

УДК 330.322.01

А. С. Соколицын, Н. А. Соколицина

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ВЕРТИКАЛЬНО-ИНТЕГРИРОВАННЫХ КОРПОРАТИВНЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА

Для корпоративных образований вертикально-интегрированных корпоративных структур (ВИКС) характерным является то, что результаты деятельности каждого предприятия и образования в целом зависят от эффективности функционирования всех предприятий, так как они связаны технологически в единый производственный процесс. Поэтому для ВИКС, которые выравнены по производственным мощностям и уровням технического развития, осуществлено статистическое моделирование параметров производственного процесса на основе классической балансовой модели «затраты-выпуск», которое позволяет сформировать модель производственного процесса для решения задач оптимального планирования методами математического программирования. Это позволило разработать экономико-математические модели оптимизации производственной программы ВИКС, с помощью которых можно выявить узкие места и резервы увеличения производства. Таким образом, осуществлено комплексное моделирование производственного процесса как для решения задач оптимального планирования, так и для целей экономического анализа, реализация которого позволяет повысить эффективность функционирования и развития ВИКС.

Моделирование, параметры, производственный процесс, ресурсопродукт, матрица, коэффициент, оптимизация, затраты

В современных экономических условиях основным элементом национальной экономики является промышленное предприятие, от степени развития которого во многом зависит состояние народного хозяйства и тенденция его развития. Происходящие в российской экономике изменения обуславливают необходимость совершенствования механизмов управления деятельностью корпоративных промышленных структур и обеспечения их финансовой устойчивости, а также изменения самого процесса производства [1], [2]. Большинство корпоративных промышленных фирм обращаются к совершенствованию системы управления, когда требуется повысить их эффективность и конкурентоспособность [3], [4]. Поэтому важным является вопрос правильного выбора новых видов деятельности, рационального использования ресурсов и совершенствования производственных процессов [5]–[9]. В связи с этим особое значение приобретает внедрение экономико-математических моделей, процедур и алгоритмов в систему управления корпоративными образованиями, которые повышают эффективность их производственно-хозяйственной деятельности и создают необходимые условия для устойчивого долговременного развития [10]–[14].

Для вертикально-интегрированных корпоративных структур (ВИКС) характерным является то, что производственно-хозяйственные результаты каждого предприятия и корпоративного образования в целом зависят от эффективного функционирования других предприятий, так как они связаны технологически в единый производственный процесс [15]–[17]. Поэтому все предприятия вертикально-интегрированных корпоративных структур должны быть вы-

равнены по производственным мощностям и техническому развитию. С учетом данной особенности ВИКС моделирование параметров производственного процесса и разработка моделей определения оптимальной производственной программы рассматриваются для тех корпоративных структур, у которых уже выравнены производственные мощности и технические уровни. Оптимизация производственной программы по производственному процессу в целом позволит в максимальной степени повысить эффективность функционирования и развития ВИКС, их финансовую состоятельность и конкурентоспособность.

Моделирование производственного процесса вертикально-интегрированных корпоративных структур. При моделировании дискретных производственных процессов необходимо осуществлять идентификацию производственного процесса по исходным, промежуточным и выходным ресурсам и продуктам [15]. При этом рассматриваются следующие виды ресурсов: сырье, основные материалы, покупные изделия и полуфабрикаты, рабочая сила и оборудование. Под продуктами понимаются как промежуточные, так и конечные результаты производственно-хозяйственной деятельности ВИКС, т. е. произведенные детали, сборочные единицы и готовая продукция.

Под технологией понимается процесс изготовления продукта из определенной комбинации ресурсов, где процессом являются данные о затратах ресурсов на единицу производственного продукта. В этом случае производственный процесс может быть представлен как определенная совокупность взаимосвязанных технологий. При этом одна и та же составляющая производственно-хозяйственной деятельности в соответствующей части производственного процесса может быть продуктом (например, деталь), а в другой – ресурсом (деталь как комплектующая сборки). В связи с этим деление на ресурсы и продукты с позиции как производителей, так и потребителей достаточно условно, т. е. не имеет принципиального значения. Поэтому представляется возможным использовать такое понятие, как «ресурсопродукт». В отдельных случаях, когда это важно для смысла, целесообразно рассматривать элемент производственного процесса как ресурс, либо как продукт.

Совокупность ресурсопродуктов производственного процесса предприятия ВИКС формирует множество ресурсопродуктов.

Совокупность всевозможных технологий производственного процесса ВИКС, каждая из которых преобразует соответствующие ресурсы в определенный продукт из их идентифицированного множества, формирует множество технологий. При этом принимается, что каждая в отдельности технология обеспечивает производство только одного идентифицированного ресурсопродукта. Это связано с тем, что не рассматриваются предприятия с непрерывным типом производства. Таким образом, множество технологий обозначается подмножеством продуктов из общего множества ресурсопродуктов.

Для рассматриваемого множества технологий принимаются условия, приводящие в итоге к линейным моделям производства. Первое предположение – это множество конечно; второе – удельный расход ресурсов на единицу продукта по какой-либо из множества технологий не зависит от интенсивности использования этой технологии (однородность технологий); третье – удельные расходы ресурсов по нескольким технологиям не изменяются при их объединении в одну составную технологию в одном производственном подразделении (аддитивность технологий).

Однако подавляющее большинство зависимостей в реальности носит нелинейный характер, т. е. принимаемые условия линейности являются определенным упрощением действительности. Это обусловлено следующими обстоятельствами. Во-первых, линейность

связей параметров производственного процесса ВИКС упрощает его математическое описание и при этом в большинстве случаев достаточно адекватно отражает реальный характер производственного процесса. Во-вторых, отклонения от линейности сравнимы по величине со случайными изменениями в производственном процессе, ошибками учета и расчетов, т. е. с неизбежным «шумом» моделирования.

Выполнение всех трех вышеуказанных условий обуславливает, что любая из частей производственного процесса может быть рассмотрена как линейная комбинация исходных технологий. При этом коэффициентами линейной формы выступают удельные расходы соответствующих ресурсопродуктов, а переменными в ней – интенсивности применения технологий.

Моделирование производственного процесса с использованием указанного множества технологий осуществляется на определенный период. При этом рассчитываются обороты (потребления) ресурсопродуктов за этот период и интенсивности применения технологических процессов, которые измеряются количеством единиц выпускаемых посредством их использования продуктов за рассматриваемый период.

С помощью данного подхода возможно моделирование также той части производственного процесса ВИКС, в которой одни и те же ресурсопродукты выпускаются по нескольким технологиям, либо предполагается изменение затрат ресурсопродуктов за счет внедрения новых технологий и организационных мероприятий. Результаты разработок организационно-технических мероприятий представляются в виде измененных или дополнительных технологий как новые «процессы» получения ресурсопродуктов.

Моделирование параметров производственного процесса ВИКС осуществляется на базе классической балансовой модели типа «затраты-выпуск» [15].

Введем обозначения исходных характеристик производственного процесса:

Обозначим: $I = (i | i = \overline{1, n})$ – множество ресурсопродуктов ВИКС, по которым предполагается проводить анализ деятельности; $I_{о.п}$ – подмножество типоразмеров оборудования, профессий и разрядов рабочих; T – эффективный фонд времени единицы основного технологического оборудования в анализируемом периоде (далее: период T); $D = (d_1, d_2, \dots, d_n)$ – вектор-столбец оборотов ресурсопродуктов на предприятии за период T ; $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ – вектор-столбец поступлений ресурсопродуктов из внешней среды и производственных запасов за период T ; для оборудования и рабочих – эффективные фонды времени их единиц или групп (в зависимости от классификации); $M = (m_1, m_2, \dots, m_n)$ – вектор-столбец выпуска ресурсопродуктов и производственных запасов предприятия за период T ; для оборудования и рабочих – их недогрузка; a_{ij} – коэффициент прямых затрат i -го продукта на единицу j -го ресурсопродукта в производственном процессе; для оборудования и рабочих – количество часов эксплуатации или работы; $A = (a_{ij} | i, j \in I)$ – квадратная матрица коэффициентов прямых затрат ресурсопродуктов предприятия.

При моделировании параметров производственного процесса ВИКС принимаются предположения, которые обычно используются при экономико-математическом моделировании производственных технологических процессов:

1. Множество моделируемых технологических процессов конечно.

2. Коэффициенты прямых затрат (удельные расходы ресурсов) на единицу продукта по какому-либо продукту не зависят от интенсивности использования процесса.

3. Коэффициенты прямых затрат по некоторым процессам не изменяются при их объединении в один комплексный технологический процесс в одном производственном подразделении.

Если модель производственного процесса разрабатывается одновременно для нескольких уровней классификации оборудования, трудовых ресурсов и материалов, то идентификация ресурсопродуктов осуществляется по нескольким уровням классификации и каждой используемой в ВИКС классификационной группе присваивается свой номер как определенному виду ресурсопродукта.

Как уже отмечалось, оборудование и трудовые ресурсы поступают в ВИКС из внешней среды, т. е. на них не расходуются никакие другие ресурсы корпоративной структуры, кроме финансовых. Тогда

$$\sum_{i \in I} a_{ij} = 0 \text{ для } j \in I_{\text{о.п.}}$$

При этом величины $d_i \in I$ вектор-столбца D определяются следующим образом [18]:

$$d_i = \sum_{j \in I} a_{ij}(d_j - y_j) + m_i, \quad i \in I; \quad (1)$$

при $d_j \geq y_j, j \in I, d_i \geq m_i, i \in I$.

Уравнение (1) в матричном виде записывается:

$$D = A(D - Y) + M, \quad (2)$$

или

$$D - M = A(D - Y),$$

где $D, D - Y, D - M$ – векторы-столбцы соответственно оборотов ресурсопродуктов, производств и расходов ресурсопродуктов.

Решим уравнение (2) относительно D [18]:

$$D = (E - A)^{-1}(M - AY), \quad (3)$$

где E – единичная квадратная матрица размерами $n \times n$.

В случае, если описываемый матрицей A производственный процесс не имеет «петель», т. е. какой-либо промежуточный продукт процесса не является ресурсом для самого себя, то обратная матрица $(E - A)^{-1}$ определяется с помощью разложения.

$$(E - A)^{-1} = E + A^1 + A^2 + A^3 + \dots + A^k + \dots, \quad (4)$$

при соответствующем $k \leq n$ имеем $A^k = 0$.

Обозначим эту матрицу через F :

$$F = (E - A)^{-1} = \{f_{il} | i, l \in I\},$$

где f_{il} при $i \neq l$ – коэффициент полных затрат i -го ресурсопродукта на единицу l -го ресурсопродукта.

Тогда

$$FA = F - E = AF. \quad (5)$$

На основании (3) и (5) имеем:

$$D = FM - (F - E)Y, \quad (6)$$

или

$$D - Y = F(M - Y).$$

Обозначив матрицу (5) через F^* , получим

$$D - M = F^*(M - Y). \quad (7)$$

Матричные уравнения (5) и (7) являются основой построения баланса ВИКС.

Обозначим через $I_0 \subset I$ – подмножество ресурсов, поступающих только из внешней среды. Тогда $I_{0П} \subset I$, и для них должно выполняться условие: $d_i = y_i$, $i \in I_0$. В этом случае из (6) получаем уравнение баланса ВИКС:

$$F_{(i)}(M - Y) = 0, \quad i \in I_0, \quad (8)$$

где $F_{(i)}$ – i -я строка матрицы F .

Для всех остальных ресурсопродуктов соблюдается следующее условие: $d_i - y_i \geq 0$, т. е.

$$F_{(i)}(M - Y) \geq 0, \quad i \in I \setminus I_0. \quad (9)$$

При этом должны выполняться ограничения по потреблению ресурсопродуктов из внешней среды:

$$Y \leq Y^0, \quad (10)$$

где Y^0 – вектор-столбец ограничений по потреблению ресурсопродуктов из внешней среды в плановом периоде T ; и ограничения на производство продуктов [18]:

$$M \leq M^0, \quad (11)$$

где M^0 – вектор-столбец по минимальному объему выпуска продуктов ВИКС во внешнюю среду [18].

С использованием введенного математического описания возможно осуществлять моделирование производственного процесса для решения задач оптимального планирования ВИКС методами математического программирования [18]:

- выбора вариантов производственной программы предприятия, в том числе и оптимального, выявления узких мест и резервов увеличения производства;
- выбора вариантов организационно-экономических мероприятий и конструкторско-технологических разработок.

Оптимизация производственной программы вертикально-интегрированных корпоративных структур на основе сформированных параметров производственного процесса. На основе сформированной модели определения параметров производственного процесса разработаны две модели оптимизации производственной программы ВИКС [18].

Первая модель имеет вид:

$$ZM \rightarrow \max; \quad (12)$$

$$F_{(i)}(M - Y) = 0, \quad i \in I_0; \quad (13)$$

$$F_{(i)}(M - Y) \geq 0, \quad i \in I \setminus I_0; \quad (14)$$

$$0 \leq Y \leq Y^0; \quad (15)$$

$$M \geq M^0, \quad (16)$$

где смысл ограничений (13)–(16) уже пояснен; $Z = (z_i | i \in I)$ – вектор-строка цен реализации ресурсопродуктов, включая цены покупных материалов и полуфабрикатов, в случае их реализации; ZM – показатель реализованной продукции [18].

Задача решается методами линейного программирования относительно векторов неизвестных M и Y . Определение двойственных оценок ограничений (15), соответствующих найденному оптимальному плану, позволяет установить дефицитные ресурсы производственного процесса, ограничивающие увеличение целевой функции – максимум выручки.

Вторая модель оптимизации производственной программы имеет следующий вид [18]:

$$ZM \rightarrow \max ; \quad (17)$$

$$d_{(i)} = m_i + \sum_{j \in I | I_0} f_{ij}^* (m_j - y_j), \quad i \in I | I_0 ; \quad (18)$$

$$y_i = d_i = m_i + \sum_{j \in I | I_0} f_{ij}^* (m_j - y_j), \quad i \in I | I_{0.п} ; \quad (19)$$

$$m_i = y_i - \sum_{j \in I | I_0} f_{ij}^* (m_j - y_j), \quad i \in I_{0.п} ; \quad (20)$$

$$Y \leq Y^0 ; \quad (21)$$

$$M \geq M^0 . \quad (22)$$

Для этой модели все условные обозначения и ограничения уже пояснены.

Задача решается методами линейного программирования относительно векторов M , Y и D . Определение двойственных оценок ограничений (21) также позволяет установить дефицитные ресурсы, ограничивающие увеличение целевой функции.

Для модели (17)–(22) допустимым является решение, удовлетворяющее условиям (18)–(22).

Кроме того, как уже отмечалось, разработанная модель определения параметров производственного процесса может быть использована для выбора вариантов организационно-экономических мероприятий, конструкторско-технологических разработок, проведения функционально-стоимостного анализа и реализации ряда других методов.

Таким образом, для ВИКС, которые выравнены по производственным мощностям и уровням технического развития, осуществлено моделирование параметров производственного процесса на базе классической балансовой модели «затраты-выпуск». Это позволяет проводить моделирование указанного процесса для решения задач по оптимизации программы по производственному процессу в целом, выявлению «узких мест», резервов увеличения выпуска готовой продукции, выбору наиболее эффективных организационно-экономических мероприятий и конструкторско-технологических разработок.

Реализация данных задач в практике ВИКС позволяет существенно повысить эффективность их функционирования и развития, конкурентоспособность и улучшить финансовое положение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ансофф И. Новая корпоративная стратегия. СПб.: Питер Ком, 1999.
2. Багриновский К. А., Бусыгин В. П. Математика плановых решений. М.: Наука, 1980.
3. Глухов В. В., Балашова Е. С. Производственный менеджмент: учеб. пособие. СПб.: Лань, 2008.

4. Глухов В. В., Медников М. Д. Математические модели менеджмента: учеб. пособие. СПб.: Лань, 2017.
5. Как управлять конкурентными преимуществами в периоды спада и подъема экономики / под ред. А. П. Градова. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013.
6. Козловский В. А., Кобзев В. В. Производственный и операционный менеджмент: учеб. пособие. Изд. 3-е, испр. и доп. / под общ. ред. проф. В. В. Кобзева. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008.
7. Медников М. Д., Домбровский А. В. Модели антикризисного менеджмента. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2008.
8. Организация предпринимательской деятельности. Совершенствование механизмов управления развитием промышленных предприятий: учеб. пособие / А. С. Соколицын, М. В. Иванов, Н. А. Соколицына и др. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013.
9. Соколицына Н. А. Согласование экономических интересов вертикально-интегрированных компаний // Науч.-техн. ведомости СПбГПУ. Экон. науки. 2013. № 2 (168). С 124–130.
10. Соколицын А. С., Иванов М. В., Соколицына Н. А. Экономико-математическая модель управления финансовой устойчивостью предприятия – частного партнера в системе государственно-частного партнерства // Государственно-частное партнерство в России: теория, законодательство, практика: сб. тр. конф. / под ред. В. В. Глухова. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. С. 87–96.
11. Соколицын А. С., Иванов М. В., Соколицына Н. А. Совершенствование механизмов управления диверсификацией деятельности и обеспечения финансовой устойчивости предприятий корпоративных промышленных фирм: учеб. пособие / СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016.
12. Управление затратами на предприятии: учеб. / В. Г. Лебедев, Т. Г. Дроздова, В. П. Кустарев и др.; под общ. ред. Г. А. Краюхина. СПб.: Бизнес-пресса, 2008.
13. Цикличность развития экономики и управление конкурентными преимуществами / под ред. А. П. Градова. СПб.: Полторак, 2011.
14. Шеремет А. Д., Сайфулин Л. С., Негашев Е. В. Методика финансового анализа. М.: ИНФРА, 2004.
15. Экономическая стратегия фирмы. 4-е изд., перераб. / Градов А. П., Кузин Б. И., Медников М. Д. и др.; под ред. А. П. Градова. СПб.: Спец. лит., 2003.
16. Эффективность стратегии фирмы: учеб. пособие / под ред. А. П. Градова. СПб.: Спец. лит., 2006.
17. Юрьев В. Н., Кузьменков В. А. Методы оптимизации в экономике и менеджменте: учеб. пособие. 2-е изд., испр. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015.
18. Соколицын А. С. Методологические основы и инструментарий внутрифирменного управления развитием промышленных предприятий: дис ... д-ра экон. наук / СПбГТУ. СПб., 2002.

A. S. Sokolitsyn, N. A. Sokolitsyna
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

OPTIMIZATION OF PRODUCTION PROGRAM IN VERTICALLY INTEGRATED CORPORATIVE STRUCTURES BASED ON MODELING OF PRODUCTION PROCESS PARAMETERS

It is typical for a vertically integrated corporate structure (VICS) that the results depend on the efficiency of all business enterprises, as they are linked technologically in one production process. Thus for VICSs which production capacities and technic development levels are aligned statistical modeling of production process parameters based on classic balance input-output model is provided. This allows to form a production process model to solve optimal planning problems with mathematical programming methods. It allowed to develop economic and mathematical models of VICS production program optimization, allowing to find bottlenecks and reserves to increase production. Thus, complex production process modeling is implemented both to solve tasks of optimal planning and to carry out economic analysis, which accomplishing allows to increase the effectiveness of VICS functioning and development.

Modeling, parameters, production process, resource product, matrix, coefficient, optimization, costs
