{0; 1\}$ , где  $x_{ij} = 1$ , когда для  $i$ -го звена определено местоположение  $j$ -го ПУК и  $x_{ij} = 0$ , когда для  $i$ -го звена ПУК не используется. Показатель качества представим в следующем виде:

$$K1 = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{M_i} x_{ij} \cdot K1_{ij},$$

где  $K1_{ij}$  – значения качества, полученные с использованием  $j$ -го ПУК для  $i$ -го звена ЛЦ,  $M$  – количество элементов ЛЦ;

$$K2 = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{M_i} x_{ij} \cdot K2_{ij},$$

где  $K2_{ij}$  – затраты, связанные с использованием  $j$ -го ПУК для  $i$ -го звена ЛЦ;

$$K3 = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{M_i} x_{ij} \cdot K3_{ij},$$

где  $K_{3_{ij}}$  – риск, связанный с обеспечением требуемого качества  $j$ -м ПУК для  $i$ -го звена ЛЦ.

Сформулируем возможные постановки задач, связанные с обеспечением качества элементов и звеньев ЛЦ.

Необходимо максимизировать качество:

$$\max K_1, K_1 = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{M_i} x_{ij} \cdot K_{1_{ij}},$$

с учётом ограничений  $K_2 \leq K_2'$ ,  $K_3 \leq K_3'$ ,

где  $K_2'$ ,  $K_3'$  – допустимые затраты и риски, связанные с обеспечением качества.

Необходимо минимизировать затраты, связанные с обеспечением качества:

$$\min K_2, K_2 = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{M_i} x_{ij} \cdot K_{2_{ij}},$$

с учётом ограничений  $K_1 \geq K_1'$ ,  $K_3 \leq K_3'$ ,

где  $K_1'$  – допустимое значение качества, ниже которого опускаться нельзя из-за потери конкурентоспособности на рынке потребителей продукции.

Необходимо минимизировать риски, связанные с обеспечением требуемого значения качества:

$$\min K_3, K_3 = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{M_i} x_{ij} \cdot K_{3_{ij}},$$

с учётом ограничений  $K_1 \geq K_1'$ ,  $K_2 \leq K_2'$ .

Далее решим компромиссную задачу, связанную с минимизацией комплексного критерия.

Для этого введём комплексный критерий:

$$K = \alpha_1 \widehat{K}_1 + \alpha_2 \widehat{K}_2 + \alpha_3 \widehat{K}_3,$$

где  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  – важность  $K_1, K_2, K_3$  показателей, которая оценивается специалистами по качеству:

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1.$$

$$\widehat{K}_1 = \frac{K_1^* - K_1}{K_1^* - K_1'},$$

$$\widehat{K}_2 = \frac{K_2 - K_2^*}{K_2' - K_2^*},$$

$$\widehat{K}_3 = \frac{K_3 - K_3^*}{K_3' - K_3^*},$$

где  $K_1^*, K_2^*, K_3^*$  – экстремальные значения показателей  $K_1, K_2, K_3$ , полученные при решении предыдущей задачи.

Необходимо найти:

$$\begin{aligned} \min K, K &= \alpha_1 \widehat{K}_1 + \alpha_2 \widehat{K}_2 + \alpha_3 \widehat{K}_3 = \\ &= -\frac{\alpha_1}{K_1^* - K_1'} \cdot \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{M_i} x_{ij} \cdot K_{1_{ij}} + \\ &+ \frac{\alpha_2}{K_2' - K_2^*} \cdot \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{M_i} x_{ij} \cdot K_{2_{ij}} + \\ &+ \frac{\alpha_3}{K_3' - K_3^*} \cdot \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{M_i} x_{ij} \cdot K_{3_{ij}} + \\ &+ \frac{\alpha_1 \cdot K_1^*}{K_1^* - K_1'} - \frac{\alpha_2 \cdot K_2^*}{K_2' - K_2^*} - \frac{\alpha_3 \cdot K_3^*}{K_3' - K_3^*}. \end{aligned}$$

Рассмотрим динамическое моделирование процессов управления качеством. Представим контур управления качеством, в котором с помощью контроля и обратной связи осуществляется выявление несоответствия установленным требованиям качества (например, в форме брака).

Отбракованная компонента изделия отправляется на возможное исправление. В случае невозможности довести компоненту до соответствующих требований качества, появляется неисправимый брак, который отправляется на утилизацию. Таким образом, материальный поток производства в ЛЦ имеет ветви, связанные с появлением исправимого (ИБ) и неисправимого (НИБ) браков. При движении по элементам и звеньям ЛЦ, на которых расположены ПУК, происходит накопление ИБ и НИБ. В зависимости от требований к уровню качества (показатель  $K_1$ ) величины ИБ и НИБ будут изменяться. Исследования и опыт массового производства показали, что при «мягких» требованиях к качеству величина ИБ относительно небольшая (от долей до нескольких процентов), а НИБ близок к нулю. При ужесточении требований качества величина ИБ может резко возрасти, НИБ может увеличиться, но не так резко как ИБ.

Для моделирования материальных потоков в ЛЦ был использован метод агентного имитационного моделирования [7, 8]. Сформируем множество агентов:

– агент «Генератор заявок» (ГЗ). С помощью генерации заявок формируется материальный поток, который движется по элементам и звеньям ЛЦ, проходя соответствующие ПУК<sub>*i*</sub>. Количество ПУК и их местоположение задаётся по результатам решения предыдущей задачи.

– агент «Контроль качества» (КК). Служит для формирования возможного брака (ВБ). Процент (%) брака задаётся специалистом по качеству и с помощью генератора случайных чисел формируется в ПУК<sub>i</sub>.

– агент «Исправимый брак» (ИБ). Служит для формирования исправимого брака, который возникает в ЛЦ. Процент (%) исправимого брака задаётся специалистом по качеству и генерируется в ПУК<sub>i</sub>. Заявки, которые не попали в категорию исправимого брака представляют собой неисправимый брак (НИБ).

– агент «Управление качеством» (УК). Служит для управления ходом моделирования (системное время, список будущих событий);

– агент «Задержка заявки» (ЗЗ). Служит для формирования задержки (транспортировки) заявки между ПУК<sub>i</sub> и ПУК<sub>i+1</sub>;

– агент «Описание ЛЦ» (ОЛЦ). Служит для формирования элементов и звеньев ЛЦ, через которые проходит материальный поток. Задаётся количество ПУК<sub>i</sub> ( $i = \overline{1, R}$ );

– агент «Результаты моделирования» (РМ). Служит для выдачи результатов моделирования.

На рисунке 1 представлена структурная схема агентной модели.

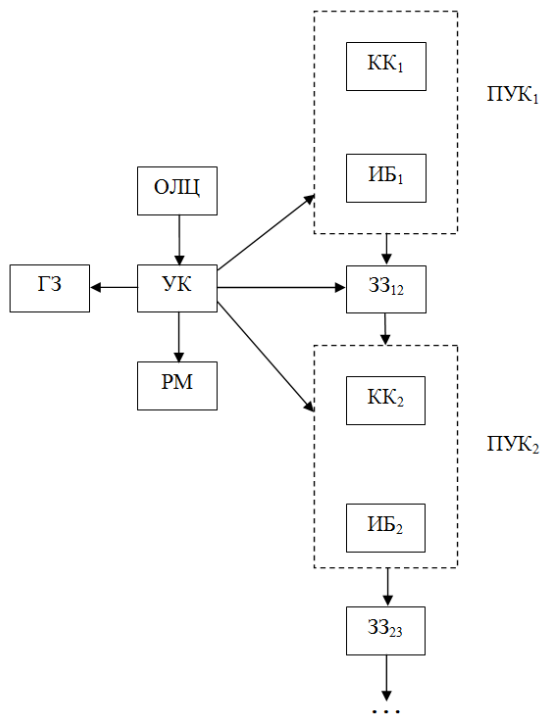


Рис. 1. Структура агентной модели

В результате моделирования получим:

– время (в условных единицах) реализации потока заявок без учёта брака;

– время (в условных единицах) реализации потока заявок с учётом петель исправимого брака;

– среднее время выполнения одной заявки в ЛЦ;

– количество и % исправимого брака;

– количество и % неисправимого брака.

## Заключение

Предложенный подход целесообразно использовать в задачах стратегического планирования развития предприятия, которое создаёт сложную аэрокосмическую технику, когда необходимо, в условиях ограниченных ресурсов, обеспечить выпуск высококачественных конкурентоспособных изделий, востребованных на рынках сбыта высокотехнологической продукции.

## Литература

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

2. Roszak, M. T. Zarządzanie jakością w praktyce inżynierskiej [Text] / M. T. Roszak // *Open Access Library*. – 2014. – Vol. 1(31). – 150 p.

3. Pawluczuk, J. К проблеме управления производственными ресурсами предприятия (problemy zarządzania zasobami produkcyjnymi przedsiębiorstwa) [Text] / J. Pawluczuk // *Zarządzanie. Teoria i praktyka*. – 2011. – № 1(3). – P. 17 – 26.

4. Логистика жизненного цикла аэрокосмической техники [Текст] / О. Е. Федорович, Ю. А. Леценко, К. О. Западня, Р. Е. Дементьев // *Радиоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2011. – № 1 (49). – С. 139 – 145.

5. Юдин, Д. Б. Линейное программирование. Теория, методы и приложения [Текст] / Д. Б. Юдин, Е. Г. Гольштейн. – М.: Наука, 1969. – 318 с.

6. Катренко, А. В. Дослідження операцій [Текст]: підручник / А. В. Катренко; МОНУ. – 3-тє вид., випр. та доп. – Львів: Магнолія-2006, 2009. – 352 с.

7. Амен, Соуд Абдалазез Мохаммед. Координация взаимодействия агентов при моделировании процессов нефтепродуктообеспечения [Текст] / Соуд Абдалазез Мохаммед Амен, А. В. Прохоров, О. Е. Федорович // *Радиоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2012. – № 4 (56). – С. 185 – 192.

8. Федорович, О. Е. Гармонизация качества в логистической цепи производства [Текст] / О. Е. Федорович, Ю. А. Леценко // *Радиоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2014. – № 2 (66). – С. 125 – 128.

*Поступила в редакцию 15.09.2015, рассмотрена на редколлегии 14.10.2015*

## **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМОГ ЯКОСТІ В ПРОЕКТАХ СТВОРЕННЯ ПІДПРИЄМСТВА, ЩО РОЗВИВАЄТЬСЯ**

*Ю. Л. Прончаков, Ю. О. Лещенко*

Ставиться і вирішується завдання забезпечення вимог якості високотехнологічної продукції з урахуванням життєвого циклу складних виробів та логістичного ланцюга «постачання – виробництво – збут». Досліджується життєвий цикл з урахуванням ієрархії компонент архітектури складних виробів для забезпечення вимог якості на початкових етапах створення складних виробів. Для забезпечення якості при виробництві складних виробів ставиться і вирішується оптимізаційна задача, яка пов'язана з вибором матеріалів, комплектуючих і технологічних процесів виробництва. З урахуванням ієрархічного уявлення логістичного ланцюга виробництва складних виробів вирішено завдання оптимізації якості як для окремих елементів логістичного ланцюга, так і для всього логістичного ланцюга. Проводиться обґрунтування вибору місць контролю якості в логістичному ланцюзі з урахуванням обмеженості ресурсів вітчизняних підприємств. Запропонований підхід доцільно використовувати в задачах перспективного розвитку вітчизняних підприємств, що розвиваються.

**Ключові слова:** підприємство, що розвивається, забезпечення вимог якості, життєвий цикл складної техніки, логістичний ланцюг виробництва, оптимізація якості в умовах обмежених ресурсів.

## **QUALITY ASSURANCE REQUIREMENTS IN THE CREATION OF GROWING ENTERPRISES**

*Yu. L. Pronchakov, Ju. A. Leshchenko*

Formulate and solve problems to ensure the quality requirements of high-tech products, taking into account the life cycle of complex products supply chain "supply – production – marketing." We study the life cycle, taking into account the hierarchy of the component architecture of complex products to ensure quality requirements in the early stages of complex products. To ensure the quality in the production of complex products pose and solve the optimization problem associated with the choice of materials, components and manufacturing processes. Given the hierarchical representation of the supply chain of production of complex products solving the optimization problem for the quality of the individual elements of the supply chain, and for the entire supply chain. Solution of the site selection study quality control in the supply chain, taking into account the limited resources of domestic enterprises. The presented approach should be used in long-term development objectives of developing domestic enterprises.

**Keywords:** developing enterprise, providing of requirements of quality, life cycle of difficult technique, logistic chain of production, optimization of quality in the conditions of the limited resources.

**Прончаков Юрий Леонидович** – канд. техн. наук, доцент, декан факультета економіки и менеджмента, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Украина.

**Лещенко Юлия Александровна** – мл. науч. сотр. каф. информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Украина.