

Ю.К. Машунин**МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ
ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ
ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ****Yu.K. Mashunin****MODELING AND SOFTWARE IMPLEMENTATION
OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF THE INDUSTRIAL ENTERPRISE**

Актуальность исследования обусловлена созданием качественной системы моделирования и программного обеспечения инновационного развития промышленного предприятия. Анализ основных направлений развития теории фирмы показал, что дальнейшее инновационное развитие связано с разработкой математических моделей, которые адекватно отражают все сферы производственно-хозяйственной и финансовой деятельности предприятия. Цель исследования – построение численной модели инновационного развития промышленного предприятия на базе математической модели в виде векторной задачи линейного программирования. Критерии этой задачи учитывают целенаправленность каждого подразделения деятельности фирмы. Ограничениями являются трудовые и материальные ресурсы, производственные мощности предприятия. Ограничения накладываются на подразделения и на предприятие в целом (глобальные ограничения). Развивая это направление, построена математическая модель промышленного предприятия сложной структуры в виде векторной задачи линейного программирования, которая решается в динамике на несколько лет. Стратегический план, сформированный на базе векторной оптимизации, ориентирован на инновационное развитие промышленного предприятия на базе экстенсивных и интенсивных факторов развития производства. Для использования таких моделей в практике разработано программное обеспечение. Для решения векторной задачи линейного программирования используются методы, основанные на нормализации критериев и принципе гарантированного результата. Методология прогнозирования, стратегического развития промышленного предприятия разработана на базе статистической и технологической информации. Основные этапы методологии (программного обеспечения) представлены на численном примере корпоративного управления промышленным предприятием, включающим шесть подразделений. В модели сформулирована целенаправленность каждого подразделения и цели фирмы в целом. В результате решения получены оптимальные объемы продукции, выпускаемые каждым подразделением. Решена задача оптимального распределения глобальных ресурсов по подразделениям предприятия.

ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ; МОДЕЛИРОВАНИЕ; ПРОГНОЗИРОВАНИЕ; ВЕКТОРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ; ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ.

The relevance of the study is caused by the creation of a qualitative system of modeling and software for innovative development of the industrial enterprise. The analysis of the main directions of development of the enterprise theory has shown that further innovative development is connected with developing mathematical models which adequately reflect all spheres of production and economic and financial activity of the enterprise. The purpose of work consists in creating a numerical model of innovative development of the industrial enterprise, on the basis of a mathematical model in the form of a vector problem of linear programming. The criteria of this task take into account the focus of each division of activity of the enterprise. The restrictions are labor and material resources, and production capacities of the enterprise. Restrictions are imposed on separate divisions and on the enterprise in general (global restrictions). Developing this direction, the mathematical model of the industrial enterprise of complex structure is constructed in the form of a vector problem of linear programming which is solved in dynamics for several years. The strategic plan created on the basis of vector



optimization is focused on innovative development of the industrial enterprise on the basis of extensive and intensive factors of production development. The software for using such models in practice has been developed. For solving the vector problem of linear programming, the methods based on criteria normalization and the principle of guaranteed result are used. The methodology of forecasting the strategic development of the industrial enterprise is developed on the basis of statistical and technological information. The main stages of methodology (software) are presented on a numerical example of corporate management of an industrial enterprise including six divisions. The model formulated the focus of each division and the purpose of firm in general. The optimal volumes of production released by each division have been obtained as a result of the solution. The problem of optimal distribution of global resources of divisions of the enterprise is solved.

INDUSTRIAL ENTERPRISE; MODELING; FORECASTING; VECTOR OPTIMIZATION; SOFTWARE.

Введение. Инновационное развитие промышленного предприятия, входящего в соответствующую отрасль, определяет дальнейшее социально-экономическое развитие муниципального образования, региона и государства в целом, а также объекта, на который направлено государственное, региональное и рыночное регулирование экономики [1]. Поэтому исследованию теории развития промышленного предприятия и, более широко, теории фирмы, уделяется достаточно большое внимание как за рубежом [2–4, 6–20, 25–26], так и в России [5, 21–24] на общенациональном и региональном уровне. На Западе существует несколько теорий фирмы, исходящих из идеологии тех или иных современных социально-экономических учений, анализ которых проведен в работах [5, 21]. К ним относятся:

– неоклассическая, или маржиналистская, экономическая теория – в ней рассматривается полезность одного блага в сравнении с другим, определяются цена спроса и предложения [6–9];

– неинституциональная теория – объясняет существование многообразия деловых предприятий; теория транзакционной стоимости [5, 10, 11];

– подход, основанный на знаниях, – понимание менеджментом того, что в рамках «новой экономики» возникают фирмы, для которых именно знание становится наиболее значимым ресурсом [5];

– концепция динамических способностей – как развитие ресурсного подхода, призванного придать динамизм его статическим конструкциям [13];

– предпринимательская теория фирмы; менеджерская теория фирмы; бихевиористская теория в экономике [5, 14–16].

Представленные направления теорий фирмы связаны с целенаправленностью экономической деятельности и, соответственно, поведением фирмы на будущий период [21]. При анализе производственной деятельности

Дж. Гелбрейт подчеркивал необходимость согласованности целей между обществом, организацией (фирмой) и личностью. К этому направлению относится японская модель, направленная на максимизацию добавленной стоимости [19]. Это множество математических моделей говорит о том, что в отдельности каждая из них недостаточно точно (неадекватно) представляет те ситуации, которые возникают в практике принятия управленческих решений в фирме. В результате возникают новые направления, связанные с управлением развития фирмы, например, *экономическая теория множественности целей (критериев) управления*, которая исходит из того, что у фирмы имеется не одна цель (прибыль, объем продаж, рост), а множество целей в совокупности [20, 21]. Поэтому создание качественной системы моделирования и прогнозирования социально-экономического развития промышленного предприятия (фирмы) является актуальной задачей.

Методика исследования. Цель исследования – на основе анализа современных подходов, связанных с теорией фирмы, построение математической модели, определяющей стратегическое функционирование фирмы в рамках инновационного развития. Математическая модель фирмы объединяет указанные подходы в совокупности. Множество (вектор) критериев такой модели отражает цели функционирования фирмы в обществе, а также подводит к решению практических задач (технологий), возникающих при стратегическом планировании и прогнозировании развития фирмы. Соответствующее программное обеспечение дает реализацию решения векторной задачи линейного программирования, лежащей в основе созданной модели, а также численную реализацию на тестовом примере.

Для реализации поставленной цели рассмотрены и решены задачи анализа, моделирования и прогнозирования развития фирмы:

– сформирована организационная схема управления и место математической модели, моделирования в общей системе управления фирмы;

– на основе анализа построена математическая модель инновационного развития экономики промышленного предприятия в виде векторной задачи линейного программирования (ВЗЛП); векторный критерий такой задачи представляет множество показателей, характеризующих цели развития фирмы, при стандартных ограничениях на ресурсы (материальные, трудовые, производственные мощности). Для решения ВЗЛП использованы методы, основанные на нормализации критериев и принципе гарантированного результата [21–23]; показана методика принятия решений в задаче моделирования развития фирмы; построена математическая модель формирования стратегического плана, где развитие фирмы показано в динамике – на несколько лет с учетом экстенсивных и интенсивных факторов, которые определяют инновационную активность предприятий [21, 22].

Технология моделирования в рамках управления предприятием представлена на основе дискретно-динамической модели в виде ВЗЛП и показана на практическом примере формирования стратегического плана [22].

Организация управления и инновации в общей системе управления промышленным предприятием. Предприятие можно представить сложной, открытой, социально-технической и финансово-экономической системой, которая, в свою очередь, является частью общества как единой системы. Внутри производственной фирмы имеется два основных уровня

деятельности: *производство*, т. е. переработка поступающих ресурсов в товары, услуги; *управляющий уровень*, в задачу которого входят руководство и контроль деятельности организации [21, 23].

Эти два уровня представляют лица, группы лиц, которые вступили в фирму со своими интересами и целями. К этим группам относятся: инвесторы; персонал (руководство, специалисты-служащие, рабочие); поставщики; потребители (домашние хозяйства, фирмы); финансовые организации; общество в целом – государство обеспечивает правовой и законодательный порядок, создает инфраструктуру и предпринимает меры по стимулированию предпринимательской деятельности, требуя от предприятий выплаты необходимых налогов и отчислений. Взаимосвязь этих групп представим на рис. 1. Они вносят свой вклад в фирму и получают за него компенсацию в различной форме. В этих группах выделяются конкуренты, которые оказывают определенное влияние на деятельность предприятия и его результаты. Производство сопровождается процессом создания и движения стоимости (добавленной), что находит отражение в организации управления.

Организация управления в фирме [23] показана на рис. 2. Она включает:

- субъект управления представлен функциями управления – прогнозирование, планирование, принятие решений, учет, контроль, анализ и регулирование;
- объект управления, представлен производственными функциями – материально-техническое обеспечение, производство, реализация продукции.

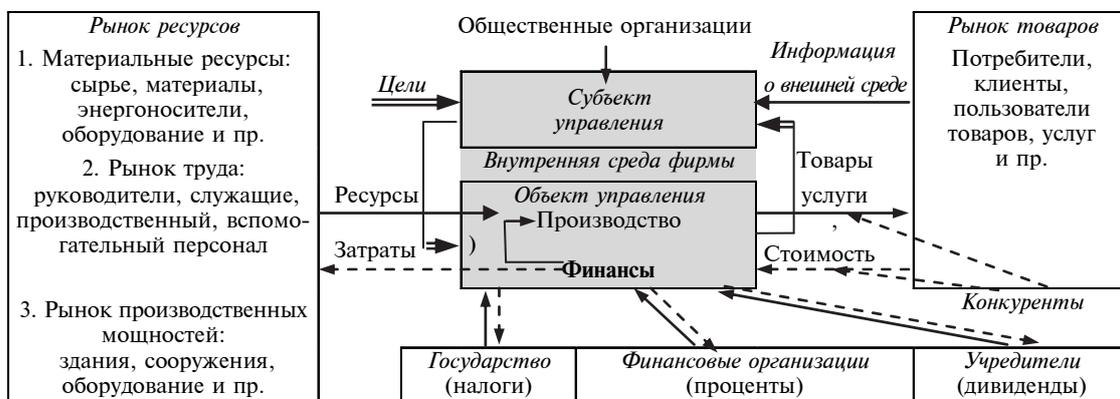


Рис. 1. Фирма и ее место в обществе

(←) – материальные потоки; (←-) – финансовые потоки; (⇒) – управленческие (информационные) потоки

При реализации все перечисленные функции, как правило, организационно объединены по временным интервалам, видам деятельности в отдельные подсистемы, которые в настоящее время называются технологией ме-

неджмента. Технологии менеджмента разделяются на активные и обеспечивающие [21, 23]. Все технологии взаимосвязаны и функционируют на общей информационной базе финансового, управленческого учета.

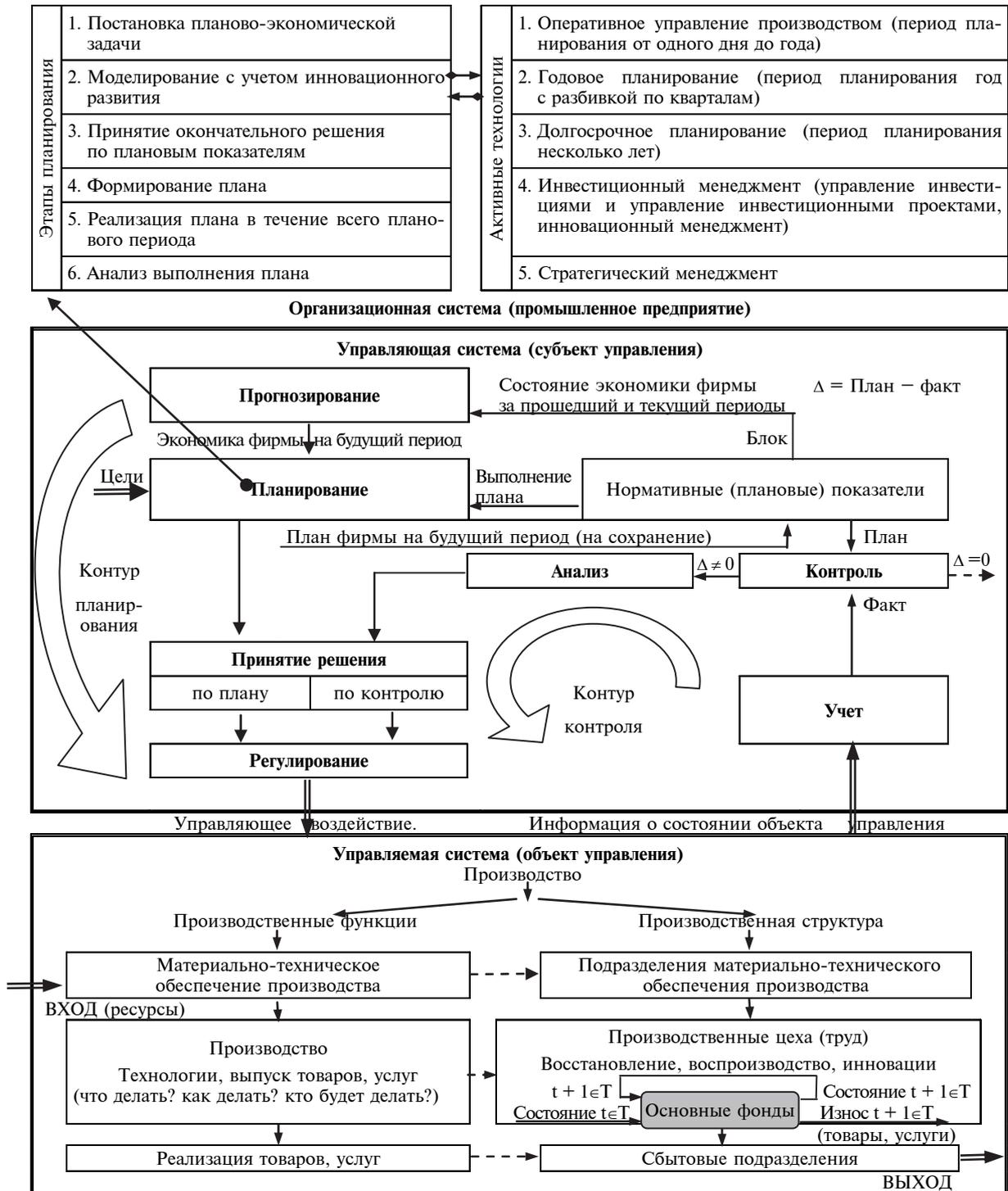


Рис. 2. Схема воспроизводственных процессов [23]

Воспроизводственные процессы включают в себя воспроизводство регионального продукта – товаров, услуг обеспечивающих жизнедеятельность населения региона, трудовых ресурсов, капитала, природных ресурсов и т. п. Они происходят наряду с движением материальных, финансовых и информационных потоков (см. рис. 1, 2). Воспроизводство регионального продукта ставит задачи увеличения валового регионального продукта, ежегодного увеличения темпов прироста, нацеленности предприятий на интенсивные технологии, т. е. инновационное решение проблем.

Воспроизводственные процессы осуществляются на двух уровнях: предприятия и региона; государства. На уровне предприятия, отрасли воспроизводство осуществляется за счет амортизационных отчислений, инвестиций из прибыли.

Напомним, амортизация – это перенос стоимости основных средств на стоимость выпускаемой продукции. До 1992 г. (в социалистический период) амортизационные отчисления в законодательном порядке нельзя было ни на что использовать, лишь на ремонт и покупку новых основных средств (что и объясняет воспроизводство). Далее этот закон теряет свою силу: амортизационные отчисления могут использоваться для любых целей, в том числе и личных (на вывоз капитала). Отсюда колоссальное устаревание основных фондов России и соответствующие аварии (например, на Саяно-Шушенской ГЭС). Амортизационные отчисления – это очень большие средства: 5–7 % ежегодно от общей стоимости основных средств предприятия и, в целом, от основных средств страны. При этом надо понимать, что амортизационные отчисления только восстанавливают изношенные средства. Хотелось бы видеть, как предпринимательская деятельность с помощью государственного регулирования сначала восстанавливает изношенные фонды, а затем добавляет инвестиции для инновационного развития экономики предприятия и региона в целом. Инвестиции на уровне фирмы формируются за счет прибыли предприятия, кредита, лизинга и пр. Задача региональных органов управления состоит в стимулировании таких финансово-производственных процессов на уровне бюджета на базе долгосрочных целевых программ. По каждой долгосрочной

целевой программе ежегодно проводится оценка эффективности ее реализации.

Построение математической модели производственного плана развития фирмы. Как указывалось [21], имеется несколько направленных экономических теорий фирмы и соответствующих альтернативных математических моделей поведения фирм. Поэтому при построении математической модели необходимо учитывать цели всех моделей, которые можно представить в виде вектора критериев. С учетом ограничений такая математическая модель представляет векторную задачу математического программирования.

Построение математической модели плана (годового, стратегического) развития фирмы. Предполагается формирование вектора переменных, вектора критериев (целей) и ограничений, накладываемых на функционирование фирмы [21–24].

Вектор переменных. Пусть $X(t) = \{x_j(t), j = \overline{1, N}\}$ – вектор переменных, каждая компонента которого $j \in N$ определяет вид и объем $x_j(t)$ изделий, которые планируются включить в производство в планируемом году $t \in T$, N – множество индексов видов (номенклатуры) изделий, работ, услуг. На переменные $x_j(t), j \in N$ наложены ограничения $u_j, j \in N$; они определяют вероятный объем продукции j -го вида. Величины $u_j, j \in N$ получены службой маркетинга при исследовании рынка товаров, которые могут производиться фирмой, т. е. $x_j(t) \leq u_j(t), j = \overline{1, N}$.

Вектор критериев, определяющих цели функционирования фирмы. Производимая на фирме продукция характеризуется множеством K технико-экономических показателей. Функциональную зависимость любого из показателя $k \in K$ от объема выпускаемой продукции $X(t)$ обозначим через $f_k(X(t))$ в предположении, что такая функциональная зависимость существует. Предполагаем, что функциональная зависимость $f_k(X(t))$ линейна, т. е.

$$\forall k \in K, f_k(X(t)) = \sum_{j=1}^N c_j^k x_j(t),$$

где c_j^k – величина k -го показателя, характеризующего единицу j -го вида продукции, $j \in N$.

В целом все показатели представим в виде вектор-функции:

$$F(X(t)) = \{f_k(X(t)) = \sum_{j=1}^N c_j^k x_j(t), \quad k = \overline{1, K}\}. \quad (1)$$

Ограничения учитываются при разработке плана и связаны с ресурсами, т. е. производственными мощностями предприятия, трудовыми и материально-техническими ресурсами и плановыми показателями, которые, как минимум, необходимо получить.

Ограничения по ресурсам. Предполагаем линейную зависимость затрат ресурсов от объема произведенных товаров $X(t) = \{x_j(t), j = \overline{1, N}\}$:

$$\sum_{j=1}^N a_{ij}(t)x_j(t) \leq b_i(t), \quad i = \overline{1, M}, \quad (2)$$

где $a_{ij}(t), i = \overline{1, M}, j = \overline{1, N}$ – количество i -го ресурса, необходимого для производства единицы j -го вида изделия.

Множество индексов ресурсов M включает:

- множество материальных ресурсов $M_{\text{мат}} \subset M$, которые характеризуют материалы, полуфабрикаты и т. п., использующиеся в производстве;
- множество трудовых ресурсов (специальностей) $M^{\text{т}} \subset M$;
- множество фондируемых ресурсов (мощностей) $M_f \subset M$.

Аналогично (2) представим затраты по i -му ресурсу для q -го подразделения:

$$\sum_{j=1}^{N_q} a_{ij}^q(t)x_j(t) \leq b_i^q, \quad i = \overline{1, M_q}, \quad q = \overline{1, Q}, \quad (3)$$

где b_i^q – величина i -го ресурса, имеющегося в q -м подразделении предприятия на планируемый период; M_q – множество видов ресурсов, которые используются в производстве в q -м подразделении.

Цена единицы продукции $p_j, j = \overline{1, N}$ j -го вида вытекает из маркетинговых исследований или предполагает проведение расчета уровня цены с учетом политики цен применительно к каждому конкретному сегменту рынка. Отсюда вычислим объем продаж предприятия:

$$f_k(X(t)) = \sum_{j=1}^N p_j x_j, \quad k \in K. \quad (4)$$

Валовая прибыль на единицу продукции определяется как разность между стоимостью j -го вида продукции p_j и переменными затратами:

$$\pi_j^{\text{вал}} = p_j - a_j^p(t), \quad j = \overline{1, N}. \quad (5)$$

Прибыль от реализации продукции по фирме

$$\pi = f_k(X(t)) = \sum_{j=1}^N \pi_j x_j, \quad k \in K. \quad (6)$$

Добавленная стоимость на единицу продукции определяется как разность между стоимостью и материальными затратами продукции j -го вида:

$$p_j^{\text{доб}} = p_j - a_j^{\text{мат}}(t), \quad j = \overline{1, N}, \quad (7)$$

где $a_j^{\text{мат}}(t) = \sum_{i=1}^{M_{\text{мат}}} p_i a_{ij}, j = \overline{1, N}$ – стоимость материальных затрат на единицу j -го вида продукции, поступающих от внешних производителей.

Построение математической модели стратегического плана. Осуществляется с учетом экстенсивных и интенсивных факторов развития фирмы, информация о которых накапливается в рамках управленческого учета.

Экстенсивные факторы связаны, прежде всего, с расширением производства. Предполагается, что часть прибыли, амортизационных отчислений пойдет на воспроизводство. Под воспроизводством понимаем, во-первых, восстановление изношенного оборудования и, во-вторых, после просчета годового плана, увеличение ограничений тех ресурсов (2)–(3), у которых выполняется равенство или близкое к нему неравенство. Тогда ограничения на ресурсы (2)–(3) $b_i(t), i = \overline{1, M_p}$ в планируемом году $(t+1) \in T$ увеличатся на величину $\Delta b_i(t+1), i = \overline{1, M}$ и примут вид:

$$b_i(t+1) = b_i(t) + \Delta b_i(t+1), \quad i \in M_p, \quad (t, t+1) \in T. \quad (8)$$

Интенсивные факторы определяются ростом производительности труда, снижением материальных затрат, повышением фондоотдачи и качества продукции. Все эти факторы должны найти явное или неявное отражение

в математической модели формирования долгосрочного плана развития фирмы. Величина, на которую снижены трудозатраты при производстве единицы j -го вида продукции, определяет рост производительности труда на предприятии:

$$\Delta a_{ij}(t+1) = a_{ij}(t) - a_{ij}(t+1), i = \overline{1, M_{tr}}, M_{tr} \subset M, j = \overline{1, N}, t \in T. \quad (9)$$

Аналогично определяется снижение материалоёмкости изделия на предприятии: $\Delta a_{ij}(t+1)$, $i = \overline{1, M_{mat}}$, $M_{mat} \subset M$.

Интенсивные факторы роста производительности труда, снижения материалоёмкости изделия, увеличения фондоотдачи определяют инновационное развитие промышленного предприятия.

При оценке производственных мощностей необходимо учитывать износ $\Delta b_i^{физ}(t+1)$, $i = \overline{1, M_{фонд}}$, $M_{фонд} \subset M$ и их увеличение за счет амортизационных отчислений $\Delta b_i^{аморт}(t+1)$, а также за счет инвестиций $\Delta b_i(t+1)$ в производственные мощности предприятия. В дальнейшем предполагаем, что износ основных фондов покрывается амортизационными отчислениями:

$$\Delta b_i^{физ}(t+1) = \Delta b_i^{аморт}(t+1), i = \overline{1, M_{фонд}}. \quad (10)$$

Используя экономические показатели (4)–(7) в качестве критерия (1), определяющего целенаправленность фирмы, учитывая ограничения по ресурсам (2)–(3), в том числе экстенсивные (8) и интенсивные факторы роста производительности труда, материалоёмкости изделия, увеличения фондоотдачи (9), а также выполнения соотношения (10) на период $t = \overline{1, T}$ лет, математическую модель формирования стратегического плана развития промышленного предприятия представим в виде векторной задачи линейного программирования:

$$\begin{aligned} opt F(X(t)) = \{F_q(X(t)) = \{\{\max f_{kq}(X(t)) \equiv \\ \equiv \sum_{j=1}^{N_q} c_j^k x_j(t), k = \overline{1, K_q}\}, q = \overline{1, Q}\}, \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} F_1(X(t)) = \{\max f_k(X(t)) \equiv \sum_{j=1}^N c_j^k x_j(t), \\ k = \overline{1, K_1}\}, \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^N (a_{ij}(t)x_j(t) - \Delta a_{ij}(t+1)) x_j(t) \leq (b_i(t) + \\ + \Delta b_i(t+1)), i = \overline{1, M}, M_{tr} \subset M, M_{mat} \subset M; \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^N (a_{ij}^f(t)x_j(t) - \Delta a_{ij}^f(t+1)) x_j(t) \leq (b_i^f(t) - \\ - \Delta b_i^{физ}(t+1) + \Delta b_i^f(t+1)), i = \overline{1, M_{фонд}}; \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^{N_q} (a_{ij}^q(t) - \Delta a_{ij}(t+1))x_j(t) \leq (b_i^q(t) + \\ + \Delta b_i(t+1)), i = \overline{1, M_q}, q = \overline{1, Q}; \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^N c_j^k x_j(t) \geq b_k(t), k \notin K, x_j(t) \leq u_j(t), \\ j = \overline{1, N_q}, q = \overline{1, Q}, t = \overline{1, T}. \end{aligned} \quad (16)$$

где $F(X(t))$ – векторный критерий, который определяет функционирование Q предприятий (11) и предприятия в целом (12); (13)–(14) – глобальные ограничения по трудовым и материальным ресурсам и производственным мощностям предприятия; (15) – локальные ограничения по ресурсам, накладываемые на каждое q -е подразделение фирмы, $\Delta a_{ij}(t+1)$, $\Delta b_i(t+1)$, $i \in M$, – интенсивная и экстенсивная составляющие развития фирмы; (16) – ограничения по экономическим показателям, которые, как минимум, требуется выполнить, а также ограничения по маркетинговым исследованиям.

Величины $u_j(t)$, $j = \overline{1, N}$, $t = \overline{1, T}$ из (16) характеризуют объемы товаров в предположении, что они будут востребованы рынком на период $t = \overline{1, T}$ лет. Величины $b_i(t+1)$ из (13) являются потенциальными возможностями фирмы в приобретении i -го ресурса в t -м году. Они определяются из соотношений $b_i(t+1) = b_i(t) + \Delta b_i(t+1)$.

Таким образом, математическая модель (11)–(16) по существу является моделью стратегического планирования инновационного развития корпоративного предприятия (фирмы).

Алгоритм моделирования стратегического плана. Включает решение векторной задачи математического программирования (11)–(16) и реализуется в два этапа.

Эман 1. Решаем ВЗМП (11)–(16) при равнозначных критериях на первый плановый период $t \in T$. В этот период интенсивная и экстенсивная составляющие равны нулю:

$$\Delta a_{ij}(t+1) = 0, \Delta b_j(t+1) = 0, j = \overline{1, N}, i \in M.$$

В результате решения получим оптимальный набор продуктов, выпускаемых предприятиями, $X^0 = \{X_q^0, q = \overline{1, Q}\}$ и максимальную относительную оценку λ^0 , для которой выполняется равенство

$$\lambda^0 = \lambda_q(X_q^0(t)), q = \overline{1, Q}, Q \subset K, X(t) \subset S, \quad (17)$$

для остальных критериев выполняется соотношение

$$\lambda^0 \leq \lambda_k(X^0(t)), k = \overline{1, K_2}, K_2 \subset K, X(t) \subset S,$$

т. е. λ^0 является максимальным нижним уровнем для всех относительных оценок $\lambda_k(X^0(t))$, $k = \overline{1, K}$, или гарантированным результатом в относительных единицах при равнозначных критериях.

При каждом расчете одновременно с получением технико-экономических показателей (11)–(12):

– распределяется глобальный ресурс (13)–(14) между предприятиями:

$$r_i^q(t) = A_q X_q^0, i = \overline{1, M}, q = \overline{1, Q}; \quad (18)$$

– рассчитываются затраты ресурсов в целом по фирме:

$$r_i(t) = \sum_{q=1}^Q r_i^q(t), i = \overline{1, M}, t \in T;$$

– оценивается загрузка каждого ресурса по фирме в целом на планируемый период, для этого сравниваются затраты глобальных ресурсов r_i с потенциальными возможностями фирмы на планируемый период b_i , $i = \overline{1, M}$:

$$\Delta r_i(t) = b_i(t) - r_i(t), i = \overline{1, M}; \quad (19)$$

– проверяется: если $r_i < b_i$, $i \in M$, то $\Delta r_i = b_i - r_i \geq 0$, $i \in M_n \subset M$, что характеризует величину недогрузки i -го ресурса (M_n – множество ресурсов, для которых $\Delta r_i \geq 0$); если $r_i > b_i$, $i \in M$, то $\Delta r_i = b_i - r_i$, $i \in M$, отрицательно и характеризует величину недостающего ресурса (такая ситуация может быть

получена только при неправильном решении задачи или искусственно); если $r_i = b_i$, то $\Delta r_i = b_i - r_i = 0$, $i \in M_p \subset M$ и загрузка i -го ресурса полная, $M = M_n \cup M_p$. Ресурсы, у которых выполнено точное равенство $\Delta r_i = b_i - r_i = 0$, сдерживают рост векторного критерия (11)–(12).

Эман 2. Решим ВЗМП (11)–(16) при равнозначных критериях на следующий плановый период $(t+1) \in T$. В этот период предполагается, что часть прибыли, амортизационных отчислений, полученная на этапе $t \in T$, пойдет на воспроизводство основных производственных фондов предприятий, трудовых ресурсов и т. д. за счет экстенсивных и интенсивных составляющих, которые в данном случае больше нуля: $\Delta a_{ij}(t+1) \geq 0$, $\Delta b_j(t+1) \geq 0$, $j = \overline{1, N}$, $i \in M$. В результате решения за период $t = 2$ получим: $X^0(t) = \{X_q^0(t), q = \overline{1, Q}\}$, максимальную относительную оценку $\lambda^0(t)$ и распределение глобального ресурса (18).

Как в первый период планирования, $t = 1$, так и во второй период, $t = 2$, все предприятия развиты равномерно относительно оптимумов $f_k(X_k^*)$, $k = \overline{1, K}$:

$$\lambda^0(t+1) = \lambda_q(X_q^0(t+1)), q = \overline{1, Q}, \\ Q \subset K, X(t) \subset S,$$

для остальных критериев выполняется соотношение

$$\lambda^0(t+1) \leq \lambda_k(X^0(t+1)), k = \overline{1, K_2}, \\ K_2 \subset K, X(t+1) \subset S,$$

т. е. λ^0 является максимальным нижним уровнем для всех относительных оценок $\lambda^0(t+1) = \min\{\lambda_k(X^0(t+1)), k = \overline{1, K}\}$ или гарантированным результатом в относительных единицах:

$$\lambda^0(t+1) = \max_{X \in S} \min\{\lambda_k(X(t+1)), k = \overline{1, K}\}.$$

Аналогичные результаты будут и при расчете на последующие периоды планирования ($t = 3, t = 4, \dots, T$).

В результате решения ВЗМП (11)–(16) в динамике на период планирования $t = \overline{1, T}$ лет получим оптимальный вектор продуктов

на каждый период планирования: $X^o(t) = \{X_q^o(t), q = \overline{1, Q}\}$, $\lambda^o(t), t = \overline{1, T}$ и потребность предприятий фирмы в ресурсах (13)–(15). Отсюда легко вычислить планируемые объемы уменьшения затрат ресурсов, полученных за счет интенсификации производства (инновационных мероприятий):

$$\Delta r_i(t+1) = \sum_{j=1}^N \Delta a_{ij}(t+1) X^o(t+1), \quad (20)$$

$$i = \overline{1, M}, t = \overline{1, T},$$

а также увеличения объемов прироста ресурсов (экстенсивные факторы):

$$\Delta b_i(t+1), i = \overline{1, M}, t = \overline{1, T}.$$

Анализ всех видов затрат ресурсов дает возможность сделать следующие выводы:

– данные об объемах снижения материалоемкости, стоимости изделий и т. д. совместно с информацией о производстве аналогичных изделий за рубежом являются плановыми мероприятиями для научно-исследовательских, проектных институтов, которые во вновь создаваемых изделиях должны добиваться снижения материалоемкости $\Delta a_{ij}(t+1)$ и постоянно (планомерно) заменять устаревшие изделия предприятия;

– данные о снижении трудозатрат $i = \overline{1, M_{\text{тр}}}$ из (13) на $t = \overline{1, T}$ являются плановыми мероприятиями для подразделений, институтов, занимающихся автоматизацией технологических процессов, гибких производственных систем, роторных линий и других мероприятий, повышающих производительность труда на предприятиях.

В совокупности эти мероприятия по существу являются инновационной стратегией развития по каждому виду деятельности предприятия и в целом на будущий период. Плановая реализация стратегии находит отражение в стратегическом плане. А реализация стратегического плана с учетом разработки стратегии составляет стратегическое управление предприятием.

Программная реализация инновационного развития промышленного предприятия. Программное обеспечение решения векторной задачи математического программирования (11)–(16) реализовано в системе *Matlab* и включает четыре блока.

1. Построение математической модели инновационного развития промышленного предприятия в виде векторной задачи линейного программирования (11)–(16) (постановка задачи).

2. Моделирование годового плана предприятия на базе алгоритма решения ВЗЛП, основанного на нормализации критериев и принципе гарантированного результата при равнозначных критериях.

3. Анализ результатов решения и принятие окончательного решения по годовому плану развития предприятия.

4. Формирование стратегического плана развития промышленного предприятия, который представляет результат решения задачи (11)–(16) на заданное количество лет.

Представим работу программного обеспечения инновационного развития промышленного предприятия на численной модели, рассмотренной в [21].

Итак, рассматривается предприятие, состоящее из головного предприятия (высшей управляющей подсистемы) и хозяйственно самостоятельных производств [25]. Фирма представлена шестью подразделениями (цехами, или отдельными предприятиями), функционирующими на шести стратегических рынках $q = \overline{1, Q}$, где $Q = 6$ множество подразделений фирмы. Она выпускает неоднородную продукцию двенадцати видов – по два каждым подразделением, $j = \overline{1, N_q}$, $q = \overline{1, Q}$, $N_q = 2$, $N = 12$. Информация о производственной деятельности предприятия за прошлый период представлена:

– статистическими данными, которые включают экономические показатели объема производства (тыс. руб.), ресурсов по фирме в целом и прибыли (см. табл. 1);

– технологическими данными (конец текущего года): стоимостными показателями одной единицы продукции и ресурса, нормой расхода ресурсов, которая показывает, какое количество единиц какого-либо ресурса идет на производство единицы соответствующего вида продукции, а также объемами ресурсов в первом планируемом периоде. В совокупности все эти экономические показатели составляют технологическую матрицу производства (см. табл. 2);

Таблица 1

Объем производства и прибыль по фирме

Экономические показатели	Распределение по годам (тыс. руб.)				
	2010	2011	2012	2013	2014
Объем продаж	7279,4	7522,0	7441,1	7683,8	7602,9
Чистая прибыль	1207,1	1247,3	1233,9	1274,2	1260,8
Налоги 20 %	301,8	311,8	308,5	318,5	315,2
Добавленная стоимость	6045,1	6246,6	6179,4	6380,9	6313,7

Таблица 2

Технологическая матрица производства

Экономические показатели	Товары, разделенные по шести предприятиям												Стоимость одной единицы продукции	План (ресурсы)	
	1		2		3		4		5		6				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1	600	650	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
2	0	0	400	1200	0	0	0	0	0	0	0	0			
Стоимость одной единицы продукции	3	0	0	0	600	550	0	0	0	0	0	0			
	4	0	0	0	0	0	450	600	0	0	0	0			
	5	0	0	0	0	0	0	0	500	600	0	0			
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	700	800			
Материальные ресурсы	1	1	0,23	0,57	2	0,83	0	0	4	0	2,68	3,09	24	16000	
	2	3	2,13	0	0	1,85	0	3,03	2,58	2	1	1,26	2,05	21500	
	3	0	2	0,76	0	1	1,64	0	1,06	2,32	1	0	1,188	30	12300
	4	0,68	0	1,74	0	0	1,25	0	0,96	1,07	2,63	1,38	3,05	18	14600
Трудовые ресурсы	5	1,04	0	0,93	0,84	1,03	0,25	0	0,53	0	0,61	0	0,3	40	8700
	16	0,55	1,06	0	1,34	0,86	1	0	1,04	0	0,26	0	1	42	9000
Мощность предприятия	7	0	1	0	5	1	2	1,62	0,17	1	0,33	1,2	1	66	11400
	8	0,3	0,21	1	2	1,5	0,62	0,7	0,14	0,98	1,04	1	2	46	18800
	9	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	18000
	10	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	25	17000
11	0	0	0	0	1	0,8	0	0	0	0	0	0	30	18000	
12	0	0	0	0	0	0	2	1,5	0	0	0	0	26	24000	
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	1,3	0	0	24	21000	
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	32	29000	

Примечание. Такую фирму можно трактовать как отрасль, имеющую Q предприятий, и как регион, имеющий Q отраслей.

– анализом статистических данных о производственной деятельности предприятия за предыдущий период, который показал, что управленческие затраты составляют 35 % от производственной себестоимости одного изделия, коммерческие затраты – 20 % и амортизация – 6 %. Налоги составляют 20 % от прибыли до налогообложения.

Требуется: а) определить производственный план фирмы, который включает показатели по номенклатуре (по видам изделий) и по объему, т. е. сколько изделий соответствующего вида изделия следует изготовить каждому предприятию, чтобы доход, прибыль и валовая добавленная стоимость при их реализации были как можно выше. Рассматривается стратегический период планирования $T = 5$ лет. Здесь также решается задача распределения глобальных ресурсов между шестью подразделениями;

б) составить модель производственного плана предприятия, в котором экономические показатели максимальны. Провести моделирование и представить прогноз развития фирмы и ее предприятий на соответствующий период планирования. Программное обеспечение решение задачи, лежащей в основе математической модели, реализовано в системе Matlab.

Решение. Моделирование и формирование производственного (стратегического) плана развития предприятия на базе программного обеспечения, реализованного в системе *Matlab*, включает четыре блока.

1. Построение математической модели инновационного развития промышленного предприятия (постановка задачи). Используя промежуточные вычисления, представленные в [21], получим численную модель предприятия в виде векторной задачи линейного программирования:

$$\begin{aligned} \text{opt } F(X(t)) = \{ & \max f_1(X_1(t)) \equiv 600x_1(t) + 650x_2(t), \\ & \max f_2(X_2(t)) \equiv 400x_3(t) + 1200x_4(t), \\ & \max f_3(X_3(t)) \equiv 600x_5(t) + 550x_6(t), \\ & \max f_4(X_4(t)) \equiv 450x_7(t) + 600x_8(t), \\ & \max f_5(X_5(t)) \equiv 500x_9(t) + 600x_{10}(t), \\ & \max f_6(X_6(t)) \equiv 700x_{11}(t) + 800x_{12}(t), \end{aligned} \quad (21)$$

$$\begin{aligned} \max f_7(X(t)) \equiv & 600x_1(t) + 650x_2(t) + 400x_3(t) + \\ & + 1200x_4(t) + 600x_5(t) + 550x_6(t) + 450x_7(t) + \\ & + 600x_8(t) + 500x_9(t) + 600x_{10}(t) + 700x_{11}(t) + \\ & + 800x_{12}(t), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \max f_8(X(t)) \equiv & 222,7x_1(t) + 162,4x_2(t) + \\ & + 93,3x_3(t) + 174,5x_4(t) + 67,9x_5(t) + 43x_6(t) + \\ & + 55,3x_7(t) + 86,7x_8(t) + 79,1x_9(t) + \\ & + 102,9x_{10}(t) + 123,2x_{11}(t) + 45,9x_{12}(t)\}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \max f_9(X(t)) \equiv & 518,8x_1(t) + 552,5x_2(t) + \\ & + 332,2x_3(t) + 1152x_4(t) + 522,3x_5(t) + \\ & + 478,3x_6(t) + 404,6x_7(t) + 416,2x_8(t) + \\ & + 381,1x_9(t) + 443,3x_{10}(t) + 582,1x_{11}(t) + \\ & + 678,7x_{12}(t)\}. \end{aligned} \quad (22)$$

При ограничениях:

$$\begin{aligned} 1x_1(t) + 0,23x_2(t) + 0,57x_3(t) + 2x_4(t) + \\ + 0,83x_5(t) + 4x_8(t) + 2,68x_{10}(t) + \\ + 3,09x_{11}(t) \leq 16000, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3x_1(t) + 2,13x_2(t) + 1,85x_5(t) + 3,03x_7(t) + \\ + 2,58x_8(t) + 2x_9(t) + 1x_{10}(t) + 1,26x_{11}(t) + \\ + 2,05x_{12}(t) \leq 21500, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2x_2(t) + 0,76x_3(t) + 1x_5(t) + 1,64x_6(t) + \\ + 1,06x_8(t) + 2,32x_9(t) + 1x_{10}(t) + \\ + 1,188x_{12}(t) \leq 12300, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,68x_1(t) + 1,74x_3(t) + 1,25x_6(t) + \\ + 0,96x_8(t) + 1,07x_9(t) + 2,63x_{10}(t) + \\ + 1,38x_{11}(t) + 3,05x_{12}(t) \leq 14600, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1,04x_1(t) + 0,93x_3(t) + 0,84x_4(t) + 1,03x_5(t) + \\ + 0,25x_6(t) + 0,53x_8(t) + 0,61x_{10}(t) + \\ + 0,3x_{12}(t) \leq 8700, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,55x_1(t) + 1,06x_2(t) + 1,34x_4(t) + 0,86x_5(t) + \\ + 1x_6(t) + 1,04x_8(t) + 0,26x_{10}(t) + 1x_{12}(t) \leq 9000, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1x_2(t) + 5x_4(t) + 1x_5(t) + 2x_6(t) + \\ + 1,62x_7(t) + 0,17x_8(t) + 1x_9(t) + 0,33x_{10}(t) + \\ + 1,2x_{11}(t) + 1x_{12}(t) \leq 11400, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,3x_1(t) + 0,21x_2(t) + 1x_3(t) + 2x_4(t) + \\ + 1,5x_5(t) + 0,62x_6(t) + 0,7x_7(t) + 0,14x_8(t) + \\ + 0,98x_9(t) + 1,04x_{10}(t) + 1x_{11}(t) + \\ + 2x_{12}(t) \leq 18800, \end{aligned} \quad (23)$$

$$2x_1(t) + 3x_2(t) \leq 18000, \quad 1x_3(t) + 2x_4(t) \leq 17000,$$

$$1x_5(t) + 0,8x_6(t) \leq 18000,$$

$$2x_7(t) + 1,5x_8(t) \leq 24000, \quad 0,8x_9(t) + \\ + 1,3x_{10}(t) \leq 21000,$$

$$3x_{11}(t) + 4x_{12}(t) \leq 29000, \quad (24)$$

$$100 \leq x_1(t) \leq 1000,$$

$$100 \leq x_2(t) \leq 1000, \dots, 100 \leq x_{12}(t) \leq 1000. \quad (25)$$

2. Моделирование годового плана предприятия на базе алгоритма решения ВЗЛП, основанного на нормализации критериев и принципе гарантированного результата. Представляет многократное решение ВЗЛП (21)–(25) в системе Matlab при равнозначных критериях с различными исходными данными. Структуру алгоритма решения ВЗЛП (21)–(25) см. в [21–23].

В результате решения ВЗЛП (21)–(25) получим:

– точку оптимума: $X^0 = \{L0 = 0,2749, X0 = \{x_1 = 1299,9, x_2 = 916,3, x_3 = 1737,3, x_4 = 551,2, x_5 = 1894,4, x_6 = 308,3, x_7 = 1093,1, x_8 = 1050,9, x_9 = 564,2, x_{10} = 1481,7, x_{11} = 857,5, x_{12} = 1185,2\}\}$, где вектор $X0$ определяет объемы продукции, выпускаемые предприятием в первом году планирования;

– максимальную относительную оценку $\lambda^0 = L0 = 0,2749$;

– значения критериев в точке оптимума $f_k(X^0), k = \overline{1, 10}$:

$$\begin{aligned} f_1(X^0) &= 1375500, f_2(X^0) = 1356300, \\ f_3(X^0) &= 1306200, f_4(X^0) = 1122500, \\ f_5(X^0) &= 1171100, f_6(X^0) = 1548400, \\ f_7(X^0) &= 8088200, f_8(X^0) = 1341200, \\ f_9(X^0) &= 6716700; f_{10}(X^0) = 6716700, \end{aligned}$$

где $f_1(X^0), \dots, f_6(X^0)$ – объем продаж по каждому предприятию; $f_7(X^0)$ – продажи фирмы; $f_8(X^0)$ – налоги; $f_9(X^0)$ – прибыль по фирме; $f_{10}(X^0)$ – добавленная стоимость;

– относительные оценки $\lambda_k(X^0), k = \overline{1, 10}$:

$$\begin{aligned} \lambda_1(X^0) &= 0,2749, \lambda_2(X^0) = 0,2749, \\ \lambda_3(X^0) &= 0,2749, \lambda_4(X^0) = 0,2749, \\ \lambda_5(X^0) &= 0,2749, \lambda_6(X^0) = 0,2749, \\ \lambda_7(X^0) &= 0,8359, \lambda_8(X^0) = 0,5792, \lambda_9(X^0) = 0,8143. \end{aligned}$$

Относительная оценка $\lambda^0 = 0,2749$ показывает, что все независимые критерии (т. е. критерии всех предприятий фирмы), измеренные в относительных единицах, подняты до величины λ^0 и равны $\lambda_k(X^0), k = \overline{1, 6}$, при всех других объемах относительная оценка λ всегда будет меньше λ^0 , т. е. точка X^0 оптимальна по Парето.

3. Анализ результатов решения и принятие окончательного решения по годовому плану развития предприятия. Анализ результатов начинается с проверки загрузки ресурсов по каждому предприятию, как по своим собственным, так и по глобальным ресурсам:

$$r_i^q = AX_q^0, i = \overline{1, 14}, q = \overline{1, 6}.$$

Сравниваются полученные затраты глобальных ресурсов с возможностями фирмы в их приобретении $b_i, i = \overline{1, M}, M = 8$.

Определим отклонения $\Delta R_i = b_i - R_i, i = \overline{1, 8}$:

Из этих соотношений вытекает, что ресурсы $i = 1, 2, 4, 7$ загружены полностью, они сдерживают дальнейший рост векторного критерия $F(X)$.

Полученные результаты – номенклатура и объемы производства X^0 , значения экономических показателей при таких объемах $f_k(X^0), k = \overline{1, 6}$, относительные оценки $\lambda_k(X^0), k = \overline{1, 6}$, отклонения по ресурсам (глобальным, локальным) $\Delta R_i, i = \overline{1, 8}, i = \overline{9, 14}$ – являются основой для принятия решений.

Таблица 3

Экономические показатели прогноза объема производства стратегического плана на пять лет (тыс. руб.)

Год	Продажи предприятий, $q = \overline{1, Q}$						Фирма в целом			
	1	2	3	4	5	6	Продажи	Налоги	Прибыль	Добавленная стоимость
1	1375,5	1356,3	1306,2	1122,5	1171,1	1548,4	7880,1	336,8	1347,1	6584,8
2	1460,0	1437,1	1386,7	1191,2	1242,8	1642,9	8160,8	356,8	1427,3	6974,0
3	1518,3	1492,9	1442,2	1238,6	1292,3	1708,1	8692,2	384,5	1538,1	7253,8
4	1597,2	1568,3	1517,3	1302,8	1359,2	1796,3	9141,0	395,4	1581,6	7644,2
5	1670,9	1638,2	1587,5	1362,8	1421,8	1878,7	9560,4	423,6	1694,3	7887,0

Таблица 4

Экономические показатели объема производства

Год	Продажи		Полные затраты (ресурсы)	Чистая прибыль	Налоги (20 %)	Добавленная стоимость
	статистика	прогноз				
2010	7279,4	7279,4	6072,3	1207,1	301,8	6045,1
2011	7522	7522	6274,7	1247,3	311,8	6246,6
2012	7441,1	7441,1	6207,2	1233,9	308,5	6179,4
2013	7683,8	7683,8	6409,6	1274,2	318,5	6380,9
2014	7602,9	7602,9	6342,1	1260,8	315,2	6313,7
2015		7880,1	6533	1347,1	336,8	6584,8
2016		8160,8	6733,5	1427,3	356,8	6974
2017		8692,2	7154,1	1538,1	384,5	7253,8
2018		9141	7559,4	1581,6	395,4	7644,2
2019		9560,4	7866,1	1694,3	423,6	7887

Объединим данные табл. 3 по предприятию в целом со статистическими данными табл. 1 и представим их в табл. 4.

4. *Формирование стратегического плана развития промышленного предприятия.* Этот блок представляет результат решения задачи (11)–(16). Результаты расчета на пять лет представим в виде табл. 2 [22], экономические показатели объема производства стратегического плана – в табл. 3.

Объем продаж, характеризующий производственное развитие фирмы, налоги, которые в совокупности с другими фирмами определяют основу доходной части региона, добавочную стоимость как основу формирования валового регионального продукта, могут быть представлены графически [22].

Выводы. Математическая модель функционирования промышленного предприятия, представленная векторной задачей математического программирования, и математический аппарат для ее решения, основанный на нормализации критериев и принципе гарантированного результата, позволяют сформировать стратегию инновационного развития предприятия. Стратегический план дает возможность принятия оптимального решения по некоторому набору экономических показателей (критериев) в совокупности. Построение математической модели и решение векторной задачи линейного программирования, лежащей в ее основе, представляют новую информационную технологию (методологию) принятия оптимального решения по развитию промышленного предприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бабкин А.В., Новиков А.О.** Кластер как субъект экономики: сущность, современное состояние, развитие // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2016. № 1(235). С. 9–29.
2. **Kantarelis D.** Theories of the Firm. Geneve: Inderscience, 2007. ISBN 0-907776-34-5. Description & review.
3. **Spulber D.F.** The Theory of the Firm, Cambridge. Description, front matter, and «Introduction» excerpt, 2009.
4. Theory of the firm. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Theory_of_the_firm
5. **Тамбовцев В.Л.** Стратегическая теория фирмы: состояние и возможное развитие // Российский журнал менеджмента. 2010. Т. 8. № 1. С. 5–40.
6. **Walras L.** Elements of Pure Economies, or the theory of social wealth, Lausanne, 1874.
7. **Pareto V.** Cours d’Economie Politique. Lausanne: Rouge, 1896.
8. **Самуэльсон П.** Экономикс. Ч. 1. М.: Прогресс, 1964.

9. **Маршалл А.** Принципы экономической науки. Т. 2. М.: Прогресс, 1993. С. 145.
10. **Coase R.H.** The nature of the firm // *Economica*, 1937, no. 4(16), pp. 386–405. (Русск. пер.: **Коуз Р.Г.** Природа фирмы // Уильямсон О.И., Уинтер С.Дж. (ред.). Природа фирмы: пер. с англ. М.: Дело, 2001. С. 33–52.)
11. **Coase R.H.** «The Nature of the Firm: Influence» // *Journal of Law, Economics, & Organization*, 1988, no. 4(1), pp. 33–47.
12. **Nonaka I.** A dynamic theory of organizational knowledge creation // *Organization Science*, 1994, no. 5(1), pp. 14–37.
13. **Ambrosini V., Bowman C.** What are dynamic capabilities and are they useful construct in strategic management? // *International Journal of Management Review*, 2009, no. 11(1), pp. 29–49.
14. **Simon H.** 1956. Surrogates for Uncertain Decision Problems. [Reply]. Unpublished ONR Research Memorandum #38, GSIA, Carnegie Institute of Technology. Reprinted in: Simon H.A. 1982. Models of Bounded Rationality. Vol. 1. Economic Analysis and Public Policy. MIT Press: Cambridge, MA, pp. 235–244.
15. **March J.G., Simon H.A.** Organizations. John Wiley & Sons: N. Y., 1958.
16. **Simon H.A.** Bounded rationality and organizational learning // *Organization Science*, 1991, no. 2(1), pp. 125–134.
17. **Cyert R., March J.G.** A Behavioral Theory of the Firm. Blackwell: Oxford, 1963.
18. **Гелбрейт Дж.** Экономическая теория и цели общества. М.: Прогресс. 1976. 230 с.
19. **Сно К.К.** Управленческая экономика: пер. с англ. М.: Инфра-М, 2000. 671 с.
20. **Соколинский В.М., Корольков В.Е.** и др. Экономическая теория: учеб. пособие. М.: КноРус. 2006. 464 с.
21. **Машунин Ю.К., Машунин И.А.** Инновационная модель развития промышленного предприятия // Глобальные вызовы в экономике и развитие промышленности (INDUSTRY–2016): тр. науч.-практ. конф. с зарубежным участием 21–23 марта 2016 г. / под ред. д-ра экон. наук, проф. А.В. Бабкина. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. С. 440–454.
22. **Машунин Ю.К., Машунин К.Ю.** Численная реализация инновационного развития промышленного предприятия // Глобальные вызовы в экономике и развитие промышленности (INDUSTRY–2016): тр. науч.-практ. конф. с зарубежным участием 21–23 марта 2016 г. / под ред. д-ра экон. наук, проф. А.В. Бабкина. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. С. 455–484.
23. **Машунин Ю.К.** Теория управления. Математический аппарат управления экономикой. М.: Логос, 2013. 448 с.
24. **Машунин Ю.К., Машунин И.А.** Моделирование и прогнозирование развитие экономики региона // Реструктуризация экономики: теория и инструментарий / под ред. д-ра экон. наук, проф. А.В. Бабкина. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. С. 151–178.
25. **Хан К.** Контроллинг. М.: Инфа-М, 2004. 671 с.
26. **Файоль А.** Общее и промышленное управление. М.: Контроллинг, 1992.

REFERENCES

1. **Babkin A.V., Novikov A.O.** Cluster as a subject of economy: essence, current state, development. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*, 2016, no. 1(235), pp. 9–29 (rus)
2. **Kantarelis D.** Theories of the Firm. Geneve: Inderscience, 2007. ISBN 0-907776-34-5. Description & review.
3. **Spulber D.F.** The Theory of the Firm, Cambridge. Description, front matter, and «Introduction» excerpt, 2009.
4. Theory of the firm. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Theory_of_the_firm
5. **Tambovtsev V.L.** Strategicheskaja teoriia firmy: sostoianie i vozmozhnoe razvitie. *Rossiiskii zhurnal menedzhmenta*. 2010. T. 8. № 1. S. 5–40. (rus)
6. **Walras L.** Elements of Pure Economies, or the theory of social wealth, Lausanne, 1874.
7. **Pareto V.** Cours d'Economie Politique. Lausanne: Rouge, 1896.
8. **Samuel'son P.** Ekonomiks. Ch. 1. М.: Progress, 1964. (rus)
9. **Marshall A.** Printsipy ekonomicheskoi nauki. T. 2. М.: Progress, 1993. S. 145. (rus)
10. **Coase R.H.** The nature of the firm. *Economica*, 1937, no. 4(16), pp. 386–405.
11. **Coase R.H.** «The Nature of the Firm: Influence». *Journal of Law, Economics, & Organization*, 1988, no. 4(1), pp. 33–47.
12. **Nonaka I.** A dynamic theory of organizational knowledge creation. *Organization Science*, 1994, no. 5(1), pp. 14–37.
13. **Ambrosini V., Bowman C.** What are dynamic capabilities and are they useful construct in strategic management? *International Journal of Management Review*, 2009, no. 11(1), pp. 29–49.
14. **Simon H.** 1956. Surrogates for Uncertain Decision Problems. [Reply]. Unpublished ONR Research Memorandum #38, GSIA, Carnegie Institute of Technology. Reprinted in: Simon H.A. 1982. Models of Bounded Rationality. Vol. 1. Economic Analysis and Public Policy. MIT Press: Cambridge, MA, pp. 235–244.

15. **March J.G., Simon H.A.** Organizations. John Wiley & Sons: N. Y., 1958.
16. **Simon H.A.** Bounded rationality and organizational learning. *Organization Science*, 1991, no. 2(1), pp. 125–134.
17. **Cyert R., March J.G.** A Behavioral Theory of the Firm. Blackwell: Oxford, 1963.
18. **Gelbreit Dzh.** Ekonomicheskaja teoriia i tseli obshchestva. M.: Progress. 1976. 230 s. (rus)
19. **Sio K.K.** Upravlencheskaia ekonomika: per. s angl. M.: Infra-M, 2000. 671 s. (rus)
20. **Sokolinskiĭ V.M., Korolkov V.E.** i dr. Ekonomicheskaja teoriia: ucheb. posobie. M.: Knorus. 2006. 464 s. (rus)
21. **Mashunin Iu.K., Mashunin I.A.** Innovatsionnaia model' razvitiia promyshlennogo predpriiatiia. *Global'nye vyzovy v ekonomike i razvitie promyshlennosti (INDUSTRY–2016)*: tr. nauch.-prakt. konf. s zarubezhnym uchastiem 21–23 marta 2016. Pod red. d-ra ekon. nauk, prof. A.V. Babkina. SPb.: Izd-vo Politekhn. un-ta, 2016 g. S. 440–454. (rus)
22. **Mashunin Iu.K., Mashunin K.Iu.** Chislennaia realizatsiia innovatsionnogo razvitiia promyshlennogo predpriiatiia. *Global'nye vyzovy v ekonomike i razvitie promyshlennosti (INDUSTRY–2016)*: tr. nauch.-prakt. konf. s zarubezhnym uchastiem 21–23 marta 2016 g. Pod red. d-ra ekon. nauk, prof. A.V. Babkina. SPb.: Izd-vo Politekhn. un-ta, 2016. S. 455–484. (rus)
23. **Mashunin Iu.K.** Teoriia upravleniia. Matematicheskii apparat upravleniia ekonomikoi. M.: Logos, 2013. 448 s. (rus)
24. **Mashunin Iu.K., Mashunin I.A.** Modelirovanie i prognozirovanie razvitiia ekonomiki regiona. *Restrukturizatsiia ekonomiki: teoriia i instrumentarii*. Pod red. d-ra ekon. nauk, prof. A.V. Babkina. SPb.: Izd-vo Politekhn. un-ta, 2015. S. 151–178. (rus)
25. **Khan K.** Kontrolling. M.: Infa-M, 2004. 671 s. (rus)
26. **Faiol' A.** Obshee i promyshlennoe upravlenie. M.: Kontrolling, 1992. (rus)

МАШУНИН Юрий Константинович – профессор Дальневосточного федерального университета, доктор экономических наук.

690950, ул. Суханова, д. 8, г. Владивосток, Россия. E-mail: mashunin@mail.ru

MASHUNIN Yuriy K. – Far Eastern Federal University.

690950. Suhanova str. 8. Vladivostok. Russia. E-mail: mashunin@mail.ru
