

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СООТНОШЕНИЯ ГИБКОСТИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ СИСТЕМЫ ВНУТРИПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЛОГИСТИКИ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Вячеслав Викторович Баранов¹

¹ ФГБОУ ВПО Московский государственный технологический университет Станкин
127055, г. Москва, Вадковский пер., 3А

¹ Доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой управления и информатики в технических системах
E-mail: science@stankin.ru

Поступила в редакцию: 29.02.2016 Одобрена: 15.03.2016

Аннотация. В статье рассмотрены особенности построения системы внутрипроизводственной логистики высокотехнологичного предприятия. Описан круг задач, решаемых этими системами. В рамках создания системы внутрипроизводственной логистики рассмотрена одна из задач оперативно-календарного управления производством. Рассмотренная в статье задача связана с формированием производственной программы диверсифицированного производства. В рамках решения этой задачи получена экономико-математическая модель, устанавливающая соотношение между параметрами гибкости и производительности организационно-производственной структуры высокотехнологичного предприятия.

Ключевые слова: высокотехнологичное предприятие, внутрипроизводственная логистика, организационно-производственная структура, гибкая производственная система, портфель заказов, оперативно-календарное управление, экономико-математическое моделирование, гибкость организационно-производственной структуры, информационная система.

Для ссылки: Баранов В. В. Экономико-математическое моделирование соотношения гибкости и производительности при формировании системы внутрипроизводственной логистики высокотехнологичного предприятия // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2016. Т. 7. № 1. С. 118–122. DOI: 10.18184/2079-4665.2016.7.1.118.122

Одним из ключевых элементов современной макроэкономической системы являются высокотехнологичные предприятия. Эти предприятия представляют собой сложную структуру управления, включающую такие составляющие, как основное производство, имеющее высокий уровень диверсификации, подсистему обеспечения этого производства, совокупность распределенных информационных систем и ряд других элементов [4, 6]. В условиях высокого уровня турбулентности внешней среды ключевыми факторами эффективности высокотехнологичного предприятия становится не только высокая производительность его производственных звеньев, но и своевременное ресурсное обеспечение, сокращение длительности технологического цикла, а также повышение гибкости производственного процесса.

В этой ситуации возрастает актуальность формирования такой внутрипроизводственной логистики, которая бы способствовала обеспечению оптимального сочетания гибкости и производительности диверсифицированного производства [2]. В подобной ситуации логистическая подсистема высокотехнологичного предприятия должна включать в себя организационно-экономический механизм,

обеспечивающий гибкое взаимодействие элементов не только в самой логистической системе, но и в системе более высокого уровня, охватывающей закупку сырья и материалов, производство продукции, ее складирование и сбыт, а также процессы информационного обеспечения [7].

Используя систему внутрипроизводственной логистики, высокотехнологичное предприятие решает задачу доставки предметов труда заданного количества и требуемого качества в соответствующую точку производственного процесса в соответствии с принципами такой управленческой технологии, как «just in time» (точно в срок). Этими предметами труда могут быть сырье, материалы, изделия различной степени готовности и готовая продукция. Реализуя функции ресурсного обеспечения высокотехнологичного предприятия в условиях диверсифицированного производства, система внутрипроизводственной логистики, является сложной системой управления с обратными связями. Увеличивая стоимость системы, подобные обратные связи повышают устойчивость ее функционирования в условиях высокого уровня турбулентности и неопределенности внешней среды.

Разрабатывая систему внутрипроизводственной логистики для высокотехнологичного предприятия, следует учитывать, что в условиях диверсифицированного производства организационно-производственные звенья предприятия строятся как гибкие производственные системы [4]. Эти системы охватывают один или несколько гибких производственных модулей. В гибких производственных системах перемещение сырья, материалов, незавершенного производства и готовой продукции осуществляется автоматическими транспортно-распределительными системами, например, тележками с автоматическим направлением движения или промышленными роботами. Эти элементы интегрируют в единую высокоавтоматизированную производственную систему различные элементы, включая технологическое оборудование и промежуточные складские устройства.

В современных условиях в рамках внутрипроизводственной логистики решаются не только задачи ресурсного обеспечения и оптимального распределения производственных потоков во времени и в пространстве. Логистическая система высокотехнологичного предприятия охватывает оперативно-календарное планирование и управление процессами движения материальных, энергетических и информационных потоков [2, 8] в условиях диверсифицированного производства.

Это дает возможность организовать производственный процесс таким образом, чтобы достичь максимальной загрузки оборудования, минимизировав при этом затраты на операции обеспечения ресурсами производственных процессов. Поэтому важное место в производственной логистике высокотехнологичного предприятия занимает решение задач оперативного планирования диверсифицированного производства, являющегося частью единого контура управления предприятием.

Одной из этих задач является формирование портфеля заказов на продукцию высокотехнологичного предприятия. Такой портфель создается предприятием в процессе разработки маркетинговой стратегии [1, 3]. Параметры, полученные в рамках этой стратегии (в первую очередь ассортимент продаж, объемы продаж по каждой позиции ассортимента) закладываются в основу другой функциональной стратегии высокотехнологичного предприятия, его производственной стратегии. Далее решается логистическая задача, связанная с обеспечением процесса выполнения сформированной программы всеми необходимыми ресурсами [5]. При этом учитываются характеристики существующего у предприятия производственного потенциала. Здесь может возникнуть проблема избыточности или недостаточности производственных мощностей, изменения транспортных маршрутов. Поэтому для

достижения высокой эффективности реализации всей конкурентной стратегии высокотехнологичного предприятия возникает задача оптимизации составляющих стратегии, включая приведение в соответствие друг другу маркетинговой и производственной стратегий, а также процессов основного производства и логистических процессов.

Решение этой задачи создаст предпосылки для эффективного использования высокотехнологичным предприятием производственных мощностей, обеспечит сбалансированность объемов производства и продаж продуктовых инноваций. В этом случае разрабатываемые предприятием технологии оперативного управления производственными процессами должны наилучшим образом корреспондироваться с логистическими технологиями, включая обеспечение необходимыми ресурсами и сбыт продуктовых инноваций.

В свою очередь технология оперативного управления предполагает наличие в ней механизма формирования оптимальной программы производственных подразделений. Подобный механизм должен ориентироваться на имеющийся у предприятия портфель заказов (с учетом графика выполнения этих заказов и сбыта произведенной продукции), а также на критерии эффективного управления ресурсами. Такой подход позволит обеспечить равномерную загрузку технологического оборудования и ритмичный выпуск продукции. Для диверсифицированного производства решение подобной задачи наиболее актуально, поскольку в рамках этого производства осуществляется выпуск продукции широкого ассортимента (номенклатуры). В этой ситуации гибкое реагирование высокотехнологичного предприятия на потребности рынка обеспечит ему важные конкурентные преимущества.

Рассмотрим алгоритм формирования оптимальной производственной программы организационно-производственного звена (производственного подразделения) высокотехнологичного предприятия. Это звено выполняет часть производственного процесса в соответствии со сложившейся специализацией, имеющимися производственными мощностями и портфелем заказов на продукцию предприятия в целом.

Для формирования экономико-математической модели рассматриваемой нами задачи введем следующие обозначения:

i – номер позиции в номенклатуре производимой организационно-производственным звеном продукции в упорядоченном множестве обрабатываемых предметов труда, допустимых к включению в план производственного подразделения, ($i = 1, \dots, m$); m – номенклатура выпуска продукции органи-

зационно-производственным звеном (производственным подразделением); Q_i – план запуска i -й позиции номенклатуры продукции за период воспроизводимости производственной программы; T_i – суммарное время переналадки оборудования на изготовление i -й позиции номенклатуры; Φ – эффективный фонд времени оборудования организационно-производственного звена (производственного подразделения за рассматриваемый период; α_i – булева переменная, принимающая значение 1, если i -е наименование продукции включается в программу производства и 0 – в противном случае.

Предположим, что такт (ритм) работы технологического оборудования организационно-производственного звена не зависит от номера позиции в номенклатуре изготавливаемой продукции (переменной i) и равен некоторому среднему значению g . Это условие выполняется, если, во-первых, разброс трудоемкости изготовления различных видов продукции не велик, а во-вторых, в программу производства входит достаточно большое количество единиц изготавливаемой продукции. Число запусков i -ой продукции номенклатуры за рассматриваемый период составит величину z . Для простоты дальнейших рассуждений будем считать, что $z = 1$.

С точки зрения оперативно-календарного планирования задача формирования оптимальной программы организационно-производственного звена (производственного подразделения) высокотехнологического предприятия сводится к нахождению вектора-столбца:

$$\vec{A} = \|\alpha_i\|,$$

удовлетворяющего следующему ограничению:

$$r \sum_{i=1}^m \alpha_i Q_i + \sum_{i=1}^m \alpha_i T_i \leq \Phi$$

Сформированный таким образом вектор-столбец должен оптимизировать целевую функцию следующего вида:

$$\sum_{i=1}^m \alpha_i Q_i \Rightarrow \max$$

Экономико-математическое моделирование сформулированной нами задачи, которая представляет собой задачу дискретного программирования, предполагает наличие соответствующего алгоритма. На практике для решения таких задач используются различные эвристические алгоритмы, которые в полной мере могут быть применены для формирования оптимальной производственной программы структурного подразделения высокотехнологического пред-

приятия. Наиболее часто для решения такого класса задач дискретного программирования используются следующие алгоритмы:

- алгоритм, построенный по методу Джонсона;
- алгоритм, построенный по методу возрастания затрат времени на переналадку технологического оборудования в организационно-производственной структуре;
- алгоритм, построенный по методу убывания программы обработки продукции, включаемой в производственный план.

При практической реализации такого класса задач наиболее часто применяется алгоритм Джонсона. Рассмотрим механизм использования алгоритма, построенного по методу Джонсона, для решения задачи формирования оптимальной программы выпуска продукции организационно-производственной структурой высокотехнологического предприятия. Для этого все заданное множество производимой продукции упорядочим следующим образом:

Шаг 1: Выберем продукцию, для которой достигается $\max Q_i$ и присвоим ей номер $i = 1$.

Шаг 2: Среди оставшихся элементов множества продукции выберем такую позицию номенклатуры, для которой имеет место $\max T_i$ и присвоим ей номер $i = m$.

Шаг 3: Среди оставшихся элементов множества вновь выберем продукцию, для которой достигается $\max Q_i$ и присвоим ей номер $i = 2$.

Очевидно, что если продолжить этот процесс, то упорядочение всего множества номенклатуры продукции будет выполнено за m -шагов. При этом формирование производственной программы организационно-производственной структуры высокотехнологического предприятия осуществляется следующим образом. Элементы построенной последовательности включаются в производственную программу, начиная с первого до тех пор, пока выполняется сформулированное нами ограничение модели.

Полученная модель формирования оптимальной программы организационно-производственного звена (производственного подразделения) может быть использована для решения ряда частных задач оперативно-календарного управления диверсифицированным производством. В частности, может быть решена задача установления оптимального соотношения между гибкостью и производительностью производственной системы.

Для решения этой задачи выполним качественный анализ первоначально сформулированного нами

ограничения. Сделав соответствующие преобразования исходного ограничения, получим математическую модель следующего вида:

$$\frac{r}{\Phi} \sum_{i=1}^m \alpha_i Q_i \leq 1 - \frac{\sum_{i=1}^m \alpha_i T_i}{\Phi}$$

В полученном нами неравенстве выражение:

$$\frac{\sum_{i=1}^m \alpha_i Q_i}{\Phi/r} \leq 1 - \frac{\sum_{i=1}^m \alpha_i T_i}{\Phi}$$

примем за коэффициент гибкости (k_g) производственной системы.

$$\frac{\sum_{i=1}^m \alpha_i Q_i}{\Phi} = k_g$$

Действительно, в соответствии со сложившимся понятием производственной и технологической гибкости эта величина представляет собой отношение затрат времени на переналадку технологического оборудования к эффективному фонду времени его работы.

В левой части полученного нами выражения стоит коэффициент производительности производственной системы (k_p), который рассчитывается на основе использования модели следующего вида:

$$k_p = \frac{\sum_{i=1}^m \alpha_i Q_i}{\Phi/r}$$

В теории производственного менеджмента коэффициент производительности трактуется как параметр, характеризующий отношение объемов выпуска продукции производственной системы, функционирующей в многономенклатурном режиме, к производительности этой же системы, работающей в одно предметном режиме.

Из полученного выражения видно, что повышение гибкости уменьшает производительность производственной системы. Кроме того, в результате повышения гибкости производственной системы значительно усложняются процессы оперативно-календарного управления ресурсами этой системы. Поэтому для построения эффективной системы календарного планирования ресурсов, являю-

щейся неотъемлемым элементом технологии внутрипроизводственного управления структурами высокотехнологического предприятия, используются различные информационные системы.

Специфика информационных систем заключается в том, что они существенным образом расширяют технологические, производственные и логистические возможности высокотехнологического предприятия. В стратегии достижения эффективной и результативной деятельности предприятия ключевыми становятся такие факторы, как обеспечение высокой производственной и организационной гибкости, увеличение скорости реагирования структуры на изменение рыночной ситуации, повышение продуктивности коммуникаций и результативности взаимодействия подразделений предприятия.

Интеграция информационных систем в производственную стратегию высокотехнологического предприятия должна осуществляться с учетом стандартов эффективности этих систем, например, стандартов ИСО-15504. В этом случае использование информационных систем при формировании и реализации различных функциональных стратегий предприятия увеличивает его потребности в высококвалифицированных сотрудниках, оперирующих знаниями, ускоряют разработку и внедрение технологических инноваций, способствует улучшению параметров рабочей среды. Поэтому достаточно часто оценка эффективности интеграции информационных систем в организационно-экономический механизм оперативного управления рассматривается с позиций повышения гибкости производственного процесса, сокращения времени адаптации предприятия к изменению параметров внешней среды.

Список литературы

1. Аникин Б.А., Тяпухин А.П. Коммерческая логистика: учебник. М.: ТК Велби; Проспект, 2006. 432 с.
2. Воронков А.Н. Логистика: основы операционной деятельности: учебное пособие. Н. Новгород: изд-во ННГАСУ, 2013. 168 с.
3. Григорьев М.Н., Уваров С.А. Логистика. Базовый курс: учебник. М.: изд-во Юрайт, 2011. 782 с.
4. Григорьев С.Н., Кутин А.А. Организация и управление сложным машиностроительным производством на основе CALS-технологий // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. № 4–2. С. 403–407.

5. Логистика и управление цепями поставок. Теория и практика. Основные и обеспечивающие функциональные подсистемы логистики / под ред. Б.А. Аникина и Т.А. Родькиной. М.: Проспект, 2011. 608 с.
6. Лукина С.В. Методика оптимизации производственной деятельности промышленного предприятия на основе комплекса прогностических моделей формирования и выбора проектных инновационных решений в области высоко-технологичных производств // Вестник МГТУ «СТАНКИН». 2015. № 1 (32). С. 125–129.
7. Никищечкин П.А. Повышение уровня открытости системы управления путем организации многоцелевого канала взаимодействия ее основных компонентов // Вестник МГТУ «Станкин». 2014. № 4 (31). С. 161–164.
8. Точков А.Г., Кузнецов В.П. Логистический подход в управлении предприятиями машиностроения. Н. Новгород: ВГИПУ, 2008. 171 с.

M.I.R. (Modernization. Innovation. Research)
 ISSN 2411-796X (Online)
 ISSN 2079-4665 (Print)

INNOVATION

ECONOMIC-MATHEMATICAL MODELING FLEXIBILITY AND PRODUCTIVITY RATIOS IN THE FORMATION OF A SYSTEM OF INTERNAL LOGISTICS OF HIGH-TECH ENTERPRISES

Vyacheslav Baranov

Abstract

The article describes the features of construction of the system internal logistics of high-tech enterprises. It describes a range of problems solved by these systems. As part of the internal logistics system is considered one of the tasks of operational and production management calendar. Considered in the article the problem associated with the formation of the production program of diversified production. As part of this task is received economic and mathematical model that establishes the relation between the parameters of flexibility and performance to organizational and production structure of the high-tech enterprises.

Keywords: *high-tech enterprise, in-plant logistics, organizational and production structure, flexible manufacturing system, the portfolio of orders, operational and calendar management, economic-mathematical modeling, the flexibility of the organizational and production structure, information system.*

Correspondence: *Baranov Vyacheslav Viktorovich, Moscow State Technological University "STANKIN" (3A, Vadkovsky per., Moscow, 127055), Russian Federation, science@stankin.ru*

Reference: *Baranov V. V. Economic-mathematical modeling flexibility and productivity ratios in the formation of a system of internal logistics of high-tech enterprises. M.I.R. (Modernization. Innovation. Research), 2016, vol. 7, no. 1, pp. 118–122. DOI:10.18184/2079-4665.2016.7.1.118.122*

