

УДК 658.562+658.512

О. Е. ФЕДОРОВИЧ, Ю. А. ЛЕЩЕНКО

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

ГАРМОНИЗАЦИЯ КАЧЕСТВА В ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ПРОИЗВОДСТВА

Рассматривается и решается задача гармонизации качества в логистической цепи производства. Решение задачи исследования проводится в два этапа. На первом этапе решается задача оптимизации требований качества с учётом звеньев логистической цепи с использованием метода целочисленного булевого программирования. На втором этапе проводится динамическое имитационное моделирование управления качеством с учётом возможного брака. Для моделирования материальных потоков в логистической цепи производства использован метод агентного имитационного моделирования.

Ключевые слова: логистическая цепь, управление и контроль качества, метод целочисленного булевого программирования, агентная модель.

Введение

Современные требования к качеству выпускаемой продукции связаны, в первую очередь, с обеспечением конкурентоспособности изделий машиностроения в условиях максимального удовлетворения стандартов качества ISO [1]. Обеспечение качества на всех элементах и звеньях логистической цепи (снабжение-производство-сбыт) требует создания информационной поддержки и средств контроля качества в виде распределенной системы управления качеством (РСУК). Необходимо отметить, что возникающие отклонения значений показателей качества на отдельных элементах логистической цепи (ЛЦ) трансформируются и нарастают на выходе производства, что приводит к возможному браку, экономическим потерям и штрафным санкциям [2]. Поэтому тема работы является актуальной, так как в данной публикации рассматривается постановка и решение задачи, связанной с гармонизацией требований качества для всех элементов и звеньев логистической цепи производства.

Постановка задачи исследования

Для оценки требований качества, с учётом логистической цепи производства, введём следующие показатели:

К1 – уровень качества, измеренный в условных единицах;

К2 – экономические затраты, связанные с обеспечением требуемого уровня качества;

К3 – риски, связанные с получением требуемого уровня качества.

Решение задачи исследования проведём в два этапа:

- 1) оптимизация требований качества с учётом звеньев логистической цепи;
- 2) динамическое моделирование управления качеством в ЛЦ производства.

Решение задачи исследования

Пусть для каждого звена ЛЦ «снабжение – производство – сбыт» заданы возможные места (пункты) управления и контроля качества (ПУК). Количество ПУК для конкретного производства определяется специалистами по качеству и находится в диапазоне от минимального до максимального ($L_{MIN} \div L_{MAX}$).

1. Для решения первой задачи необходимо провести оптимизацию показателей качества К1, К2, К3 с учётом всех звеньев ЛЦ.

Для оптимизации воспользуемся методом целочисленного булевого программирования [3]. Введём целочисленную 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 j – й ПУК не используется. При этом, с учётом мнения специалиста по качеству,

$$\sum_{j=1}^{L_{MAX_i}} x_{ij} \geq L_{MIN_i},$$

где $i = \overline{1, M}$ и M – количество элементов в ЛЦ (не менее трёх звеньев «снабжение – производство – сбыт»). Тогда показатели, связанные с оценкой качества будут представлены следующим образом:

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

где $K1_{ij}$ – уровень качества, полученный с использованием j – го ПУК для i – го звена ЛЦ;

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

где $K2_{ij}$ – экономические 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 $K3_{ij}$ – риск, связанный с обеспечением требуемого качества j – м ПУК для i – го звена ЛЦ.

Сформулируем возможные постановки задач, связанные с оптимизацией (гармонизацией) качества для всех элементов и звеньев ЛЦ.

1.1. Необходимо максимизировать уровень качества ЛЦ:

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

с учётом ограничений $K2 \leq K2', K3 \leq K3'$,

где $K2', K3'$ – допустимые экономические затраты и риски, связанные с обеспечением требуемого уровня качества.

1.2. Необходимо минимизировать затраты, связанные с обеспечением требуемого уровня качества:

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

с учётом ограничений $K1 \geq K1', K3 \leq K3'$,

где $K1'$ – допустимый уровень качества, ниже которого опускаться нельзя из-за потери конкурентоспособности, а значит сбыта на рынке потребителей продукции.

1.3. Необходимо минимизировать риски связанные с обеспечением требуемого уровня качества:

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

с учётом ограничений $K1 \geq K1', K2 \leq K2'$.

1.4. Необходимо решить компромиссную задачу, связанную с минимизацией комплексного критерия качества.

Для этого введём комплексный критерий качества в виде:

$$K = \alpha_1 \widehat{K1} + \alpha_2 \widehat{K2} + \alpha_3 \widehat{K3},$$

где $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – важность отдельных показателей качества, которая оценивается специалистами по качеству:

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

$$\widehat{K1} = \frac{K1^* - K1}{K1^* - K1'},$$

$$\widehat{K2} = \frac{K2 - K2^*}{K2' - K2^*},$$

$$\widehat{K3} = \frac{K3 - K3^*}{K3' - K3^*},$$

где $K1^*, K2^*, K3^*$ – экстремальные значения показателей качества $K1, K2, K3$, полученные при решении задачи 1.1 – 1.3.

Необходимо найти:

$$\begin{aligned} \min K, K &= \alpha_1 \widehat{K1} + \alpha_2 \widehat{K2} + \alpha_3 \widehat{K3} = \\ &= -\frac{\alpha_1}{K1^* - K1'} \cdot \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{M_i} x_{ij} \cdot K1_{ij} + \\ &+ \frac{\alpha_2}{K2' - K2^*} \cdot \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{M_i} x_{ij} \cdot K2_{ij} + \\ &+ \frac{\alpha_3}{K3' - K3^*} \cdot \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{M_i} x_{ij} \cdot K3_{ij} + \\ &+ \frac{\alpha_1 \cdot K1^*}{K1^* - K1'} - \frac{\alpha_2 \cdot K2^*}{K2' - K2^*} - \frac{\alpha_3 \cdot K3^*}{K3' - K3^*} \end{aligned}$$

2. Динамическое моделирование процессов управления качеством. Представим контур управления качеством с использованием ПУК, в котором с помощью контроля и обратной связи осуществляется выявление несоответствия требованиям качества (например, в форме брака) (рис. 1).

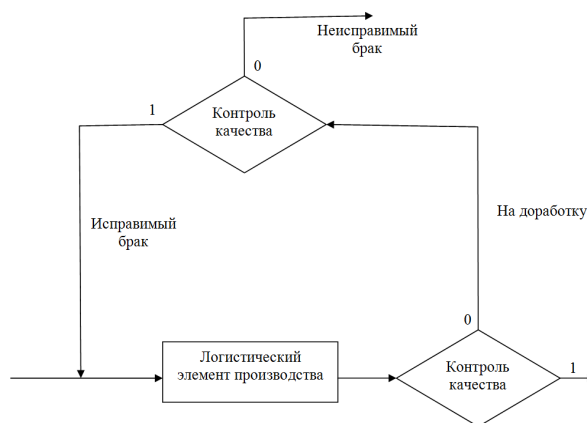


Рис. 1. Контур управления качеством

Отбракованная компонента продукции 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.

Величина ИБ и НИБ зависит от конкретного исследуемого производства. В данной работе для моделирования материальных потоков в ЛЦ производства с учётом контуров качества (см. рис. 1) использован метод агентного имитационного моделирования [4]. Сформировано множество агентов, состоящее из:

- агент «Генератор заявок» (ГЗ). С помощью последовательной генерации заявок формируется материальный поток, который движется по элементам и звеньям ЛЦ, проходя соответствующие ПУК₁. Количество ПУК и их местоположение задаётся по результатам решения 1-й 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 ПУК₁.

- агент «Исправимый брак» (ИБ). Служит для формирования исправимого брака, который возникает в ЛЦ. Процент (%) исправимого брака задаётся специалистом по качеству и генерируется в ПУК₁. 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 ПУК₁ и ПУК_{i+1};

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

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

На рисунке 2 представлена структурная схема агентной модели.

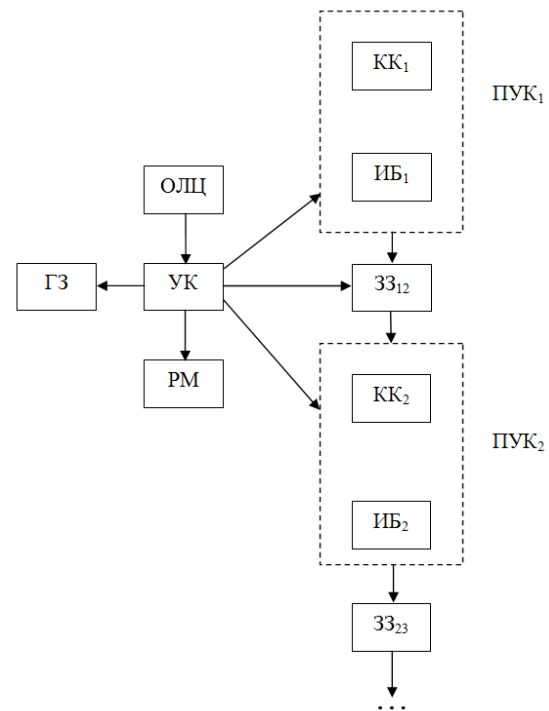


Рис. 2. Структура агентной модели

В результате моделирования получим:

- время (в условных единицах) реализация потока заявок без учёта брака;
- время (в условных единицах) реализация потока заявок с учётом петель исправимого брака;
- среднее время выполнения в ЛЦ одной заявки;
- количество и % исправимого брака;
- количество и % неисправимого брака.

Заключение

Предложенный подход целесообразно использовать на этапах обоснования системы управления качеством ЛЦ производства для определения структуры и состава мест контроля управления качеством.

Литература

1. ДСТУ ISO 9004:2012 *Управління задля досягнення сталого успіху організації. Підхід на основі управління якістю (ISO 9004:2009, IDT)* [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://dnop.com.ua/dnaop/act24660.htm>. – 17.04.2014.

2. Гора, Н. Н. Моделирование системы управления качеством с учетом требований логистики и случайных факторов производства [Текст] / Н. Н. Гора, Э. В. Лысенко // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2007. – № 3 (22). – С. 87–93.

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

4. Прохоров, А. В. Агентное имитационное моделирование процессов управления предприятиями нефтепродуктообеспечения [Текст] / А. В. Прохоров, Амен Соуд Абдалазез Мохаммед // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2011. – № 3 (51). – С. 37–43.

ко ; МОНУ. – 3-тє вид., випр. та доп. – Львів : Магнолія – 2006, 2009. – 352с.

Поступила в редакцію: 18.04.2014, рассмотрена на редколлегии 19.05.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф., зав. каф. инженерии программного обеспечения И. Б. Туркин, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Украина

ГАРМОНІЗАЦІЯ ЯКОСТІ В ЛОГІСТИЧНОМУ ЛАНЦЮЗІ ВИРОБНИЦТВА

О. Є. Федорович, Ю. О. Лещенко

Розглядається і вирішується завдання гармонізації якості в логістичному ланцюзі виробництва. Рішення завдання дослідження проводиться в два етапи. На першому етапі вирішується завдання оптимізації вимог якості з урахуванням ланок логістичного ланцюга з використанням методу цілочисельного булевого програмування. На другому етапі проводиться динамічне імітаційне моделювання управління якістю з урахуванням можливого браку. Для моделювання матеріальних потоків в логістичному ланцюзі виробництва використано метод агентного імітаційного моделювання.

Ключові слова: логістичний ланцюг, управління і контроль якості, метод цілочисельного булевого програмування, агентна модель.

HARMONISATION QUALITY LOGISTICS CHAINS PRODUCTION

O. Ye. Fedorovich, Ju. A. Leshchenko

We consider and solve the problem of harmonization of quality in the logistics chain of production. Solution of the research carried out in two stages. In the first phase we solve the problem of optimization of quality requirements, taking into account the links of the logistics chain using the Boolean integer programming. In the second stage of a dynamic simulation quality management, anticipating defect. To simulate the material flow in the logistics chain production method used agent-based simulation.

Keywords: logistics chain, management and quality control, boolean integer programming method, agent model.

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

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