

О. Е. ФЕДОРОВИЧ¹, О. В. СЛОМЧИНСКИЙ¹, В. А. ПУЙДЕНКО²¹ *Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Украина*² *Харьковский радиотехнический техникум, Украина*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛОГИСТИКИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ ВИРТУАЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Ставится и решается комплексная задача, связанная с организацией и управлением виртуальным предприятием (ВП) в аэрокосмической отрасли, где изготавливается высокотехнологическая инновационная продукция. Задача, ввиду ее сложности, разбита на ряд этапов. На первом этапе решается задача формирования портфеля заказов ВП. Для этого анализируется состояние рынка высокотехнологической продукции для выявления конкурентоспособных изделий. Сравниваются и оцениваются альтернативные варианты портфеля заказов с учетом затрат, сроков и рисков выпуска продукции. На втором этапе для сформированного портфеля заказов, осуществляется выбор состава предприятий ВП. Для этого осуществляется подбор предприятий по принципу предметной ориентации с учетом возможных затрат, связанных с адаптацией выбранных предприятий для выполнения портфеля заказов. На третьем этапе формируются инфокоммуникационные связи для управления ВП. Учитывается стоимость и пропускная способность коммуникационного оборудования для передачи управляющей и технологической информации в рамках структуры ВП. На четвертом этапе формируется производственный цикл ВП с учетом логистических требований. Учитываются характеристики логистической цепи «снабжение–производство–сбыт» для каждого предприятия в составе ВП. На пятом этапе рассматривается система управления качеством производства ВП. Для обеспечения качества проводится мероприятия, которые влияют не только на качество продукта в логистической цепи, но и на производственные процессы (основные и вспомогательные). На шестом этапе оптимизируются логистические процессы снабжения и сбыта ВП. Оптимизация процессов снабжения и сбыта обеспечивает снижение стоимости изделий и повышение конкурентоспособности на рынке высокотехнологической продукции. Предложенные задачи логически связаны между собой и направлены на обеспечение конкурентоспособности отечественных машиностроительных предприятий (авиастроение, судостроение и т.п.). Для решения предлагаемой комплексной задачи использованы методы системного анализа, целочисленной оптимизации, имитационного, агентного и знаниеориентированного моделирования. Предлагаемый подход позволяет на первоначальном этапе формирования ВП, обосновать портфель заказов, сформировать организационную структуру предприятия, построить инфокоммуникационные взаимодействия между исполнителями, обосновать требования качества и организовать логистическую цепь поставок, снабжения, производства и сбыта высокотехнологической продукции с учетом сроков выполнения портфеля заказов и оптимизации затрат, что очень важно для отечественного авиастроения.

Ключевые слова: виртуальное предприятие, формирование портфеля заказов, качество продукции, логистика производства, снабжения и сбыта.

Введение

Очередная производственная революция связана с тотальной компьютеризацией производства, начиная от стадии зарождения идеи нового продукта и заканчивая полной автоматизацией и виртуализацией производственного цикла с учетом использования интеллектуальных роботизированных систем. Возникли виртуальные офисы и предприятия, которые благодаря Веб-технологиям и распределенным инфокоммуникационным системам, позволяют оперативно реагировать на запросы рынка [1]. При этом возник целый ряд новых логистических задач, кото-

рые связаны с особенностью системы организации и планированием работы виртуальных предприятий (ВП) [2]. Поэтому, актуальна тема предлагаемой публикации, в которой ставится и решается задача, связанная с исследованием организации логистики производственного цикла ВП для выпуска высокотехнологической продукции предприятиями аэрокосмической отрасли.

Постановка задачи исследования

Обозначим основные процессы, связанные с организацией и логистикой виртуального предприя-

тия (ВП):

1. Формирование портфеля заказов управляющим офисом ВП.
2. Формирование состава исполнителей ВП.
3. Формирование инфокоммуникационных связей между исполнителями ВП.
4. Логистика управления предприятием ВП.
5. Обеспечение качества производства ВП.
6. Логистика снабжения и сбыта ВП.

Для исследования перечисленных логистических процессов использованы методы системного анализа, теории комбинаторики, методы оптимизации, методы имитационного моделирования, методы агентного моделирования, теория прецедентов, теория компонентного проектирования [3].

Решение задачи исследования

1. Для формирования портфеля заказов необходимо оценить альтернативные варианты заказов и выбрать оптимальный портфель. Для сравнения и выбора актуального портфеля заказов введем критерий актуальности продукции, что связано с конкурентоспособностью i -го заказа – K_i на рынке высокотехнологичной продукции. Для сравнения множества альтернативных вариантов портфеля заказов, воспользуемся лексикографическим упорядочиванием вариантов. Каждый i -й возможный вариант заказа представим в виде вектора оценок критериев Z_i, T_i, R_i, K_i (Z_i – затраты, T_i – время выполнения заказа, R_i – риски выполнения заказа, K_i – конкурентоспособность). Значения показателей формируются с помощью экспертов и предварительной оценки маркетологами состояния рынка высокотехнологической продукции по направлению деятельности ВП. Далее необходимо упорядочить критерии по их важности. Пусть, упорядоченный ряд критериев представлен следующим образом:

$$K_i > R_i > Z_i > T_i.$$

Предварительные оценки по каждому критерию будем формировать не количественно, а качественно, в виде букв латинского алфавита, что связано с возможной неопределенностью на стадии формирования портфеля заказов ВП:

$$K_i = \begin{cases} A - \text{высокая актуальность } i\text{-го заказа;} \\ B - \text{средняя актуальность } i\text{-го заказа;} \\ C - \text{удовлетворительная актуальность } i\text{-го заказа;} \\ D - \text{низкая актуальность } i\text{-го заказа,} \end{cases}$$

$$Z_i = \begin{cases} A - \text{низкие затраты на подготовку производства } i\text{-го заказа;} \\ B - \text{допустимые затраты на подготовку производства } i\text{-го заказа;} \\ C - \text{высокие затраты на подготовку производства } i\text{-го заказа;} \\ D - \text{очень высокие затраты на подготовку производства } i\text{-го заказа,} \end{cases}$$

$$T_i = \begin{cases} A - \text{быстрое выполнение } i\text{-го заказа;} \\ B - \text{нормальные сроки выполнения } i\text{-го заказа;} \\ C - \text{удовлетворительные сроки выполнения } i\text{-го заказа;} \\ D - \text{длительный срок выполнения } i\text{-го заказа,} \end{cases}$$

$$R_i = \begin{cases} A - \text{низкий риск выполнения } i\text{-го заказа;} \\ B - \text{удовлетворительный риск выполнения } i\text{-го заказа;} \\ C - \text{допустимый риск выполнения } i\text{-го заказа;} \\ D - \text{высокий риск выполнения } i\text{-го заказа.} \end{cases}$$

Приведём иллюстрированный пример выбора портфеля заказов ВП. Пусть неупорядоченное множество возможных заказов имеет вид:

1. B, B, A, C
2. C, A, B, B
3. A, C, C, C
4. B, C, A, A
5. A, B, C, C
6. C, A, A, A
7. A, C, B, B
8. B, B, B, A.

Лексикографически упорядочим варианты заказов в соответствии с заданной важностью критериев:

5. A, B, C, C
7. A, C, B, B
3. A, C, C, C
1. B, B, A, C
8. B, B, B, A.
4. B, C, A, A
6. C, A, A, A
2. C, A, B, B

В предполагаемый портфель из 3-х заказов целесообразно взять 5, 7 и 3 варианты заказов.

2. Для формирования состава исполнителей предприятий ВП, необходимо сформировать множество возможных кандидатов на выполнение заказа. В каждом заказе выделим основные компоненты выпускаемого изделия для выбора предприятий по принципу предметной организации.

В качестве критериев для выбора будем использовать:

- T – срок выпуска продукции;
- C – стоимость выпускаемой продукции;
- Q – качество выпускаемой продукции;
- R – риски выполнения заказа.

Тогда, для выполнения сформированного портфеля заказов, необходимо построить оптимизационную модель выбора предприятия. Представим каждый критерий в виде:

$$T = \sum_{j_k=1}^{n_k} x_{j_k} \cdot t_{j_k},$$

где x_{j_k} – булева переменная:

$$x_{j_k} = \begin{cases} 1 - \text{если для } j\text{-й компоненты} \\ \text{сложного высокотехнологического} \\ \text{изделия выбрано } k\text{-е предприятие;} \\ 0 - \text{в противном случае,} \end{cases}$$

$$\sum_{j_k=1}^{n_k} x_{j_k} = 1, \text{ что означает обязательный выбор}$$

одного предприятия из множества возможных (количество n_k) для изготовления j -й компоненты сложного изделия;

t_{j_k} – срок выпуска j -й компоненты изделия k -м предприятием.

$$C = \sum_{j_k=1}^{n_k} x_{j_k} \cdot c_{j_k},$$

где c_{j_k} – стоимость выпуска j -й компоненты изделия k -м предприятием.

$$Q = \sum_{j_k=1}^{n_k} x_{j_k} \cdot q_{j_k},$$

где q_{j_k} – качество выпускаемой j -й компоненты изделия k -м предприятием.

$$R = \sum_{j_k=1}^{n_k} x_{j_k} \cdot r_{j_k},$$

где r_{j_k} – риск успешного изготовления j -й компоненты изделия k -м предприятием.

1. Рассмотрим оптимизацию для отдельных критериев при выборе предприятия для выполнения конкретного заказа. В качестве примера, проведем минимизацию стоимости C при удовлетворении ограничений на остальные критерии. Необходимо:

$$\min C, C = \sum_{j_k=1}^{n_k} x_{j_k} \cdot c_{j_k}$$

С учётом ограничений на остальные критерии:

$$T \leq T', T = \sum_{j_k=1}^{n_k} x_{j_k} \cdot t_{j_k},$$

$$Q \geq Q', Q = \sum_{j_k=1}^{n_k} x_{j_k} \cdot q_{j_k},$$

$$R \leq R', R = \sum_{j_k=1}^{n_k} x_{j_k} \cdot r_{j_k}.$$

2. Проведем многокритериальную оптимизацию для выбора предприятий в состав ВП. Для этого необходимо, предварительно, провести оптимизацию по всем критериям (также как и для стоимости C). Далее проведем нормировку критериев:

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

$$\hat{Q} = \frac{Q^* - Q}{Q^* - Q'}, \hat{R} = \frac{R - R^*}{R' - R^*}.$$

Пусть экспертами назначены «веса», связанные с важностью критериев. При этом $\alpha_C + \alpha_T + \alpha_Q + \alpha_R = 1$.

Для оптимизации будем использовать достаточно простой и удобный комплексный критерий W в виде взвешенной суммы локальных критериев, который необходимо минимизировать:

$$\min W,$$

$$W = \alpha_C \cdot \hat{C} + \alpha_T \cdot \hat{T} + \alpha_Q \cdot \hat{Q} + \alpha_R \cdot \hat{R} =$$

$$= \alpha_C \frac{C - C^*}{C' - C^*} + \alpha_T \frac{T - T^*}{T' - T^*} + \alpha_Q \frac{Q^* - Q}{Q^* - Q'} + \alpha_R \frac{R - R^*}{R' - R^*} =$$

$$= \alpha_C \sum_{j_k=1}^{n_k} x_{j_k} \cdot c_{j_k} + \alpha_T \sum_{j_k=1}^{n_k} x_{j_k} \cdot t_{j_k} - \alpha_Q \sum_{j_k=1}^{n_k} x_{j_k} \cdot q_{j_k} +$$

$$+ \alpha_R \sum_{j_k=1}^{n_k} x_{j_k} \cdot r_{j_k} - \frac{\alpha_C \cdot C^*}{C' - C^*} -$$

$$- \frac{\alpha_T \cdot T^*}{T' - T^*} + \frac{\alpha_Q \cdot Q^*}{Q^* - Q'} - \frac{\alpha_R \cdot R^*}{R' - R^*}.$$

Для решения оптимизационной задачи можно воспользоваться современными модификациями метода «ветвей и границ» с учетом использования булевых переменных x_{j_k} .

3. В распределенном виртуальном предприятии основные взаимодействия управляющего и информационного характера осуществляются через раз-

ветвленную систему инфокоммуникационных связей, в том числе через Интернет. При этом объемы передаваемой информации, в основном, определяются сложностью изделия и технологических процессов управления, которые реализуются с помощью множества управляющих программ, передаваемых на удаленное автоматизированное технологическое оборудование. Поэтому, возникает задача формирования состава сетевого оборудования для организации информационных взаимодействий между управляющим офисом и предприятиями, которые вошли в состав ВП. В качестве критериев, для оценки сетевого оборудования при организации инфокоммуникационных связей, можно использовать:

- объемы передаваемой информации – V ;
- время передачи управляющей и технологической информации – T ;
- пропускная способность каналов связи – P ;
- степень защиты передаваемой информации – Z ;
- риски, связанные с передаваемой информацией – R ;
- затраты на организацию инфокоммуникационных связей – W .

Пусть предварительно, на стадии формирования портфеля заказов, определены объемы передаваемой информации. В зависимости от j -го варианта выбранного сетевого оборудования (аппаратные и программные средства) изменяется пропускная способность каналов связи P_j , степень защиты информации Z_j , риски, связанные с передачей информации R_j и затраты на организацию инфокоммуникационных связей – W_j .

Каждое предприятие имеет свои ограниченные возможности в выборе сетевого оборудования для выполнения назначенного ему i -го заказа. Введем булеву переменную x_{ij} , значение которой $x_{ij} = 1$, если для i -го заказа выбран j -й вариант сетевого оборудования и $x_{ij} = 0$ – в противном случае. Тогда

$$t_{ij} = \frac{V_{ij}}{P_{ij}}, T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} t_{ij} x_{ij},$$

где $\sum_{j=1}^{m_i} x_{ij} = 1$ для всех i , что означает обязательный выбор варианта сетевого оборудования для выполнения заказа i -м предприятием.

$$W = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} w_{ij} x_{ij},$$

где w_{ij} – затраты i -го предприятия на организацию инфокоммуникационных связей при выборе j -го варианта сетевого оборудования.

$$R = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} r_{ij} x_{ij},$$

где r_{ij} – риск успешного выполнения i -го заказа с помощью j -го варианта сетевого оборудования.

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} z_{ij} x_{ij},$$

где z_{ij} – степень информационной защиты i -го предприятия при использовании j -го варианта сетевого оборудования.

Возможны следующие постановки оптимизационной задачи выбора сетевого оборудования для организации инфокоммуникационных связей ВП.

1) оптимизация отдельных критериев W , T , Z , R . В качестве примера, рассмотрим минимизацию затрат W на организацию инфокоммуникационных связей ВП. Необходимо:

$$\min W, W = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} w_{ij} x_{ij},$$

при выполнении условий:

$$T \leq T', Z \geq Z', R \leq R',$$

где T' – допустимое время передачи информации;
 Z' – допустимый уровень защиты информации;
 R' – допустимые риски, связанные с передачей управляющей информации.

В результате оптимизации отдельных критериев, получим значения: W^* , T^* , Z^* , R^* .

2) многокритериальная оптимизация. Для ее проведения необходимо назначить важность (веса) отдельных критериев: $\alpha_W, \alpha_T, \alpha_Z, \alpha_R$, где $\sum_k \alpha_k = 1$.

Проведем нормировку критериев:

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

$$\hat{Z} = \frac{Z^* - Z}{Z^* - Z'}, \hat{R} = \frac{R - R^*}{R' - R^*}.$$

Введём комплексный критерий:

$$Q = \alpha_W \hat{W} + \alpha_T \hat{T} + \alpha_Z \hat{Z} + \alpha_R \hat{R}.$$

Необходимо минимизировать Q :

$$\min Q, Q = \alpha_W \frac{W - W^*}{W' - W^*} + \alpha_T \frac{T - T^*}{T' - T^*} + \\ + \alpha_Z \frac{Z^* - Z}{Z^* - Z'} + \alpha_R \frac{R - R^*}{R' - R^*},$$

при выполнении ограничений

$$W \leq W', T \leq T', Z \geq Z', R \leq R'.$$

4. Управление предприятиями ВП осуществляется с помощью виртуального управляющего офиса с активным использованием инфокоммуникационных связей. Можно выделить два основных направления управления:

- управление по вертикальным связям;
- управление по горизонтальным связям.

Необходимо отметить, что особенностью планирования и управления в ВП является минимизация вертикальных связей управления и максимизация горизонтальных взаимодействий, которые связаны с передачей больших объемов технологической информации для эффективного функционирования производства ВП.

Управление осуществляется по возможным протоколам управления, которые реализуются с помощью инфокоммуникационных связей. Например

$$\text{УК} \rightarrow \text{ПП} \rightarrow \text{ПР} \rightarrow \text{ВТД} \rightarrow \text{М} \rightarrow \text{КК} \rightarrow \text{ВЗ},$$

где УК – управляющая команда, связанная с передачей технологий информации на предприятия ВП;

ПП – подтверждение полученной информации;

ПР – проверка полноты и правильности полученной информации;

ВТД – выполнение управляющих технологических действий по конкретному заказу на оборудовании предприятия ВП;

М – постоянный мониторинг для контроля производственных операций;

КК – контроль качества производственного цикла;

ВЗ – подтверждение выполнения заказа.

Для моделирования логистики управления производством ВП, воспользуемся методом агентного моделирования (платформа JADE).

На рис. 1 представлена структура агентной имитационной модели.

Были сформированы следующие агенты для моделирования управления в ВП:

1) «Агент виртуальный офис». Осуществляет планирование и выдачу управляющих команд предприятиям ВП;

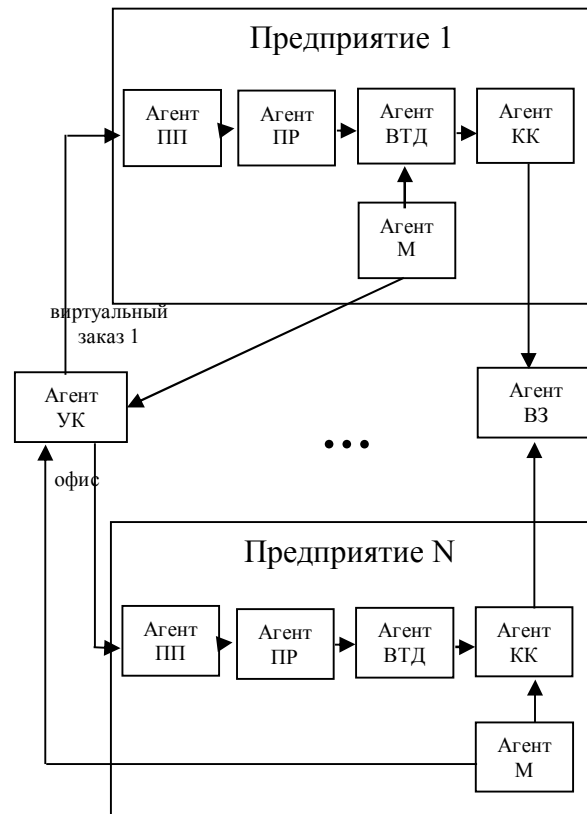


Рис. 1. Структура агентной имитационной модели

2) «Агент УК». Иницирует работу конкретного предприятия ВП;

3) «Агент ПП». Имитирует выдачу подтверждения включения производственного оборудования на выполнение заказа;

4) «Агент ПР». имитирует подтверждение получаемой управляющей и технологической информации;

5) «Агент ВТД». Имитирует временную задержку, связанную с выполнением заказа конкретным предприятием ВП;

6) «Агент М». Имитирует постоянный мониторинг (контроль) производства ВП;

7) «Агент КК». Имитирует контроль качества. Для этого используется генератор возникновения неисправимого брака;

8) «Агент ВЗ». Осуществляет сбор статистики (сроки выполнения заказов, количество выполненных заказов, количество бракованных изделий (процент брака) и т.д.).

5. Обеспечение качества является одним из основных аспектов деятельности ВП, т.к. качество изделия обеспечивает конкурентоспособность и реализуемость продукции на рынке высокотехнологических изделий.

Современные схемы управления качеством учитывают обеспечение качества как продукта в производственном цикле, так и самого технологического

ского процесса (основные процессы) и вспомогательных операций (вспомогательные процессы). Поэтому предприятия, которые входят в состав ВП, должны постоянно планировать и проводить мероприятия, связанные с обеспечением качества. Будем представлять множество мероприятий, для обеспечения качества, с помощью показателей качества, которые связаны как с обеспечением качества, так и затратами и рисками этих мероприятий.

Введём показатель качества Q , который будет представлять в виде вектора качества со следующими составляющими показателями:

$$Q = \{K, Z, T, R\},$$

где K – уровень качества изделия;

Z – затраты на обеспечение качества;

T – затраты времени, связанные с проведением мероприятий по улучшению качества;

R – риски обеспечения качества.

Необходимо реализовать требования к качеству и обосновать выбор и выполнение мероприятий для обеспечения качества выпускаемой продукции.

Тогда для оценки качества выпускаемой продукции показатели можно представить следующим образом:

$$K = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} k_{ij} x_{ij},$$

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} z_{ij} x_{ij},$$

$$T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} t_{ij} x_{ij},$$

$$R = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} r_{ij} x_{ij},$$

где x_{ij} – булева переменная, $x_{ij} = 1$, если для выполнения i -го заказа из портфеля заказов ВП выбрано j -е мероприятие, которое связано с обеспечением качества; $x_{ij} = 0$ в противном случае. При этом:

$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} = 1$, что означает обязательное проведение

хотя бы одного мероприятия для обеспечения качества продукции ВП. При этом:

k_{ij} – качество, которое планируется обеспечить для i -го заказа при проведении j -го мероприятия;

z_{ij} – затраты на проведение для i -го заказа j -го мероприятия по обеспечению качества;

t_{ij} – время, которое планируется затратить на проведение j -го мероприятия по обеспечению качества i -го заказа;

r_{ij} – риски, связанные с проведением j -го мероприятия по обеспечению качества i -го заказа.

Необходимо добиться максимума показателя качества K с учетом ограничений по затратам, времени и рискам:

$$\max K, K = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} k_{ij} x_{ij},$$

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} z_{ij} x_{ij}, Z \leq Z',$$

$$T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} t_{ij} x_{ij}, T \leq T',$$

$$R = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} r_{ij} x_{ij}, R \leq R'.$$

Решение поставленной оптимизационной задачи осуществляется в рамках метода линейного целочисленного программирования с булевыми переменными.

6. Для организации логистических процессов снабжения и сбыта ВП необходимо решить следующие задачи:

1) выбор транспортных операторов для снабжения и сбыта ВП;

2) динамическое моделирование грузоперевозок снабжения и сбыта.

Решение первой задачи связано с анализом и оценкой транспортных операторов с помощью следующих показателей:

Z – затраты, связанные с грузоперевозками (сырье, материалы, комплектующие, готовая продукция);

T – время, потраченное на грузоперевозки;

R – риски, связанные с грузоперевозками.

Пусть, для каждого i -го заказа из портфеля заказов необходимо подобрать j -го оператора с учетом значений показателей Z, T, R .

Пусть, значение булевой переменной $x_{ij} = 1$ в случае, если для i -го заказа выбран j -й оператор, в

противном случае $x_{ij} = 0$. При этом: $\sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} = 1$, что

означает, что для i -го заказа подобран j -й оператор. С учетом введенной переменной x_{ij} , показатели грузоперевозок будут выглядеть следующим образом:

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} z_{ij} x_{ij},$$

$$T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} t_{ij} x_{ij},$$

$$R = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} r_{ij} x_{ij}.$$

Решение оптимизационной задачи можно провести в два этапа, аналогично как в предыдущем подразделе. В качестве примера приведем минимизацию затрат при выполнении ограничений на остальные показатели:

$$\min Z, Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} z_{ij} x_{ij},$$

с учетом:

$$T \leq T', T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} t_{ij} x_{ij},$$

$$R \leq R', R = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} r_{ij} x_{ij}.$$

Для динамического моделирования логистических процессов снабжения и сбыта использован метод имитационного событийного моделирования. Основой моделирования являются составляющие план-графика выполнения основных технологических операций для всех видов заказов из портфеля заказов ВП. Для формирования план-графиков вспомогательных (транспортных и складских) операций, связанных с движением грузов, весь интервал планирования выполнения заказов, разбивается на подинтервалы, для каждого из которого планируется выполнение транспортных операций. На начальных этапах планирования, логистические операции транспортировки, можно оценивать упрощенно в виде пессимистических оценок, полученных в результате имитационного моделирования. Поэтому полученные план-графики являются приблизительными и являются основой для работы транспортных операторов. В план-графиках управления представлены сроки и страховые запасы времени по каждому i -му заказу.

Для проведения моделирования транспортного обслуживания ВП предложен метод имитационного моделирования, основанный на распространении «числовых» волн в транспортных сетях (ТС).

В начале, строится информационный макет ТС в виде знаниеориентированной фреймовой структуры. Каждый узел ТС представлен в виде фрейма, в слотах которого указывается наименование узла, «занятость» узла транспортными средствами, «волновая метка», указатель на подфрейм узла. Подфрейм

является «разветвителем» конкретного узла ТС, элементы которого указывают на возможные транспортные связи узла ТС с другими. Далее осуществляется распространение «числовых» волн в ТС. «Числовые» волны генерируются в исходных позициях, связанных с предприятиями, поставляющих материалы, сырье и комплектующие ВП. Волны распространяются по возможным направлениям в ТС через промежуточные узлы до попадания в конечную позицию (предприятие ВП). Формирование волн во времени осуществляется с помощью списка будущих событий, в котором планируются переходы на соседние узлы ТС. Каждый соседний узел ТС, может служить вторичным источником «числовой» волны. Благодаря созданной схеме имитационного моделирования обеспечивается параллельное распространение волн. Механизм моделирования основан на процессе «размножения» и «гибели». В результате проведения динамического моделирования можно получить не только предварительный, но и окончательный план грузоперевозок для его выполнения транспортными операторами.

Выводы

Предложенный подход целесообразно использовать на начальных этапах формирования заказов в офисе ВП, когда необходимо сформировать портфель заказов, осуществить выбор состава предприятий ВП, организовать инфокоммуникационную структуру связей между управляющим офисом и предприятиями ВП для задач управления и передачи технологической информации, обеспечить решение задач контроля качества, организовать логистические процессы снабжения и сбыта, что актуально для выпуска высокотехнологической продукции предприятиями аэрокосмической отрасли.

Литература

1. *Логистика инновационной деятельности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rusportal.net/articles/publikacii-avtorov/nauchnyeissledovaniya/detail/5826/> – 15.02.2016.*
2. *Исакова, Н. Ю. Интерактивная парадигма объединения предприятий в условиях глобализации экономики и интеграции капитала [Текст] / Н. Ю. Исакова // *Фундаментальные исследования.* – 2013. – №10. – С. 163 – 167.*
3. *Федорович, О. Е. Компонентное проектирование аэрокосмической техники [Текст] : моногр. / О. Е. Федорович, Е. С. Яшина, И. В. Белецкий. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2012. – 180 с.*

References

1. *Logistika innovatsionnoy deyatel'nosti: elektronnyy resurs* [Logistics of innovation activity]. Available at: <http://rusportal.net/articles/publikacii-avtorov/nauchnyeissledovaniya/detail/5826/> (accessed 15.02.2016).

2. Isakova, N. Yu. *Interaktivnaya paradigma ob'yedineniya predpriyatij v usloviyakh globalizatsii*

ekonomiki i integratsii kapitala [Interactive paradigm of uniting enterprises in the context of globalization of the economy and the integration of capital]. *Fundamental'nyye issledovaniya*, 2013, no. 10, pp. 163 – 167.

3. Fedorovich, O. Ye., Yashina, Ye. S., Beletskiy I. V. *Komponentnoye proyektirovaniye aerokosmicheskoy tekhniki* [Component design of aerospace engineering]. Kharkov, Nac. ajerokosm. un-t «Har'k. aviac. in-t» Publ., 2012. 180 p.

Поступила в редакцию 15.02.2018, рассмотрена на редколлегии 7.08.2018

ДОСЛІДЖЕННЯ ЛОГІСТИКИ УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ ВІРТУАЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА

О. Є. Федорович, О. В. Сломчинський, В. О. Пуйденко

Ставиться і вирішується комплексна задача, пов'язана з організацією та управлінням віртуальним підприємством (ВП) в аерокосмічній галузі, де виготовляється високотехнологічна інноваційна продукція. Завдання, з огляду на його складність, розбите на ряд етапів. На першому етапі вирішується завдання формування портфеля замовлень ВП. Для цього аналізується стан ринку високотехнологічної продукції для виявлення конкурентоспроможних виробів. Порівнюється і оцінюється альтернативні варіанти портфеля замовлень з урахуванням витрат, термінів і ризиків випуску продукції. На другому етапі для сформованого портфеля замовлень, здійснюється вибір складу підприємств ВП. Для цього здійснюється підбір підприємств за принципом предметної орієнтації з урахуванням можливих витрат, пов'язаних з адаптацією обраних підприємств для виконання портфеля замовлень. На третьому етапі формуються інфокомунікаційні зв'язки для управління ВП. Враховується вартість і пропускна здатність комунікаційного обладнання для передачі керуючої та технологічної інформації в рамках структури ВП. На четвертому етапі формується виробничий цикл ВП з урахуванням логістичних вимог. Враховуються характеристики логістичного ланцюга «постачання-виробництво-збут» для кожного підприємства у складі ВП. На п'ятому етапі розглядається система управління якістю виробництва ВП. Для забезпечення якості проводяться заходи, які впливають не тільки на якість продукту в логістичному ланцюзі, але і на виробничі процеси (основні і допоміжні). На шостому етапі оптимізуються логістичні процеси постачання і збуту ВП. Оптимізація процесів постачання і збуту забезпечує зниження вартості виробів і підвищення конкурентоспроможності на ринку високотехнологічної продукції. Запропоновані завдання логічно пов'язані між собою і спрямовані на забезпечення конкурентоспроможності вітчизняних машинобудівних підприємств (авіабудування, суднобудування і тощо).

Для вирішення запропонованої комплексної задачі використані методи системного аналізу, цілісальної оптимізації, імітаційного, агентного і знанняорієнтованого моделювання. Запропонований підхід дозволяє на початковому етапі формування ВП, обґрунтувати портфель замовлень, сформувати організаційну структуру підприємства, побудувати інфокомунікаційні взаємодії між виконавцями, обґрунтувати вимоги якості і організувати логістичний ланцюг поставок, постачання, виробництва і збуту високотехнологічної продукції з урахуванням термінів виконання портфеля замовлень і оптимізації витрат, що дуже важливо для вітчизняного авіабудування.

Ключові слова: віртуальне підприємство, формування портфеля замовлень, якість продукції, логістика виробництва, постачання й збуту.

INVESTIGATION OF LOGISTICS TO MANAGE HIGH-TECH TECHNOLOGY PRODUCTION OF VIRTUAL ENTERPRISE

O. Ye. Fedorovich, O. V. Slomchynskiy, V. A. Puydenko

It is stated and solved the complex task related to the arrangement and management of the virtual enterprise (VE) in the aerospace industry where high-tech innovative products produced. The complex task divided into several stages. At the first stage, the task of building a portfolio of VE orders solved. In order to do this, the state of the high-tech products market is analyzed to identify the competitive products. The alternatives of the order portfolio compared and evaluated considering the costs, timing, and risks of output. The composition of the VE enterprises selected at the second stage of the built portfolio of orders. For this purpose, the enterprises selected according to the principle of subject orientation considering the possible costs associated with the adaptation of the selected enterprises to fulfill the order portfolio. The info-communication links to manage the VE formed at the third stage. The

cost and capacity of the communication equipment for transmission of control and technological information within the framework of the VE taken into consideration. The production cycle of the VE formed at the fourth stage considering the logistics requirements. The characteristics of the logistics chain "supply-production-sale" for each enterprise in the composition of the VE taken into consideration. At the fifth stage, the quality management system of the VE production considered. In order to ensure the quality, the corresponding activities that affect not only the quality of the product in the logistics chain but also the whole production processes (both basic and auxiliary) are carried out. At the sixth stage, the logistics processes of VE supplying and marketing optimized. The optimization of supply and marketing processes provides a reduction of product cost as well as the increased competitiveness in the market of high-tech products. The proposed tasks are logically related to each other and aimed at ensuring the competitiveness of domestic machine-building enterprises (aircraft construction, shipbuilding, etc.). In order to solve the proposed complex problem the methods of system analysis, integer optimization, simulation, agent and knowledge-oriented modeling are used. The proposed approach allows to justify the order portfolio, make the organizational structure of the enterprise, build the info-communication interaction between the executors, justify the quality requirements and also to organize the logistics chain of supply, supply, production and marketing of high-tech products, taking into account the terms of fulfilling the order portfolio and optimizing costs that is very important for domestic aircraft building.

Keywords: virtual enterprise, order portfolio formation, product quality, logistics of production, supply and sales.

Федорович Олег Евгеньевич – д-р техн. наук, проф., зав. каф. информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина, e-mail: o.fedorovich@khai.edu.

Сломчинский Олег Викторович – канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры информационных управляющих систем Национального аэрокосмического университета им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина, e-mail: ovs1228@gmail.com.

Пуйденко Вадим Алексеевич – преподаватель компьютерных дисциплин, специалист высшей категории, Харьковский радиотехнический техникум, Харьков, Украина, e-mail: vapuydenko@gmail.com.

Fedorovich Oleg Yevgenyevich – Doctor of Science on Engineering, Professor, Head of the Department of Information Control Systems, National Aerospace University «Kharkov Aviation Institute», Kharkov, Ukraine, e-mail: o.fedorovich@khai.edu.

Slomchynskiy Oleg Victorovich – PhD, Senior Lecturer of the Department of Information Control Systems, National Aerospace University «Kharkov Aviation Institute», Kharkov, Ukraine, e-mail: ovs1228@gmail.com.

Puydenko Vadim Alekseevich – teacher of computer disciplines, expert of the highest category, Kharkov radio technical school, Kharkiv, Ukraine, e-mail: vapuydenko@gmail.com.