**Индекс УДК 338.984/ББК 65.054**

**Алферьев Д.А.**

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОГРАММЫ ВЫПУСКА ИННОВАЦИОННОЙ ПРОДУКЦИИ ПРИ НАЛИЧИИ НЕСКОЛЬКИХ ЦЕЛЕВЫХ ЛОКАЛЬНЫХ КРИТЕРИЕВ**

*Оптимизация производственной программы по выпуску инновационного продукта позволяет эффективным образом использовать внутренние ресурсы компании. Но существует ряд проблем, связанных с наличием нескольких единовременных целей к которым стремится предприятие. Данная задача может быть решена при помощи методов линейного программирования.*

*оптимизация, линейное программирование, многозадачность, инновационная деятельность, производство*

Ведение инновационной деятельности организаций сопровождается рядом проблем и задач, которые обнаруживаются при планировании хозяйственной деятельности промышленных предприятий. В соответствии с основными стадиями инновационного процесса (рис. 1) можно выделить ряд принципиально разных явлений, которые требуют по отношению к себе индивидуального подхода и отдельных различных средств, в том числе математического и инструментального характера.

Рисунок 1 – Основные этапы инновационного процесса [12]

Так, для этапа планирования производства и выпуска продукции необходимо оптимизировать производственную программу [5], где под оптимизацией понимается сокращение затрат, полное использование имеющихся ресурсов (штат кадров, сырье и материалы, полуфабрикаты, рабочее время) при заданных ограничениях мощностей, достижение максимальных целевых индикаторов, размещение парка станков и оборудования в пространстве для наиболее эффективного и быстрого их использования и др. В этой связи оптимизация этапа производства инновационной продукции является важной экономической задачей, которую необходимо решить.

Цель данного доклада можно определить, как построение математической оптимизационной модели производственного этапа инновационного процесса. Сопутствующими задачи будут являться:

* построение математической модели производства инноваций при однокритериальном целевом условии;
* построение математической модели при условии многокритериальности.

Представим выручку, затраты, прибыль и рентабельность в виде функциональной зависимости от количества инновационной продукции и товаров старого ассортиментного ряда (при их наличии) в формализованном алгебраическом виде:

|  |  |
| --- | --- |
| $F\_{1}\left(X\right)=\sum\_{i}^{}p\_{i}x\_{i}\rightarrow max$, | (1) |
| $F\_{2}\left(X\right)=\sum\_{i}^{}c\_{i}x\_{i}+C\rightarrow min$, | (2) |
| $F\_{3}\left(X\right)=\sum\_{i}^{}(p\_{i}-c\_{i})x\_{i}-C\rightarrow max$, | (3) |
| $F\_{4}\left(X\right)=\frac{\sum\_{i}^{}(p\_{i}-c\_{i})x\_{i}-C}{\sum\_{i}^{}c\_{i}x\_{i}+C}\rightarrow max$,$X=\left\{x\_{i}\right\}$; $i=\overbar{1, m}$; $m\in N$. | (4) |

где $F\_{k}\left(X\right)$; при $k=\overbar{1, 4}$ – четыре критерия оптимизации:

при $k=1$ – функция выручки;

при $k=2$ – функция затрат;

при $k=3$ – функция прибыли;

при $k=4$ – функция рентабельности производства.

$x\_{i}$ – количество *i*-ой продукции, производимой предприятием (как инновационной, так и старого ассортиментного ряда при его наличии);

$p\_{i}$ – стоимость единицы *i*-ой производимой продукции;

$c\_{i}$ – переменные затраты единицы *i*-ой производимой продукции;

$C$ – постоянные затраты.

Достижение данных целей по отдельности может быть успешно достигнуто даже при наличии различного рода условий. Стремление же к одновременному достижению всех возможных критериев оптимальности на практике является невозможным, так как подобного рода системы имеют противоречащие и взаимокомпенсирующие факторы [6]. Таким образом, при наличии многокритериальности в задаче оптимизации производства, руководителю организации необходимо идти на определенного рода уступки или выработать последовательность выбора приоритетов при наступлении и выполнении в экономической среде различных условий и явлений.

Условиями, ограничивающими достижение целевых функций (1)-(4), могут являться трудовые кадры; нормы расхода сырья, материалов, полуфабрикатов, необходимые для создания продукции; загруженность станкопарка; время выполнения работ; затраты на водоканал и электроэнергию [10] и т.д. Формализованная алгебраическая запись перечисленных факторов выглядит следующим образом:

|  |  |
| --- | --- |
| $\left\{\begin{array}{c}a\_{11}x\_{1}+a\_{21}x\_{2}+…+a\_{m1}x\_{m}\leq b\_{1}\\a\_{12}x\_{1}+a\_{22}x\_{2}+…+a\_{m2}x\_{m}\leq b\_{2}\\…\\a\_{1n}x\_{1}+a\_{2n}x\_{2}+…+a\_{mn}x\_{m}\leq b\_{n}\end{array}\right.$,$j=\overbar{1, n}$; $n\in N$, | (5) |
| $x\_{i}\geq 0$, | (6) |

где $a\_{ij}$ – норма использования на единицу *i*-ой продукции *j*-го ресурса;

$b\_{j}$ – запас *j*-го ресурса.

Дополнительным условием при создании инновационного продукта может быть использование продукции старого ассортиментного ряда в новой отлаженной производственной цепочке [4]. Алгебраическая запись данного ограничения выглядит следующим образом:

|  |  |
| --- | --- |
| $x\_{i}\geq y\_{i}+\sum\_{l=1}^{m}z\_{il}x\_{l}$,$l=\overbar{1, m}$, | (7) |

где $y\_{i}$ – конечное потребление *i*-ой продукции;

$z\_{il}$ – использование *i*-ой продукции при производстве единицы *l*-ой продукции;

$x\_{l}$ – количество *l*-ой продукции, где *l* является новой последовательностью аналогичной последовательности *i*.

Конечная математическая модель оптимизации выпуска продукции промышленного предприятия при единственном критерии оптимальности в целостном виде представляет собой запись:

|  |  |
| --- | --- |
| $F\_{k}\left(X\right)\rightarrow \left[\begin{matrix}max\\min\end{matrix}\right.$,$\left\{\begin{array}{c}\sum\_{i=1}^{m}a\_{ij}x\_{i}\leq b\_{j} \\x\_{i}\geq y\_{i}+\sum\_{l=1}^{m}z\_{il}x\_{l}\end{array}\right.$,$x\_{i}\geq 0$. | (8) |

При наличии одновременного достижения целей по нескольким локальным критериям, как уже было отмечено ранее, возникает серьезная проблема. Очевидно, что подобная ситуация невозможна. Точнее реализация одновременного выполнения всех поставленных целей не может быть осуществлена при едином плане производства продукции. Выход заключается в том, что следует прибегнуть к наиболее удовлетворяющему нас компромиссу.

Для решения данной ситуации могут быть использованы разделы теории игр связанные с антагонистическими играми с природой [1].

Для формирования компромиссного плана используем критерий Вальда [9].

Тогда пусть $f\_{1}$, $f\_{2}$, …, $f\_{s}$ – заданные веса разных, найденных при решении однокритериальных задач вариантов производственных планов. При этом $s\leq k$, а сумма $f\_{1}+f\_{2}+…+f\_{s}=1$; $f\_{1}\geq 0$, $f\_{2}\geq 0$, …, $f\_{s}\geq 0$.

Из этого следует $\left(F\_{1}\left(X\right)=max\right)-(F\_{1}^{1}∙f\_{1}+F\_{1}^{2}∙f\_{2}+…+F\_{1}^{s}∙f\_{s})$, где степень функции $F\_{k}$ – номер оптимального плана при соответствующем ему оптимуме. Данное выражение является отклонением по выручке от реализации продукции инновационного характера и старого ассортимента при компромиссном плане от максимальной. Аналогичным образом найдем оставшиеся отклонения.

$\left(F\_{2}^{1}∙f\_{1}+F\_{2}^{2}∙f\_{2}+…+F\_{2}^{s}∙f\_{s}\right)-(F\_{2}\left(X\right)=min)$ – отклонение затрат при компромиссном плане от минимальных;

$\left(F\_{3}\left(X\right)=max\right)-(F\_{3}^{1}∙f\_{1}+F\_{3}^{2}∙f\_{2}+…+F\_{3}^{s}∙f\_{s})$ – отклонение прибыли от максимальной;

$\left(F\_{4}\left(X\right)=max\right)-(F\_{4}^{1}∙f\_{1}+F\_{4}^{2}∙f\_{2}+…+F\_{4}^{s}∙f\_{s})$ – отклонение рентабельности производства от максимальной.

Если максимальное из рассмотренных отклонений равно $e$ при $e\geq 0$, то выполняются условия:

|  |  |
| --- | --- |
| $\left\{\begin{matrix}\left(F\_{1}\left(X\right)=max\right)-(F\_{1}^{1}∙f\_{1}+F\_{1}^{2}∙f\_{2}+…+F\_{1}^{s}∙f\_{s})\leq e\\\left(F\_{2}^{1}∙f\_{1}+F\_{2}^{2}∙f\_{2}+…+F\_{2}^{s}∙f\_{s}\right)-(F\_{2}\left(X\right)=min)\leq e\\\left(F\_{3}\left(X\right)=max\right)-(F\_{3}^{1}∙f\_{1}+F\_{3}^{2}∙f\_{2}+…+F\_{3}^{s}∙f\_{s})\leq e\\\left(F\_{4}\left(X\right)=max\right)-(F\_{4}^{1}∙f\_{1}+F\_{4}^{2}∙f\_{2}+…+F\_{4}^{s}∙f\_{s})\leq e\end{matrix}\right.$. | (9) |

Чтобы $e$ было минимальным существует такая функция $F\left(f, e\right)=e\rightarrow min$. При данных условиях имеет место быть новая задача линейного программирования аналогичная тем, что построены для нахождения оптимального производственного плана при едином заданном локальном критерии. Общий алгебраический вид новой задачи будет выглядеть как:

|  |  |
| --- | --- |
| $F\left(f\right)=e\rightarrow min$,$\left\{\begin{matrix}\left.F\_{1}^{1}∙f\_{1}+F\_{1}^{2}∙f\_{2}+…+F\_{1}^{s}∙f\_{s}\right.+e\geq \left.F\_{1}\left(X\right)=max\right.\\\left.F\_{2}^{1}∙f\_{1}+F\_{2}^{2}∙f\_{2}+…+F\_{2}^{s}∙f\_{s}\right.-e\leq F\_{2}\left(X\right)=min\\\left.F\_{3}^{1}∙f\_{1}+F\_{3}^{2}∙f\_{2}+…+F\_{3}^{s}∙f\_{s}\right.+e\geq \left.F\_{3}\left(X\right)=max\right.\\\left.F\_{4}^{1}∙f\_{1}+F\_{4}^{2}∙f\_{2}+…+F\_{4}^{s}∙f\_{s}\right.+e\geq \left.F\_{3}\left(X\right)=max\right.\\f\_{1}+f\_{2}+…+f\_{s}=1 \end{matrix}\right.$,$f\_{1}\geq 0$, $f\_{2}\geq 0$, …, $f\_{s}\geq 0$, $e\geq 0$ | (10) |

Таким образом, найдя веса $f\_{1}$, $f\_{2}$, …, $f\_{s}$, можно вычислить значения объемов выпуска инновационной продукции при компромиссном плане.

Данные модели могут быть использованы в хозяйственной деятельности промышленных предприятий для обоснования выпуска производства инновационной продукции. Дальнейшими направлениями математического моделирования в планировании производственного этапа инновационного процесса может быть поиск дополнительных путей решения при условии достижения нескольких целей одновременно.

**Список литературы**

1. Диксит, А.К. Теория игр. Искусство стратегического мышления в бизнесе и жизни [Текст] / А.К. Диксит, Б.Д. Нейлбафф. – Издательство : Манн, Иванов и Фербер, 2016. – 494 с.

2. Лукин, Е.В. Направления использования межотраслевого баланса в анализе и моделировании развития социально-экономических систем [Электронный ресурс] / Е.В. Лукин // Вопросы территориального развития. – 2017. - № 1 (36). – Режим доступа: http://vtr.vscc.ac.ru/article/2125/full?\_lang=ru

3. Мазилов, Е.А. Организационно-экономический механизм управления промышленным комплексом как инструмент развития экономики региона / Е.А. Мазилов, К.А. Гулин // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2015. – № 3. – C. 71-84.

4. Мазилов, Е.А. Развитие промышленного комплекса в контексте модернизации экономики региона [Текст]: монография / Е.А. Мазилов. – Вологда: ИСЭРТ РАН, 2015. – 168 c.

5. Петросян, Л. Теория игр [Текст] / Л. Петросян. – 2-е изд. – СПб. : БХВ-Петербург, 2012. – 424 с.

6. Сорокина, Е.А. Теория факторов производства и доходов от них, получаемых и распределяемых между субъектами промышленных корпораций [Электронный ресурс] / Е.А. Сорокина // Вестник Челябинского государственного университета. – 2011. – № 32 (247). – С. 29-32. – Режим доступа: http://www.lib.csu.ru/vch/247/005.pdf

7. Теребова, С.В. Активизация инновационного процесса в регионе [Текст]: монография / С.В. Теребова, Е.С. Губанова. – Вологда: ВНКЦ ЦЭМИ РАН, 2009. – 179 c.

**Информация об авторе**

Алферьев Дмитрий Александрович (Российская Федерация, Вологда) – ИСЭРТ РАН (Россия, 160014, г. Вологда, ул. Горького, д. 56а, common@vscc.ac.ru).

**Alferev D.A.**

**OPTIMIZATION OF THE PROGRAM FOR THE RELEASE OF INNOVATION PRODUCTS OF INDUSTRIAL ENTERPRISES, SUBJECT TO THE ACHIEVEMENT OF SEVERAL NON-RECURRING OBJECTIVES**

*Optimization of the production program for the release of an innovative product allows to effectively use the internal resources of the company, obtain from them the greatest economic effect and reduce costs. This problem can be solved with the help of linear programming methods.*

*optimization, linear programming, multitasking, innovation, production*

**Information about the author**

Alferev Dmitry Alexandrovich (Russian Federation, Vologda) – ISEDT RAS (56A, Gorky Street, Vologda, 160014, Russia, common@vscc.ac.ru).

**Bibliography**

1. Dixit, A.K. Game theory. The art of strategic thinking in business and life [Text] / А.К. Dixit, B.D. Neilbaff. – Publisher: Mann, Ivanov and Ferber, 2016. – 494 p.

2. Lukin, E.V. Directions of using the interbranch balance in the analysis and modeling of the development of socio-economic systems [Electronic resource] / E.V. Lukin // Issues of territorial development. – 2017. – No. 1 (36). – Access mode: http://vtr.vscc.ac.ru/article/2125/full?\_lang=en

3. Mazilov, E.A. Organizational and economic mechanism of industrial complex management as an instrument of economic development of the region / Е.А. Mazilov, K.A. Gulin // Economic and social changes: facts, trends, forecast. – 2015. – No. 3. – P. 71-84.

4. Mazilov, E.A Development of the industrial complex in the context of modernization of the region's economy [Text]: monograph / Е.А. Mazilov. – Vologda: ISEDT RAS, 2015. – 168 p.

5. Petrosyan, L. The theory of games [Text] / L. Petrosyan. - 2 nd ed. - St. Petersburg. : BHV-Petersburg, 2012. – 424 p.

6. Sorokina, E.A. The theory of factors of production and income from them, obtained and distributed between subjects of industrial corporations [Electronic resource] / Е.А. Sorokin //

7. Terebova, S.V. Activation of the innovation process in the region [Text]: monograph / S.V. Terebova, E.S. Gubanov. – Vologda: VNKTS CEMI RAS, 2009. – 179 p.