



**М.А. Пашоликов**

## **СИСТЕМНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОВМЕСТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**М.А. Pasholikov**

## **SYSTEM AND DYNAMIC MODELING OF JOINT ACTIVITY OF INDUSTRIAL ENTERPRISES**

В сложившихся внешнеполитических условиях, когда практически полностью исчерпаны конъюнктурные факторы экономического развития, а со стороны западных стран все более усиливается экономическое давление, успешность и скорость перехода на несырьевую модель экономики неразрывно связаны с реализацией политики импортозамещения в отечественной промышленности. При этом значительный потенциал преодоления неблагоприятного воздействия внешних факторов и минимизации постоянно возникающих многочисленных рисков представляется возможным посредством формирования интеграционных взаимодействий разномасштабного бизнеса, т. е. совместной деятельности малых, средних и крупных промышленных предприятий, позволяющей участникам взаимодействия получить дополнительные конкурентные преимущества. Активизация государственной поддержки проектов в промышленности требует научного обоснования сфер и масштабов рациональности их импортозамещения, а также целесообразности использования формы взаимодействия промышленных предприятий разного масштаба, основанной на партнерстве и согласовании интересов. Раскрывается экономическая роль интеграционного взаимодействия разномасштабных промышленных предприятий в развитии потенциала импортозамещения отечественной экономики. Разработана системно-динамическая модель (СДМ) интеграционного потенциала промышленных структур для научно-обоснованной оценки эффективности объединения ресурсов разномасштабного бизнеса в целях реализации проектов импортозамещения. За счет встроенных в СДМ частных моделей решаются отдельные оптимизационные задачи, синтез которых позволяет оценить эффективность реализации потенциала интеграции крупных, средних и малых предприятий в промышленности. Таким образом, СДМ – достаточно простой и удобный механизм для проведения расчетов, он также может выступать действенным инструментарием поддержки принятия решений, связанных с обоснованием целесообразности и предварительной оценкой эффективности объединения промышленных предприятий.

**ПРЕДПРИЯТИЯ РАЗНОГО МАСШТАБА; ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ; ИНТЕГРАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ; СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ; МОДЕЛЬ СИСТЕМНОЙ ДИНАМИКИ.**

With the current foreign relations situation when tactical factors of economic development are almost completely exhausted, and with the amplifying economic pressure from the Western countries, the success and speed of the transition to a non-oil model of economy are inseparably linked with the implementation of the policy of import substitution in the domestic industry. At the same time, the considerable potential of overcoming the adverse effect of external factors and minimizing the constantly arising numerous risks is obviously possible by means of forming integration interactions of multi-scale business, that is, the joint activity of small, medium-sized and large industrial enterprises allowing the participants of the interaction to get additional competitive benefits. The increasingly active state support of industrial projects demands scientific justification of the spheres and scales of the rationality of their import substitution, and also the expediency of using the form of interaction of the industrial enterprises of different scale based on partnership and coordination of interests. The economic role of integration interaction of multi-scale industrial enterprises in developing potential of import substitution of domestic economy is discussed in the paper, along with a system and dynamic model (SDM) of the integration capacity of industrial structures for a scientifically based assessment of the efficiency of combining the resources of multi-scale business for implementing projects of import substitution. Separate optimizing problems are solved through particular models integrated in the SDM; synthesizing these problems allows to estimate the efficiency of realizing the potential for integrating large, medium-sized and small industrial enterprises. Thus, the SDM is a fairly simple and convenient mechanism for carrying out calculations, and can also act as an effective tool for supporting the decision-making, connected with the justification of expediency and a preliminary estimate of the efficiency of merging industrial enterprises.

**ENTERPRISES OF DIFFERENT SCALE; IMPORT SUBSTITUTION; INTEGRATION POTENTIAL; SYNERGETIC EFFECT; MODEL OF SYSTEM DYNAMICS.**

*Введение.* Проблема импортозамещения в сырьевом секторе российской экономики, приобретая все большие масштабы в научных исследованиях, трактуется учеными по-разному, что имеет следствием разнообразие рекомендуемых способов и технологий ее практического решения [1–6]. В то же время все большее число экономистов ориентируется на генеральную установку руководства страны относительно определения направлений импортозамещения для наиболее рационального использования уже имеющегося в регионах потенциала производства конкурентной продукции, способной замещать импортные аналоги.

В данном контексте основанная на партнерских взаимодействиях деятельность разномасштабных промышленных предприятий (совместная деятельность малых, средних и крупных промышленных предприятий) в профильных секторах региональной экономики играет особую роль в формировании новой, импортозамещающей, модели развития экономики.

Методология исследования факторов, механизмов и инструментов интеграционного сотрудничества разномасштабных предприятий реального сектора экономики предполагает необходимость конкретизации понятий «интеграционный потенциал» – малого, среднего и крупного промышленного бизнеса и «эффективность реализации потенциала интеграции» с позиции формирования новой модели развития российской экономики в условиях реализации стратегии импортозамещения в рамках реализуемой промышленной политики.

В последние годы произошли изменения в предпосылках формирования интегрированных промышленных структур, которые сейчас перешли на новый уровень, где на первый план вышло стремление упрочить свои конкурентные преимущества за счет взаимодополнения и комбинирования потенциалов участников взаимодействий [7]. При этом взаимодействующие предприятия не меняют свои производственные структуры, а объединяют ресурсы для достижения общих целей. То есть можно утверждать, что объектом управления интеграционным потенциалом разномасштабных промышленных предприятий является интеграционный потенциал его участников.

Обобщая вышеизложенное, сформулируем определение понятия «интеграционный потенциал промышленных предприятий»: это синтетический термин, под которым понимается совокупность новых системных качественных и количественных характеристик интегрированной структуры, возникающих в результате рационального объединения и взаимодополнения экономических потенциалов ее участников, ориентированных на согласованное достижение стратегических целей развития данной структуры, определяемых с учетом внешних факторов и условий социально-экономического развития.

Согласно данной трактовке наша точка зрения состоит в том, что интеграционный потенциал промышленных предприятий должен рассматриваться в сопряжении с решением тех стратегических задач, стоящих перед национальной экономикой, которые определяют целесообразность интегрированных взаимодействий. В частности, признавая в контексте обеспечения национальной безопасности приоритетной область модернизации промышленного сектора экономики – для решения задач импортозамещения, успешная реализация интеграционного потенциала и, соответственно, понятие «эффективность реализации интеграционного потенциала» рассматриваются с позиций наращивания потенциала импортозамещения российской экономики.

Интеграционный потенциал предприятий, таким образом, рассматривается не в статике (как совокупность ресурсов объединяющихся предприятий), а в динамике (как способность определенным образом объединенных ресурсов предприятий к максимальному достижению целей интеграции). Процесс его функционирования предстает как последовательное целеориентированное «движение» объединенного потенциала предприятий по намеченной траектории в направлении достижения цели интеграции или как переход из одного его состояния в другое, в большей степени соответствующее данной цели [8].

Как известно, успешность принятия решений, связанных с организацией и управлением функционированием интеграционного потенциала промышленных объединений, в значительной степени детерминируется ре-



результатами содержательного анализа потенциального эффекта, который может продуцироваться различными формами интеграции разномасштабных промышленных предприятий. В соответствии с этим представляется важным в рамках корпоративной проблематики систематизировать основные принципы, на которых следует базироваться при выборе наиболее адекватной (потенциалу предприятий, отраслевой специфике, региональным детерминантам, а также макроэкономическим императивам [9]) формы интеграции промышленных предприятий разного масштаба, направленной на повышение уровня капитализации ресурсного потенциала участников в проектах импортозамещения. Это следующие принципы.

1. Непрерывность воспроизводственного цикла благодаря формированию и функционированию единой производственно-технологической цепочки получения добавленной стоимости.

2. Максимально полный учет региональной специфики и отраслевых особенностей промышленной сферы региона при определении «рациональности» импортозамещения.

3. Системно-динамический характер управления процессами организации и функционирования интеграционного потенциала предприятий разного масштаба в составе промышленного объединения.

4. Учет пролонгированности проявления эффекта интеграции.

5. Учет характера промышленных инноваций: инновации могут быть направлены как на конечное, так и на производственное потребление.

6. Сопряженность иерархии эффектов интеграции с уровнями управления промышленностью.

7. Оценка эффективности интеграции с позиции ее понимания как совокупности многокритериальных характеристик, отражающих степень достижения целей на разных уровнях управления.

8. Соблюдение баланса интересов интегрирующихся предприятий, согласованность действий по достижению целей, ради которых осуществляется интеграция.

9. Учет «вложенности» целей интегративной структуры в соответствии с иерархи-

ей управления ассоциированным потенциалом разномасштабных промышленных предприятий, а также региона в целом как суперсистемы.

10. Организация и осуществление нового системного порядка взаимодействия (т. е. максимальное содействие «развертыванию» модернизационных процессов и производств с высокой добавленной стоимостью, обеспечивающих скорейшую замену импортных товаров отечественными аналогами высокого качества).

11. Преимущественная поддержка ассоциированной деятельности производств, функционирующих по модели «промышленность для промышленности, а не для конечного потребления».

*Постановка задачи.* В процессе разработки данного инструментария следует учитывать, что эффективность структуры с интеграционным потенциалом промышленных предприятий разного масштаба определяется не только деятельностью каждого предприятия в отдельности, но тем, насколько рациональна схема их взаимодействия в рамках единого технологического процесса, т. е. совместной деятельности для получения положительного синергетического эффекта. Следовательно, эффективность напрямую зависит от масштабов и качества указанного взаимодействия.

«Синергетическое преимущество, появляющееся при удачном комбинировании деятельности отдельных предприятий, объединенных в акционерную компанию, проявляется в виде эффекта от совокупности, который превышает сумму эффектов от каждого направления деятельности в отдельности. В проектах создания корпорации синергетическая составляющая становится оценкой эффективности экономической интеграции» [10]. Объективная сложность формирования эффективно функционирующей промышленной структуры предполагает выявление уже на самых начальных этапах не только той сферы региональной промышленности, где возможно наращивание потенциала импортозамещения, но и разработку методологического подхода создания такой бизнес-структуры. Это позволит определить как качественные, так и количественные зависимости критериев оптимальности структуры и

ограничений модели от различных параметров и факторов.

При этом первым этапом является построение общего сценария функционирования объединения, вторым — формулировка целей, критериев и ограничений, третьим — отбор существенных факторов и формирование экономико-математической модели, оценка ее адекватности.

Это позволит очертить границы моделируемой интегративной промышленной структуры, выделив и относительно обособив ее из окружающей среды в соответствии со схемой: «вход (ресурсы) — процесс — выход (результаты)». Дальнейший анализ в выделенных границах позволит обосновать рациональный состав участников с конкретизацией производственно-технологических связей и ресурсных потоков между ними, необходимых с точки зрения реализации системообразующих задач [11].

Поскольку в рассматриваемом случае приоритетной сферой деятельности новой компании является материальное производство импортозамещающей продукции, то показателями состояния потенциала участников выступают материальные блага (сырье, материалы, товары, рабочая сила, деньги и т. д.). Соответствующие ресурсные потоки между предприятиями будут описываться с помощью материальных балансов, а их преобразование внутри производственных единиц (ресурсов в готовую продукцию) — с помощью производственных функций.

Проведенные исследования показывают, что для формализации модели обоснования целесообразности и структуры промышленного объединения импортозамещения эффективен инструментальный системно-динамического моделирования, так как метод системной динамики включает в себя несколько универсальных приемов, позволяющих «настроить» идеализированную модель на решение конкретной задачи, в рамках которой выполняются:

- обоснованная конкретной целью агрегация составляющих процессов, в результате которой получается реализуемая по размерности модель системного процесса, адекватно отображающая механизм достижения системной цели;

- естественная, оправданная реальным содержанием процессов, декомпозиция урав-

нений движения, позволяющая упростить описание механизмов изменения фазовых координат процессов;

- оптимальная структуризация системного процесса, позволяющая выделить и алгоритмически описать наиболее существенные прямые, параллельные и обратные связи между частными процессами [12–14].

Для реализации поставленной цели мы должны решить следующие задачи:

- определить первостепенные принципы, которые позволяли бы сделать выбор оптимальной формы интеграции промышленных предприятий разного масштаба;

- обосновать возможности и преимущества реализации модели системной динамики в промышленности на основе построения различных технологий производственных взаимодействий в рамках интегрированных структур;

- разработать системно-динамическую модель интеграционного потенциала промышленных структур для научно-обоснованной оценки эффективности объединения ресурсов разномасштабного бизнеса в целях реализации проектов импортозамещения.

*Методологический подход.* Поскольку в выбранной схеме интеграции разномасштабных промышленных предприятий осуществляется агрегирование информации об их взаимодействии в отдельные моменты времени, в модели системной динамики оно рассматривается дискретно. В то же время динамика его имитируется так, чтобы она оказалась близкой к закону движения, описываемого следующей системой разностных уравнений:

$$\Delta X(t+1) = F_i(X(t), t, u(t)), \quad i = 1, \dots, m. \quad (1)$$

Данная система является базой для построения модели системной динамики, в которой формально-содержательный анализ функциональных зависимостей ( $F_i$ ) позволяет для каждого  $i$ -го процесса взаимодействия предприятий выделить только те переменные и те воздействия ( $X$ ), которые напрямую и значительно влияют на изменения  $i$ -й переменной в момент времени ( $t$ ).

При этом важным этапом данного методологического подхода является разработка схемы реальных причинно-следственных связей между отдельными этапами (процессами)

взаимодействия предприятий или структурно-функциональных подсистем их совокупного потенциала (кадровой, материально-технической, инвестиционно-финансовой, инновационной, информационной и др.) в одном временном цикле в виде блоков, которых может быть любое количество в зависимости от объемов и полноты имеющейся информации.

Важно акцентировать, что в схеме описываемых связей рассматривается интервал времени, необходимый для оценки последствий изменения переменных, благодаря чему возможен уход от усложнения функциональных зависимостей [15].

Применение методологии системного анализа позволяет принимать управленческие решения внутриорганизационного масштаба с учетом факторов внутреннего и внешнего окружения [16]: рассматривать промышленное объединение предприятий как значимый элемент региональной экономики; получить диаграмму его функционирования как сложной динамической системы, в которой отражены причинно-следственные связи; перейти к разработке математической модели, оптимизирующей данное взаимодействие.

*Методика исследования.* Перейдем к построению математических моделей динамики для каждого из блоков. В качестве примера рассмотрим пять отдельных блоков и сформулируем локальные модели, описывающие происходящие в них процессы в адекватной степени агрегирования информации о них.

**1. Блок обеспечения ресурсами и материалами проектов предприятий промышленного объединения.** Будем рассматривать функционирование данного блока в разрезе конкретного временного интервала (дня, месяца, квартала, года), так как снабжение ресурсами предприятий происходит непрерывно. Введем следующие обозначения:

$a_i$  – количество ресурсов, сосредоточенное на  $m$  складах поставщиков (в том числе малых обслуживающих предприятий), входящих в состав объединения;

$b_j$  – количество ресурсов, которое необходимо каждому предприятию-производителю для производства единицы продукции, при общем числе  $n$  предприятий промышленного объединения;

$C_{ij}$  – стоимость транспортировки единицы ресурсов (тонны) с  $i$ -го склада  $j$ -му предприятию-производителю.

Отметим, что при распределении ресурсов их поставщик будет рассматриваться не как конкретная точка, а как некоторый «район», при вывозе ресурсов с которого выполняется одна единица транспортной техники, для которой рассчитывается стоимость транспортировки. В этом случае в стоимость транспортировки включаются затраты на перемещения внутри данного «района».

Необходимо составить план перевозок, позволяющий вывезти все ресурсы, полностью загрузить имеющиеся мощности предприятий – производителей.

Обозначим через  $x_{ij}$  количество единиц ресурсов (тонн), запланированных к перевозке от  $i$ -го поставщика на  $j$ -е предприятие. Так, всего запланировано к перевозке  $x_{ij}$  единиц ресурсов, стоимость перевозки составит  $C_{ij}x_{ij}$ . Стоимость всего плана выразится двойной суммой:

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{ij}x_{ij} \rightarrow \min_{i,j} \quad (2)$$

Система ограничений получается из следующих условий:

а) все ресурсы должны быть вывезены, т. е.  $\sum_{j=1}^m x_{ij} = a_i \quad (i = 1, 2, \dots, m)$ ;

б) все мощности предприятий-производителей должны быть загружены, т. е.  $\sum_{i=1}^n x_{ij} = b_j \quad (j = 1, 2, \dots, n)$ .

Таким образом, математическая модель данного блока имеет вид стандартной транспортной задачи. Необходимо найти наименьшее значение линейной функции:

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{ij}x_{ij} \rightarrow \min_{i,j} \quad (3)$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = a_i \quad (i = 1, 2, \dots, m), \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = b_j \quad (j = 1, 2, \dots, n), \quad (5)$$

$$x_{ij} \geq 0.$$

То есть решение данной транспортной задачи дает минимальное значение функции затрат на перевозку необходимого для производственного процесса в рамках промышленного объединения объема ресурсов.

**II. Блок финансового и инвестиционного обеспечения процессов производственно-технологического взаимодействия предприятий промышленного объединения.** Пусть доходы от совместной деятельности промышленных предприятий в рамках реализуемого проекта складываются из доходов от реализации продукции —  $F_{\text{реал}}$ .

Предполагаем, что статьи расходов, связанных с данной деятельностью, складываются из  $r$  направлений, т. е.

$$\sum_{i=1}^m r_{ij} = R \quad (i = 1, 2, \dots, m).$$

Очевидно, что важнейшим ограничением модели выступает соблюдение баланса доходов и расходов:

$$F = F_{\text{реал}} = R,$$

причем, требуется выполнение условия  $F > 0$ , иначе функционирование промышленного объединения как системы невозможно.

**III. Блок кадрового обеспечения совместных проектов предприятий промышленного объединения.** Укрупнено весь кадровый состав системы управления промышленным объединением можно разделить на управленческий (руководящий) и прочих работников, что оправданно с точки зрения целей моделирования.

Рассмотрим сначала не управленческий персонал. Введем вектор удельных зарплат по должностям и категориям работников  $w = (w_1, \dots, w_k)$  рублей на человека, где  $k$  — число должностей. Количество работников, обеспечивающих  $j$ -й тип деятельности в рамках производственно-технологической цепи получения добавленной стоимости, в общем случае может быть рассчитано, как

$$Q_j(t) = PQ_j(t-1) + \lambda(t) - e(t), \quad (7)$$

где  $P$  — матрица пропорций перемещения работников по должностям;  $\lambda$  — прирост численности занятых;  $e$  — естественная убыль работников;  $t$  — время.

Тогда будем иметь следующее общее количество работников по категориям должностей:

$$Q_{\Sigma}(t) = \sum_j Q_j(t). \quad (8)$$

Необходимые средства на оплату труда вычисляются по формуле

$$R_{\text{раб}} = Q_{\Sigma}(t) w, \quad (9)$$

Обозначим долю численности управленческого персонала по отношению к численности работников —  $q_{\text{упр}}$  (%), среднюю удельную зарплату управленческого персонала —  $w_{\text{упр}}$  (руб.). Тогда

$$Q_{\text{упр}} = q_{\text{упр}} Q_{\Sigma}, \quad (10)$$

где  $Q_{\Sigma}$  — общее количество не управленческого персонала.

Фонд оплаты труда управленческого персонала задается соотношением

$$R_{\text{упр}} = w_{\text{упр}} Q_{\text{упр}}. \quad (11)$$

Ограничение на величину заработной платы можно сформулировать следующим образом:

$$R_{\text{зп}} = (R_{\text{раб}} + R_{\text{упр}}) \leq R_{\text{от}}. \quad (12)$$

**IV. Блок материально-технического обеспечения проектов взаимодействия и прироста мощностей объединения.** В блоках материально-технического обеспечения и прироста мощностей происходит увеличение и/или сокращение количества необходимых ресурсов для функционирования отдельных предприятий объединения. В силу больших различий в типах производства (основное и вспомогательно-обслуживающие производства) построить модель данного блока можно только на самом высоком уровне агрегирования.

Пусть  $w_i(i)$  — средняя обеспеченность материально-техническими ресурсами и мощностями на единицу производимой продукции  $i$ -го предприятия (руб./ед.). Тогда должно выполняться условие

$$w_i(i) \geq w_i^H(i), \quad (13)$$

где  $w_i^H(i)$  — нормативная обеспеченность.

Если  $w_{\tau}(i) < w_{\tau}^H(i)$ , то дополнительная потребность в материалах и/или оборудовании составит

$$(w_{\tau}^H(i) - w_{\tau}(i)) Q_i, \quad (14)$$

где  $Q_i$  – количество производимой  $i$ -м предприятием продукции.

Введем ограничение на прирост мощностей объединения:

$$\sum_i \sum_j (w_{\tau}^E(i) - w_{\tau}(i)) Q_i \leq F_{\tau}, \quad (15)$$

где  $F_{\tau}$  – объем запланированного финансирования прироста мощностей объединения разномасштабных промышленных предприятий как единой системы.

**V. Блок научно-технического обеспечения деятельности промышленного объединения.** Количество производимых НИОКР либо собственными силами (в случае наличия соответствующих подразделений на крупном предприятии), либо за счет приобретения научных разработок у специализированных организаций может ограничиваться только объемом финансирования, отдача же от их внедрения (как и любой инновации – продуктовой и в особенности технологической), как известно, проявляется только с определенным лагом, глубина которого очень различается в зависимости от типа научной или конструкторской разработки. Соответственно размеры возможного эффекта от внедрения НИОКР на этапе моделирования могут быть рассчитаны с использованием традиционного инструментария оценки инновационных проектов.

Перейдем к вопросу формулировки целевой функции модели максимизации прибыли промышленного объединения, в состав которого предполагается вхождение крупных и малых обслуживающих промышленных предприятий.

Так как моделируемая система представляет собой объект высокой сложности, то целевой функцией может стать оптимизация деятельности отдельных подсистем системы (предприятий) плюс некоторый эффект, достигаемый за счет их совместного функционирования. В качестве целевой функции модели управления интеграционным потенциалом промышленного объединения можно

выделить максимизацию прибыли промышленного объединения.

Для этого рассмотрим финансовую структуру объединения и определим центры формирования затрат, доходов, инвестиций и прибыли на уровне данного предприятия, выступающего в качестве управляющей компании.

Пусть  $X_i = (x_1, \dots, x_n)$ ,  $i = 1, \dots, n$  – объемы затрат ресурсов, необходимых бизнес-единицам (предприятиям) для производства продукции;  $W_j = (w_1, \dots, w_m)$ ,  $j = 1, \dots, m$  – соответствующие цены факторов;  $Q_i = f_i(x_1, \dots, x_n)$  – объем выпуска  $i$ -й бизнес-единицы.

Финансовая структура объединения включает следующие центры.

Центр затрат:

$$\sum_i \sum_j w_{ij} x_{ij} - \text{денежные средства постав-$$

щикам сырья и материалов (в том числе малым предприятиям, обслуживающим производство на крупном предприятии);

$X_{ij}$  – количество  $j$ -го ресурса для  $i$ -го предприятия;

$W_{ij}$  – цена  $j$ -го ресурса для  $i$ -го предприятия;

$\sum R_i$  – денежные средства собственным предприятиям на технические расходы.

Центр доходов:

$$F_{\text{дистр}} = \sum_i P_i Q_i - \text{доходы от реализации}$$

через дистрибьюторскую сеть, оптовиков (руб.);

$P_i$  – цена единицы выпуска  $i$ -го предприятия (руб.);

$$F_{\text{тд}} = \sum_i P_i Q_i - \text{доходы от реализации}$$

продукции промышленного объединения (руб.);

$$F_{\text{реал}} = F_{\text{дистр}} + F_{\text{тд}}.$$

Центр инвестиций:

$$\sum_i I_i - \text{инвестиции в проект, реализу-$$

емый объединением, в разрезе бизнес-единиц (предприятий).

Центр прибыли:

$$\begin{aligned} \Pi_{\text{упр комп}} = & F_{\text{реализ}} - \sum_i \sum_j w_{ij} x_{ij} - \\ & - \sum_i R_i - \lambda F_{\text{тд}} - \rho K - \sum_i I_i \rightarrow \max. \end{aligned} \quad (16)$$

Предполагается, что все ограничения и модели, в которых не фигурирует время, сформулированы для текущего года  $t$ .

Построенная модель системной динамики позволяет анализировать процессы, происходящие в отдельных блоках системы, и выявлять характер и направление их взаимодействия, оптимизировать траекторию развития промышленного объединения как системы с учетом основной цели – его эффективной деятельности как важной подсистемы региональной экономики, поскольку объединение создается в отрасли, в существенной мере определяющей профиль региона и его потенциал рационального импортозамещения.

Как следует из предыдущих исследований, с использованием рассмотренной модели системной динамики возможно решение важнейших задач, связанных с предварительной оценкой целесообразности создания промышленного объединения, в состав которого войдут разномасштабные предприятия. На основе полученных результатов возможно принятие еще одного важного решения – распределение прибыли между участниками (предприятиями группы).

Для этого рассматривается управляемый экономический процесс, в результате которого объект управления переводится из некоторого начального состояния  $s_0$  в состояние  $s$ . Предположим, что управление можно разбить на  $n$  шагов, т.е. решение принимается последовательно на каждом шаге, а управление, переводящее систему управления из начального состояния в конечное, представляет собой совокупность  $n$  пошаговых управлений.

Пусть планируется деятельность четырех промышленных предприятий (одного крупного и трех малого и среднего размеров) одной отрасли на очередной год.

Начальные средства:  $s_0 = N$  усл. ед. Размеры вложения в каждое предприятие кратны 1 усл. ед. Средства  $X$ , выделенные  $k$ -му предприятию ( $k = 1, 2, 3, 4$ ), приносят в конце года прибыль  $f_k^*(x)$ . Функции  $f_k(x)$  заданы таблично. Принято считать, что:

- а) прибыль  $f_k(x)$  не зависит от вложения средств в другие предприятия;
- б) прибыль от деятельности каждого предприятия выражается в одних условных единицах;

в) суммарная прибыль равна сумме прибылей, полученных каждым предприятием.

Ставится задача определить, какое количество средств нужно выделить каждому предприятию, чтобы суммарная прибыль была наибольшей.

Обозначим через  $X_k$  количество средств, выделенных  $k$ -му предприятию. (Нумерацию предприятий 1, 2, 3, 4 сохраняем в процессе решения неизменной.)

Суммарная прибыль равна:

$$Z = \sum_{k=1}^4 f_k(x_k). \quad (17)$$

Переменные  $X$  удовлетворяют ограничениям:

$$\sum_{k=1}^4 x_k = N, \quad (18)$$

$$X_k \geq 0, \quad k = 1, 2, 3, 4.$$

Требуется найти переменные  $X_1, X_2, X_3, X_4$ , удовлетворяющие системе ограничений (18) и обращающие в максимум целевую функцию (17). Полученные значения данных переменных модели и являются ориентирами для принятия решений о справедливом распределении прибыли между участниками совместного проекта в соответствии с их реальными вкладами в общую прибыль объединения.

#### *Результаты исследования*

1. Конкретизированы понятия «интеграционный потенциал объединения промышленных предприятий разного размера» и «эффективность реализации потенциала интеграции».

2. Систематизированы основные принципы, учет которых обуславливает выбор наиболее оптимальной формы интеграции промышленных предприятий разного масштаба, направленной на повышение уровня капитализации ресурсного потенциала участников.

3. Разработан методологический подход создания бизнес-структуры, позволяющий определить зависимости критериев формирования эффективно функционирующей промышленной структуры от различных параметров и факторов.

4. Разработана системно-динамическая модель взаимодействия функциональных под-



систем промышленных предприятий разного масштаба (кадровой, материально-технической, инвестиционно-финансовой, инновационной, информационной и др.) в одном временном цикле в виде блоков, которых может быть любое количество в зависимости от объема и полноты имеющейся информации.

**Выводы.** Предложенная модель системной динамики управления интеграционным потенциалом промышленного объединения, латентными участниками которого являются разномасштабные промышленные предприятия, является, с одной стороны, достаточно

простой и удобной для проведения расчетов, с другой – может выступать действенным инструментарием поддержки принятия решений, связанных с обоснованием целесообразности и предварительной оценкой эффективности интеграции.

В дальнейших исследованиях целесообразно рассмотреть возможность построения модели, которая позволяла бы в определенной мере учитывать специфику того региона, в границах которого предполагается функционирование промышленного объединения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Доргушаова А.К.** Развитие индикативного подхода к региональному стратегированию в целях наращивания потенциала импортозамещения // Крымский научный вестник. 2015. № 5.
2. **Кушнаренко Т.В.** Развитие несырьевых отраслей экономики в условиях многоукладности региональных систем // Финансовые исследования. 2015. № 3.
3. **Матвеева Л.Г., Чернова О.А.** Потенциал малого бизнеса в несырьевом развитии промышленности России: модели оценки, инструменты и механизмы управления. Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2014.
4. **Гулин К.А., Мазилев Е.А., Ермолов А.П.** Импортозамещение как инструмент активизации социально-экономического развития территорий // Проблемы развития территорий. 2015. № 3(77).
5. **Макаров А.Н.** Импортозамещение как инструмент индустриализации экономики региона: инновационный аспект // Российский внешне-экономический вестник. 2011. № 5.
6. **Семькин В.А., Сафронов В.В., Терехов В.П.** Импортозамещение как эффективный инструмент развития рыночной экономики // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 7.
7. **Балашова Е.С., Пашоликов М.А.** Управление экономическими ресурсами малого предприятия как инструмент снижения рисков // Инновации. 2015. № 04(198).
8. **Матвеева Л.Г.** Инновационный потенциал промышленности Юга России: инструментарий управления в целях снижения региональной асимметрии // Региональная экономика. Юг России. 2014. № 1.
9. **Пашоликов М.А.** Иерархия эффектов интеграции разномасштабных промышленных предприятий в сфере импортозамещения // Современная экономика: проблемы и решения. 2015. № 11(71).
10. **Лунев И.Л.** Методология управления потенциалом корпорации: концепция, модели, инструменты. Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 2004.
11. **Третьяков А.К.** Анализ системной модели эффективного управления производственными подразделениями промышленных предприятий // Экономический анализ: теория и практика. 2009. № 3.
12. **Глухов В.В., Медников М.Д., Коробко С.Б.** Промышленная политика как механизм стимулирования инновационной деятельности // Математические методы и модели для менеджмента. СПб., 2010.
13. **Бабкин А.В.** Интегрированные промышленные структуры как экономический субъект рынка: сущность, принципы, классификация // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия «Экономика». 2014. № 4. С. 7–23.
14. **Новиков А.О., Бабкин А.В.** Анализ подходов и методов оценки инновационного потенциала предприятия // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2009. № 2-2(75). С. 193–204.
15. **Стефанков И.О.** Инновационный потенциал промышленных предприятий в несырьевом развитии экономики // Глобальный мир: многополярность, антикризисные императивы, институты: матер. 5-й Междунар. науч.-практ. конф., 22–24 мая 2014 г. Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2014.
16. **Сироткина Н.В., Лесных Д.Н., Матвеев А.И.** Системный подход к оценке эффективности аппарата управления промышленным предприятием // Экономический анализ: теория и практика. 2007. № 2.

## REFERENCES

1. **Dorgushaova A.K.** Razvitie indikativnogo podkhoda k regional'nomu strategirovaniu v tseliakh narashchivaniia potentsiala importozameshcheniia. *Krymskii nauchnyi vestnik*. 2015. № 5. (rus)
2. **Kushnarenko T.V.** Razvitie nesyryevykh otraslei ekonomiki v usloviakh mnogoukladnosti regional'nykh system. *Finansovye issledovaniia*. 2015. № 3. (rus)
3. **Matveeva L.G., Chernova O.A.** Potentsial malogo biznesa v nesyryevom razvitii promyshlennosti Rossii: modeli otsenki, instrumenty i mekhanizmy upravleniia. Taganrog: Izd-vo IuFU, 2014. (rus)
4. **Gulin K.A., Mazilov E.A., Ermolov A.P.** Importozameshchenie kak instrument aktivizatsii sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiia territorii. *Problemy razvitiia territorii*. 2015. № 3(77). (rus)
5. **Makarov A.N.** Importozameshchenie kak instrument industrializatsii ekonomiki regiona: innovatsionnyi aspekt. *Rossiiskii vneshneekonomicheskii vestnik*. 2011. № 5. (rus)
6. **Semykin V.A., Safronov V.V., Terekhov V.P.** Importozameshchenie kak effektivnyi instrument razvitiia rynochnoi ekonomiki. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhoziaistvennoi akademii*. 2014. № 7. (rus)
7. **Balashova E.S., Pasholikov M.A.** Upravlenie ekonomicheskimi resursami malogo predpriatiia kak instrument snizheniia riskov. *Innovatsii*. 2015. № 04(198). (rus)
8. **Matveeva L.G.** Innovatsionnyi potentsial promyshlennosti Iuga Rossii: instrumentarii upravleniia v tseliakh snizheniia regional'noi asimmetrii. *Regional'naia ekonomika. Iug Rossii*. 2014. № 1.
9. **Pasholikov M.A.** Ierarkhiia effektivnosti integratsii raznomasshtabnykh promyshlennykh predpriatii v sfere importozameshcheniia. *Sovremennaia ekonomika: problemy i resheniia*. 2015. № 11(71).
10. **Lunev I.L.** Metodologiiia upravleniia potentsialom korporatsii: kontseptsiiia, modeli, instrumenty. Rostov n/D: Izd-vo SKNTs VSh, 2004. (rus)
11. **Tret'iakov A.K.** Analiz sistemnoi modeli effektivnogo upravleniia proizvodstvennymi podrazdeleniiami promyshlennykh predpriatii. *Ekonomicheskii analiz: teoriia i praktika*. 2009. № 3. (rus)
12. **Glukhov V.V., Mednikov M.D., Korobko S.B.** Promyshlennaia politika kak mekhanizm stimulirovaniia innovatsionnoi deiatel'nosti. *Matematicheskie metody i modeli dlia menedzhmenta*. SPb., 2010. (rus)
13. **Babkin A.V.** Integrirovannye promyshlennye struktury kak ekonomicheskii sub"ekt rynka: sushchnost', printsipy, klassifikatsiia. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriia «Ekonomika»*. 2014. № 4. S. 7–23. (rus)
14. **Novikov A.O., Babkin A.V.** The analysis of approaches and methods of evaluation of innovative potential of the enterprise. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*, 2009, no. 2–2(75), pp. 193–204. (rus)
15. **Stefankov I.O.** Innovatsionnyi potentsial promyshlennykh predpriatii v nesyryevom razvitii ekonomiki. *Global'nyi mir: mnogopoliarnost', antikrizisnye imperativy, instituty: mater. 5-i Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., 22–24 maia 2014 g.* Rostov n/D: Izd-vo IuFU, 2014. (rus)
16. **Sirotkina N.V., Lesnykh D.N., Matveev A.I.** Sistemnyi podkhod k otsenke effektivnosti apparata upravleniia promyshlennym predpriatiem. *Ekonomicheskii analiz: teoriia i praktika*. 2007. № 2. (rus)

---

**ПАШОЛИКОВ Максим Александрович** – помощник ректора по делам молодежи Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.  
195251, ул. Политехническая, д. 29, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: pasholikov@gmail.com

**PASHOLIKOV Maksim A.** – Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University.  
195251. Politechnicheskaya str. 29. St. Petersburg. Russia. E-mail: pasholikov@gmail.com

---