

УДК 338.242.2

Д. А. Максимов

Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва,
e-mail: maksimovdenis@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО СЕГМЕНТА ПРЕДПРИЯТИЯ С УЧЁТОМ РИСКА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ

Ключевые слова: производственная деятельность предприятия, производственная программа, рыночный риск, эффективность производства, модель производственной программы предприятия, ограничение на риск, линейные модели, нелинейные модели, теорема Куна-Таккера, задачи непрерывной оптимизации, задачи дискретной оптимизации, параметрическое программирование.

В статье рассматриваются постановка задачи, математические модели и методы выбора оптимального по критерию валового маржинального дохода и с производственно-технологическими, финансово-ресурсными, рыночными и рисковыми ограничениями варианта производственной программы предприятия, реализуемого в условиях изменчивых товарных, материальных и финансовых рынков. Риск предложено оценивать ковариацией доходностей изделий производственной программы, что позволяет учитывать его в ограничениях модели предприятия в рамках нормативного подхода. Показано, что задача оптимизации производственной деятельности предприятия с учетом риска в алгоритмическом плане сводится к задаче нелинейного выпуклого программирования и может эффективно решаться с использованием техники множителей Лагранжа. На основе получаемых значений множителей Лагранжа предложено формировать аналитическое выражение функции «затраты- выпуск» и далее решать задачи планирования производственных программ для последующих временных интервалов, пополнения факторов производства, выбора вариантов финансирования производственной деятельности и т.д. Внедрение и адаптация разработанного экономико-математического инструментария проведены на основном производстве крупного машиностроительного предприятия. Полученные результаты продемонстрировали высокую точность оценок риска и корректность принимаемых с их учетом управленческих решений в производственном сегменте предприятия.

D. A. Maksimov

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, e-mail: maksimovdenis@mail.ru

MODELING OF PRODUCTION ACTIVITIES OF THE ENTERPRISE TAKING INTO ACCOUNT THE RISK OF THE PRODUCTION PROGRAM

Keywords: enterprise production activity, production program, market risk, production efficiency, enterprise production program model, risk restriction, linear models, nonlinear models, Kuhn-Tucker theorem, continuous optimization problems, discrete optimization problems, parametric programming.

The article deals with the problem statement, mathematical models and methods for selecting the optimal gross margin income criterion and with production and technological, financial and resource, market and risk restrictions for the production program of an enterprise implemented in the conditions of volatile commodity, material and financial markets. It is proposed to evaluate the risk by covariance of profitability of products of the production program, which allows us to take it into account in the limitations of the enterprise model within the framework of the regulatory approach. It is shown that the problem of optimizing the production activity of an enterprise taking into account risk in algorithmic terms is reduced to the problem of nonlinear convex programming and can be effectively solved using the Lagrange multiplier technique. Based on the obtained values of Lagrange multipliers, it is proposed to form an analytical expression of the «input – output» function and then solve the problems of planning production programs for subsequent time intervals, replenishment of production factors, choosing options for financing production activities, etc. Implementation and adaptation of the developed economic and mathematical tools were carried out at the main production of a large machine-building enterprise. The results obtained demonstrated high accuracy of risk assessments and the correctness of management decisions taken with their consideration in the production segment of the enterprise.

Ведение

Традиционная модель планово-производственной задачи, широко представленная в публикациях отечественных исследователей (например, Д. Безухова, Е. Дорохиной, Б. Лагоши, А. Мищенко,

М. Халикова [5, 10, 12, 14]), отличается детерминированным характером и может быть использована в условиях невысокой изменчивости товарных, материальных и финансовых рынков. В случае нестабильных рынков, характеризую-

щихся высокой изменчивостью спроса и цен, сфера приложения статичных моделей ограничивается, как правило, краткосрочным интервалом планирования.

С другой стороны, для моделей «рюкзачного» типа, к которым относится и указанная модель, эффективным способом учета динамики экзогенных параметров является подход, основанный на использовании в моделях альтернативного доходности критерия рыночно-го риска производственной программы.

Методологическая основа исследования

Методологическую основу работы составили труды отечественных и зарубежных ученых и исследователей-практиков по проблемам:

- экономико-математического моделирования производственной деятельности предприятия в условиях стабильной макроэкономической среды [2, 4, 10, 12];
- экономико-математического моделирования производственной деятельности предприятия в условиях изменчивой макроэкономической среды [5, 6, 14];
- построения моделей производственной функции предприятия в статичном и динамическом вариантах [4, 6, 9];
- оценки и учета затрат на производство машиностроительной продукции в рамках управленческого учета и сегментарной отчетности [1];
- построения моделей и выбора численных алгоритмов задач линейной и нелинейной оптимизации в сфере моделирования производственных и инвестиционных программ на уровне предприятий и производственных комплексов [3, 7];
- оценки и управления риском производственных предприятий и бизнес-единиц [8, 11, 13-18];
- построения моделей производственной функции предприятия в статичном и динамическом вариантах [7, 8, 15];
- институциональных преобразований в экономике хозяйствующих субъектов и инициируемых ими особенностей внутрифирменной деятельности российских промышленных предприятий на этапах завершения рыночных реформ [13, 14, 17, 19].

Цель и задачи исследования связаны с разработкой и адаптацией моделей

и методов выбора оптимальной производственной программы предприятия с учетом дополнительного ограничения на допустимый риск.

Результаты исследования и обсуждение

В теории портфеля под риском понимается отклонение доходности портфеля от планируемого значения. Несомненным достоинством этого подхода, подтвержденным экономической практикой, начиная с момента публикации работы Г. Марковица, является удовлетворительная точность управленческих решений, принимаемых на основе информации о изменении экзогенных параметров за достаточно непродолжительный период наблюдений.

Рассмотрим один из возможных подходов к учету риска производственной программы в модели выбора оптимального варианта производственной деятельности предприятия.

Введем следующие обозначения:

T – число временных интервалов, на которых фиксировались значения доходности (прибыльности) изделий производственной программы;

$$\bar{c}_i = \frac{\sum_{t=1}^T c_i^{(t)}}{T}, \quad (i = \overline{1, N})$$

– средний за период наблюдений удельный маржинальный доход производства и реализации ед. продукции вида i ;

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T (c_i^{(t)} - \bar{c}_i)^2}{T}}$$

– дисперсия доходности продукции i -го вида за период наблюдений;

$$\text{cov}(i_1; i_2) = \left[\frac{\sum_{t=1}^T (c_{i_1}^{(t)} - \bar{c}_{i_1}) \cdot (c_{i_2}^{(t)} - \bar{c}_{i_2})}{T \cdot \sigma_{i_1} \cdot \sigma_{i_2}} \right]$$

– ковариация доходностей продукции видов i_1 и i_2 ($i_1, i_2 = \overline{1, N}$) за период наблюдений;

$$w_i^{(t)} = \frac{y_i^{(t)}}{\sum_{i=1}^N y_i^{(t)}}$$

– доля продукции i -го вида в производственной программе в периоде t ;

$\bar{\sigma}_i$ – пороговое (допустимое) значение риска производственной программы для периода t .

В этих обозначениях ограничение на риск производственной программы может быть представлено неравенством:

$$\sum_{i_1}^N \sum_{i_2}^N w_{i_1}^{(t)} \cdot \sigma_{i_1} \cdot w_{i_2}^{(t)} \cdot \sigma_{i_2} \cdot \text{cov}(i_1; i_2) \leq \bar{\sigma}_t^2 \quad (3.1)$$

или

$$\sum_{i_1}^N \sum_{i_2}^N y_{i_1}^{(t)} \cdot \sigma_{i_1} \cdot y_{i_2}^{(t)} \cdot \sigma_{i_2} \cdot \text{cov}(i_1; i_2) \leq \bar{\sigma}_t^2 \cdot \left[\sum_{i=1}^N y_i^{(t)} \right]^2, \quad (3.1')$$

а в записи критерия следует учитывать не прогнозируемую, а среднюю (за период наблюдений) доходность изделий производственной программы:

$$\sum_{i=1}^N \bar{c}_i \cdot y_i^{(t)} + \omega_t \alpha_t \rightarrow \max. \quad (2.1'')$$

Включение в модель (2.1''), (2.15'), (2.18'), (2.23'), (2.25), (2.26') ограничения (3.1) переводит ее в класс задач нелинейной дискретной оптимизации большой размерности. Как известно, эти задачи относятся к NP-полным, отличающимся отсутствием универсальных численных методов поиска оптимального решения. В связи с этим используются методы, учитывающие специфику постановки задачи или особенности ее математической формализации.

Рассмотрим задачу оптимизации производственной деятельности предприятия с учетом ограничения на риск производственной программы в непрерывной постановке:

$$\sum_{i=1}^N \bar{c}_i \cdot y_i^{(t)} + \omega_t \alpha_t \rightarrow \max; \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^N t_{ik}^{(t)} \cdot y_i^{(t)} \leq \tau_k^{(t)}, (k = \overline{1, K}); \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^N VC_i^{(t)} \cdot y_i^{(t)} + \alpha_t \leq F_{COK}^{t-1} - FC_t; \quad (3)$$

$$-W_t \leq \alpha_t \leq 0; \quad (4)$$

$$\bar{y}_i^{(t)} \leq y_i^{(t)} \leq Pt_i^{(t)}, (i = \overline{1, N}); \quad (5)$$

$$\sum_{i_1}^N \sum_{i_2}^N w_{i_1}^{(t)} \cdot \sigma_{i_1} \cdot w_{i_2}^{(t)} \cdot \sigma_{i_2} \cdot \text{cov}(i_1; i_2) \leq \bar{\sigma}_t^2; \quad (6)$$

$$y_i^{(t)} \geq 0, \alpha_t \leq 0. \quad (7)$$

Отметим, что в модели (1)-(7) функционал и ограничения являются выпуклыми, дважды дифференцируемыми функциями, то открывает возможность использования в численной процедуре оптимизации метода множителей Лагранжа.

Параметрическое представление «затраты-выпуск» и задачи выбора производственной стратегии предприятия.

Составим функцию Лагранжа $L(y_1, y_2, \dots, y_N, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5)$:

$$L = -\sum_{i=1}^N \bar{c}_i \cdot y_i^{(t)} - \omega_t \alpha_t + \lambda_1 \cdot \left(\tau_k^{(t)} - \sum_{i=1}^N t_{ik}^{(t)} \cdot y_i^{(t)} - d_1 \right) + \lambda_2 \cdot \left(F_{COK}^{t-1} - FC_t - \sum_{i=1}^N VC_i^{(t)} \cdot y_i^{(t)} - \alpha_t - d_2 \right) + \lambda_3 \cdot (W_t + \alpha_t - d_3) + \lambda_4 \cdot (Pt_i^{(t)} - y_i^{(t)} - d_4) + \lambda_5 \cdot \left(\bar{\sigma}_t^2 - \sum_{i_1}^N \sum_{i_2}^N w_{i_1}^{(t)} \cdot \sigma_{i_1} \cdot w_{i_2}^{(t)} \cdot \sigma_{i_2} \cdot \text{cov}(i_1; i_2) - d_5 \right). \quad (3.2)$$

$$\frac{\partial L}{\partial y_i^{(t)}} = -\sum_{i=1}^N \bar{c}_i + \lambda_1 \cdot \sum_{i=1}^N t_{ik}^{(t)} - \lambda_2 \cdot \sum_{i=1}^N VC_i^{(t)} - \lambda_4 - \lambda_5 \cdot \left(\sum_{i_1}^N \sum_{i_2}^N w_{i_1}^{(t)} \cdot \sigma_{i_1} \cdot w_{i_2}^{(t)} \cdot \sigma_{i_2} \cdot \text{cov}(i_1; i_2) \right) = 0; \quad (8)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \alpha_t} = -\omega_t - \lambda_2 + \lambda_3 = 0; \quad (9)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_1} = \tau_k^{(t)} - \sum_{i=1}^N t_{ik}^{(t)} \cdot y_i^{(t)} = 0; \quad (10)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_2} = F_{COK}^{t-1} - FC_t - \sum_{i=1}^N VC_i^{(t)} \cdot y_i^{(t)} - \alpha_t - d_2 = 0; \quad (11)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_3} = W_t + \alpha_t - d_3 = 0; \quad (12)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_4} = Pt_i^{(t)} - y_i^{(t)} - d_4 = 0; \quad (13)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_5} = \bar{\sigma}_t^2 - \sum_{i_1}^N \sum_{i_2}^N w_{i_1}^{(t)} \cdot \sigma_{i_1} \cdot w_{i_2}^{(t)} \cdot \sigma_{i_2} \cdot \text{cov}(i_1; i_2) - d_5 = 0. \quad (14)$$

Согласно теореме Куна-Таккера: $\lambda_i \cdot d_i = 0$.

Если $d_i = 0 \Rightarrow \lambda_i > 0$ – ресурс дефицитен

Если $d_i > 0 \Rightarrow \lambda_i = 0$ – ресурс недефицитен

Опишем генерируемую ПФ с использованием следующих обозначений:

$\bar{B}_t = (b_1^{(t)}, \dots, b_j^{(t)}, \dots, b_j^{(t)})$ – вектор ограничений, $\bar{U}_t = (u_1^{(t)}, \dots, u_j^{(t)}, \dots, u_j^{(t)})$ – вектор двойственных оценок задачи (1)–(7).

Представим функцию «выпуск-затраты» в виде:

$$F_t = \sum_{j=1}^J b_j^{(t)} \cdot u_j^{(t)}. \quad (15)$$

Модель (1)–(7) формирования производственной стратегии предприятия и построенная с использованием множителей Лагранжа функция «затраты-выпуск» (15) открывают перспективы решения следующих задач:

- анализ эффективности использования собственного и заёмного капиталов с учётом запланированного экономического результата производственной деятельности;
- определение норм замены ресурсов при планировании деятельности предприятия;
- определение изменения валового дохода при изменении принимаемого риска в финансовой и производственной сферах деятельности.

Продемонстрируем подходы к решению перечисленных задач.

Обозначим предельную норму замены i -го фактора j -ым как R_{ij} . Она обратно пропорциональна предельным отдам факторов:

$$R_{ij} = \frac{db_j^{(t)}}{db_i^{(t)}} = -\frac{\lambda_i}{\lambda_j}. \quad (16)$$

Однако на практике в расчетах замены факторов необходимо последнее группировать в однородные классы, например, «заемные – собственные средства».

В этом случае можно рассчитать показатели нормы их замены:

$$\frac{d(F_{COK}^{t-1} - FC_t)}{dW_t} = -\frac{\lambda_3}{\lambda_2}. \quad (17)$$

В свою очередь, полученное соотношение дает возможность оценить взаимозависимость между заёмным и собственным финансированием производственной деятельности предприятия и сформировать кредитную политику предприятия.

Для проведения ретроспективного анализа экономического результата необходимо рассчитать прирост экономического эффекта, который может быть получен в результате роста составляющих производственного капитала:

$$\Delta CF^{(t)} = \sum_{j=1}^J \Delta b_j^{(t)} \cdot \lambda_j, \quad (18)$$

где $\Delta CF^{(t)}$ – прирост денежного потока;

$\sum_{j=1}^J \Delta b_j^{(t)}$ – прирост факторов.

Практические расчеты вариантов производственных программ с учетом риска.

Расчеты, связанные с выбором оптимального варианта производственной программы предприятия с учетом риска, проводились на базе ФГУП «НИИЭМП».

В рамках конверсии одноименное научно-производственное объединение перешло на выпуск пользующихся спросом приборов для топливно-энергетического комплекса, автомобильной электроники и школьное оборудование.

В настоящее время предложена концепция развития института на ближайшие десять лет, которая включает разработку нового поколения приборов в интересах естественных монополий и собственных нужд, связанных с модернизацией метрологической и испытательной базы.

С целью увеличения объемов производства до уровня предполагаемого спроса, а также для расширения ассортимента выпускаемой продукции принято решение о привлечении заемного финансирования.

При рассмотрении задачи оптимального управления заемным капиталом предполагалось, что цена изделия, затраты на производство продукции, спрос и др. параметры являются заранее известными величинами. Однако в действительности эти параметры распределены по случайному закону. В связи с этим особый интерес представляют модели стохастической оптимизации.

Как и выше, риск производственной программы предлагается оценивать дисперсией маржинального дохода.

Предположим, что маржинальный доход ед. реализованной продукции i -го вида является дискретной случайной величиной, которая принимает значения с вероятностью, указанной в табл. 1.

Сформулируем двухкритериальную задачу о распределении кредитных ресурсов на максимум прибыли и минимум риска портфельных закупок материальных ресурсов.

Исходные данные приведены в табл. 2 (производственная база предприятия), в табл. 3 и 4 (затраты ресурсов на производство ед. продукции), и в табл. 5 (стоимость ед. ресурса). Исходя из требования возвратности кредита в 2 000 000 руб. и ставки 15% годовых, минимальное значение маржинального дохода – 2 300 000 руб.

Задача минимизации риска производственной программы при ограничении на доходность представлена ниже – объемами выпускаемой продукции (табл. 6) и производственных ресурсов производства (табл. 7).

Из данных табл. 7 следует, что в условиях неопределенности следует отказаться от производства изделия K427PA5T, что связано с высокими удельными затратами и недостаточностью кредита.

Таблица 1

Наименование изделия	МД с вероятностью 0,69	МД с вероятностью 0,04	МД с вероятностью 0,57	МД с вероятностью 0,23
НР1-17	255,93	276,4	253,37	273,64
НР1-22	231,84	250,39	229,52	247,88
НР1-33	243,28	262,74	240,85	260,11
НР1-43	240,81	260,07	238,4	257,47
НР1-53	900,48	972,52	891,48	962,79
НР1-54	335,84	362,71	332,48	359,08
НР1-55	160,78	173,64	159,17	171,91
НР1-60	386,51	417,43	382,64	413,26
313НР310-311	248,33	268,2	245,85	265,51
ТРП	175,52	189,56	173,76	187,67
427ПА2	1512,3	1633,28	1497,18	1616,95
427ПА4	1860,99	2009,87	1842,38	1989,77
К427ПА5Т	1816,26	1961,56	1798,1	1941,95

Таблица 2

Технологические пределы (операции)	Время загрузки, (час)	Время эффективного использования, (час)	Количество, (ед.)
УВН71-ПЗ	0,23	13867	1
Термокамера	0,8	13867	3
Термостат	0,22	13867	3
Установка сварки	0,11	13867	3
Установка совмещения и экспонирования	0,1	13867	5

Таблица 3

Производственный фактор	Заграты по изделиям (кг, м)							
	НР1-17	НР1-22	НР1-33	НР1-43	НР1-53	НР1-54	НР1-55	НР1-60
Кермет К20С	1,7E-05	0,00001	1,5E-05	1,7E-05	5E-06	7E-06	3E-06	9E-07
Дозированные гранулы алюминия	3,2E-05	1,9E-05	2,9E-05	3,2E-05	9,6E-06	1,4E-05	5,7E-06	1,7E-06
Краска черная МА-514	0,00004	2,4E-05	0,00004	0,00004	0,00002	0,00002	0	0
Лак ЭП-730	0,00024		0,00024	0,00024	0,0001	0,0001	0	0,0001
Паста У2	3,7E-05	6,1E-06	6,1E-06	3,7E-05	0,00037	0,00026	0,00015	0
Катализатор № 28	8E-07	1,2E-06	1,2E-06	8E-07	8E-06	8E-06	5E-06	3E-06
Гидрофобизир. жид. 136-41	8E-07	1,2E-06	1,2E-06	8E-07	8E-06	8E-06	5E-06	3E-06
Толуол	1,1E-05	0,00004		1,1E-05	0,00011	0,00011	7,9E-05	4,5E-05
Алюминиевая проволока АК 0,9 ПМ-50	0	0,00024	0,00047	2,6E-06	0,00069	0,00092	0,00572	0,00015

Таблица 4

Производственный фактор	Заграты по изделиям (кг, м)				
	313НР310-311	ТРП	427ПА2	427ПА4	К427ПА5Т
Кермет К20С	0,00004	0,0000045	0,000038	0,000038	0,000227
Дозированные гранулы алюминия	0,000083	0	0,000073	0	0,000125
Краска черная МА-514	0,00005	0	0,0000384	0,0000384	0
Лак ЭП-730	0	0	0,0002	0,0002	
Паста У2	0,000175	0	0,0000061	0,0000061	0,000148

Окончание табл. 4

Производственный фактор	Заграты по изделиям (кг, м)				
	313НР310-311	ТРП	427ПА2	427ПА4	К427ПА5Т
Катализатор № 28	0	0	0,0000012	0,0000012	0,0000032
Гидрофоби-зир. жид. 136-41	0	0	0,0000012	0,0000012	0,0000454
Толуол	0	0	0,00004	0,00004	0,0000454
Алюминиевая проволока АК 0,9 ПМ-50	0	0	0,001188	0,0000008	0,24
Нефрас - С 50/170	0	0	0	0	0,00033
Припой ПОС-61	0,000143	0,002	0,000182	0	0
Канифоль сосновая	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Подложка ситалловая СТ 50-1-1-0,6	0,183	0,044	0,183	0,183	0,4036
Проволока кр.Зл. 999,9-0,04	0,0000016	0	0	0	0
Аноды серебряные	0,0000394	0	0	0	0
Дицианоар-гентат калия	0,0000727	0	0	0	0
Прессматериал АГ-4В	0,00293	0	0	0	0
Смола эпоксидная ЭД- 20	0,000125	0	0,000049	0,000052	0,000021
Пластикат ДБФ	0,000012	0	0	0	0
Полиэтилен-полиамин	0,000012	0	0	0	0
Ситалл ЭА-1-Б	0,000125	0	0	0	0
Компаунд КЭ-14В	0,000312	0	0	0	0
Лента Л63 ДПрНТ 0,15	0,00204	0	0	0	0
Проволока медная 0 0,6	0	0,003	0	0	0
Кристалл Б572ППП-4	0	0	1	0	1
Никель НПА-1	0	0	0,000179	0	0
Гелий	0	0	0	0	0,002

Таблица 5

Наименование ресурса	Цена (руб.)
Кермет К20С	1534
Дозированные гранулы алюминия	825
Краска черная МА-514	4000
Лак ЭП-730	305
Паста У2	349,6
Гидрофобизир. жид. 136-41	600
Толуол	144,27
Алюминиевая проволока АК 0,9 ПМ-50	0,85
Нефрас - С 50/170	55,6
Припой ПОС-61	351,69
Канифоль сосновая	150
Подложка ситалловая СТ 50-1-1-0,6	85
Проволока кр.Зл. 999,9 - 0,04	1463,95
Аноды серебряные	18,19
Дицианоаргентат калия	16,65
Прессматериал АГ-4В	250
Смола эпоксидная ЭД-20	149,05
Пластикат ДБФ	261
Полиэтиленполиамин	106,6
Ситалл ЭА-1-Б	5000
Компаунд КЭ-14В	6058
Лента Л63 ДПрНТ 0,15	296,61
Проволока медная 0 0,6	285
Кристалл Б572ППП-4	248,18
Никель НПА-1	932,2
Гелий	712,5

Таблица 6

Наименование изделия	Объем выпуска (шт.)
НР1-17	457
НР1-22	794
НР1-33	350
НР1-43	340
НР1-53	375
НР1-54	802
НР1-55	3678
НР1-60	152
313НР310-311	337
ТРП	327
427ПА2	195
427ПА4	52
К427ПА5Т	0

Таблица 7

Наименование ресурса	Объем закупки (ед.)
Кермет К20С	71
Дозированные гранулы алюминия	39
Краска черная МА-514	187
Лак ЭП-730	15
Паста У2	426
Катализатор № 28	188
Толуол	28
Алюминиевая проволока АК 0,9 ПМ-50	6
Нефрас-С 50/170	400
Припой ПОС-61	400

Окончание табл. 7

Наименование ресурса	Объем закупки (ед.)
Канифоль сосновая	16
Подложка ситалловая СТ 50-1-1-0,6	7
Проволока кр.Зл. 999,9-0,04	125
Аноды серебрянные	125
Дицианоаргентат калия	1
Прессматериал АГ-4В	1
Смола эпоксидная ЭД-20	2
Пластификат ДБФ	2
Полиэтиленполиамин	12
Ситалл ЭА-1-Б	5
Компаунд КЭ-14В	1
Лента Л63 ДПрНТ 0,15	1
Проволока медная 0 0,6	2
Кристалл Б572ПП1-4	2
Никель НПА-1	200
Гелий	200

Ожидаемый валовый маржинальный доход, генерируемый в производственной сфере предприятия в условиях риска, составляет 2,3 млн руб., что заметно ниже результата, полученного для условий стабильной рыночной среды.

Однако даже и для случая недетерминированных экзогенных параметров существует производственная программа,

реализуемая с привлечением заемных средств.

Заключение

В работе представлено описание инструментария экономико-математических моделей и методов выбора оптимального по критерию валового маржинального дохода и с учетом производственно-технологических, финансово-ресурсных, рыночных и рискованных ограничений варианта производственной программы предприятия. Предложен оригинальный подход к моделированию функции «затраты-выпуск», основанный на использовании в качестве двойственных оценок ограничений по производственным факторам и допустимому риску актуальных значений множителей Лагранжа, получаемых при решении соответствующей нелинейной задачи выпуклого программирования. Практическая ценность предложенных подходов и методов оптимизации заключается в возможности прогнозирования дохода, получаемого в производственной сфере предприятия, при изменении уровней внешних и внутренних рисков.

Библиографический список

1. Алёшина И.Ф. Управленческий учет для управленцев // Современные аспекты экономики. 2005. № 13 (80). С. 78-81.
2. Алёшина И.Ф. Моделирование парка оборудования ткацкого производства // Информационные технологии и математические методы в экономике и управлении (ИТиММ-2016). 2016. С. 26-31.
3. Аоки М. Введение в методы оптимизации. Основы и приложения нелинейного программирования. М.: Наука, 1977. 343 с.
4. Бабаян Э.А., Расулов Р.М., Халиков М.А. Динамические модели «затраты-выпуск» // Экономика природопользования. 2013. № 2. С. 3-16.
5. Безухов Д.А., Халиков М.А. Выбор оптимального варианта обновления основного капитала предприятия с учетом рисков производственной сферы // Фундаментальные исследования. 2015. № 4. С. 191-198.
6. Бульшева Т.С., Милорадов К.А. Моделирование рыночной стратегии предприятия. М.: Экзамен, 2008.
7. Горский М.А. Теоретический подход и численный метод поиска квазиоптимального решения нелинейной дискретной задачи большой размерности // Экономический журнал Высшей школы экономики. 2019. Т. 23. № 3. С. 465-482.
8. Гранатуров В.М. Экономический риск: сущность, методы измерения, пути снижения: учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издательство «Дело и Сервис», 2002.
9. Грибов А.Ф. Нелинейная модель оптимизации операционной деятельности предприятия // Фундаментальные исследования. 2016. № 2-1. С. 140-144.
10. Дорохина Е.Ю., Халиков М.А. Моделирование микроэкономики: учебное пособие для вузов / под общ. ред. Н.П. Тихомирова. М.: Экзамен, 2003. 224 с.

11. Загородников С.Н., Максимов Д.А., Халиков М.А. Безопасность предпринимательской деятельности. М.: Советский писатель, 2010.
12. Лагоша Б.А. Оптимальное управление в экономике: теория и приложения: учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. / Б.А. Лагоша, Т.Г. Апалькова. М.: Финансы и статистика, 2008. 224 с.
13. Максимов Д.А., Халиков М.А. Методы оценки и стратегии обеспечения экономической безопасности предприятия. М.: ЗАО « Гриф и К», 2012. 220 с.
14. Мищенко А.В., Сазонова А.С. Методы оптимизации управления кредитными ресурсами предприятия в условиях неопределённости и риска // Финансы и кредит. 2010. № 11(395). С. 14-25.
15. Ступаков В.С., Токаренко Г.С. Риск-менеджмент: учеб. пособие. М.: Финансы и статистика, 2005.
16. Тихомиров Н.П., Дорохина Е.Ю. Эконометрика: учебник. 2-е изд., стереотип. М.: Издательство «Экзамен», 2007.
17. Тихомиров Н.П., Тихомирова Т.М. Риск-анализ в экономике. М.: Экономика, 2010.
18. Шабалина У.М. Модели стратегического планирования производственно-инвестиционной деятельности подразделений вертикально-интегрированного холдинга // Путеводитель предпринимателя. 2017. № 35. С. 305-317.
19. Шабалина У.М. Показатели риска производственной и финансовой сфер предприятий интегрированной группы // Путеводитель предпринимателя. 2017. № 34. С. 305-321.