ЭКОНОМИКА: ПРОБЛЕМЫ, РЕШЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

УДК 338.984 JEL D24 DOI 10.26425/1816-4277-2019-12-92-101

Алферьев Дмитрий Александрович
научный сотрудник, ФГБУН «Вологодский научный центр Российской академии наук», г. Вологда, Российская Федерация
ORCID: *0000-0003-3511-7228*
e-mail: *alferev_1991@mail.ru*

Кремин Александр Евгеньевич
канд. экон. наук, ФГБУН «Вологодский научный центр Российской академии наук», г. Вологда, Российская Федерация
ORCID: *0000-0001-9405-2255*
e-mail: *akremin@inbox.ru*

МНОГОЦЕЛЕВАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОГРАММЫ ВЫПУСКА ПРОДУКЦИИ

Аннотация. *Представлена модель оптимального производственного плана промышленного предприятия, формализующая его производственную программу. Приведен пример ее решения методом минимизации максимально допустимого совокупного отклонения от оптимальных производственных планов, составленных при едином локальном целевом критерии оптимизации. На примере разобран анализ моделирования вариативности в составлении производственной программы и выбор из возможных сценариев тех, которые могут быть успешно реализованы. Помимо озвученного выше метода предложены еще два варианта оптимизации программы, которые можно рассматривать как альтернативные способы решения имеющейся проблемы либо как дополнительные сценарии развития событий. Результаты данной работы будут полезны лицам, занимающимся вопросами рационального и эффективного управления производственными промышленными системами.*

Ключевые слова: *оптимальность, производство, программа выпуска продукции, линейное программирование, многоцелевая оптимизация, планирование, компромисс, максимизация эффективности.*

Цитирование: Алферьев Д.А., Кремин А.Е. Многоцелевая оптимизация программы выпуска продукции// Вестник университета. 2019. № 12. С. 92–101.

Alferev Dmitrii
Research associate, Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences, Vologda, Russia
ORCID: *0000-0003-3511-7228*
e-mail: *alferev_1991@mail.ru*

Kremin Alexander
Candidate of Economic Sciences, Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences, Vologda, Russia
ORCID: *0000-0001-9405-2255*
e-mail: *akremin@inbox.ru*

MULTI-PURPOSE OPTIMIZATION OF THE PRODUCT RELEASE PROGRAM

Abstract. *A model of the optimal production plan of an industrial enterprise, formalizing its production program has been presented. An example of its solution by minimizing the maximum permissible cumulative deviation from optimal production plans, drawn up with a single local target optimization criterion has been adduced. The modeling of variability in the preparation of the production program and the selection from possible scenarios of those, which can actually be successfully implemented, has been analyzed by example. In addition to the method described above, two more options have been proposed for optimizing the program, which can be considered as alternative ways to solve the existing problem, or as additional scenarios for the development of events. The results of this work will be useful to persons, involved in the rational and effective management of industrial production systems.*

Keywords: *optimality, production, product release program, linear programming, multi-purpose optimization, planning, compromise, maximizing efficiency.*

For citation: Alferev D.A., Kremin A.E. Multi-purpose optimization of the product release program (2019) Vestnik universiteta, I. 12, pp. 92–101. doi: 10.26425/1816-4277-2019-12-92-101

В условиях нестабильной социально-экономической ситуации в стране устойчивое развитие компаний является важной задачей, которую необходимо решить для обеспечения благополучия граждан и ускорения темпов научно-технологического развития. Особенно актуальной она становится для промышленных

© Алферьев Д.А., Кремин А.Е., 2019. Статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0. всемирная (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

The Author(s), 2019. This is an open access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

предприятий, поскольку производственные процессы очень разнообразны и диверсифицированы. Их решению посвящен ряд научных публикаций, где рассматриваются проблемы создания продукции, учет затрат, управление персоналом и др. [5; 9; 11; 18]. В свою очередь, это затрагивает оптимизацию, задействованных в производстве элементов, которые формализуются за счет математики в системы алгебраических уравнений и неравенств [3; 4; 8; 13; 14; 19].

При управлении процессом производства возникают проблемы, связанные с оптимизацией взаимосвязей различных явлений и управленческих или технических процедур [6; 10; 12; 15]. Данные задачи имеют конкретные количественные условия, указывающие на конкретное число имеющегося в распоряжении ресурса или использовании одного элемента при изготовлении другого. Также стоит отметить, что оптимизация, особенно в задачах социально-экономического характера, зачастую носит целочисленный характер, что накладывает еще одно дополнительное условие на успешное решение имеющейся проблемы. При формировании системы линейных связей, выраженных в виде неравенств и уравнений, подобного рода задача может быть успешно решена методами линейного программирования [2; 7; 13; 16; 17]. Однако это решение эффективно тогда, когда перед лицом, управляющим производственным процессом, стоит единичная конкретная цель, которую он должен реализовать. На практике же зачастую критерием эффективности является совокупность показателей, которые также необходимо оптимизировать между собой в оптимальной структуре. В этой связи цель данной статьи заключается в совершенствовании подхода к разработке программы выпуска продукции. Для ее достижения определены эффективные способы оптимизации производственного процесса при условии наличия нескольких локальных целей, которые не могут быть успешно реализованы при единовременном выполнении.

В формализованном виде математическая запись задачи при условии единственного (локального) критерия оптимизации и ограничениях по ресурсам имеет следующий вид:

$$F(X) \to \max|\min,$$
$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{n} a_{ik} x_i <=> b_k, \\ x_i \geq Q_i + \sum_{z=1}^{l} \alpha_z x_z, \\ X \geq 0, \end{cases} \tag{1}$$

где $F(X) \to \max|\min$ – локальный целевой критерий оптимизации системы взаимосвязанных элементов множества ; $\sum_{i=1}^{n} a_{ik} x_i <=> b_k$ – ограничение по ресурсу k при его использовании в i-ой продукции; $x_i \geq Q_i + \sum_{z=1}^{l} \alpha_z x_z$ – ограничение на использование i с учетом его конечного потребления и частного норматива; $X \geq 0$ – условие неотрицательности, указывающее на материальный характер производимой продукции, товаров и услуг.

При появлении дополнительного целевого критерия или наличия их совокупности возникает ситуация, связанная с противоречивостью или взаимной компенсацией положительных эффектов:

$$F_j(X) \to \ldots, \tag{2}$$

где индекс j – указывает на наличие нескольких функций, значения которых управляющий стремится достигнуть при реализации изготавливаемой продукции [1].

Таким образом, необходим компромисс, который будет ориентироваться на неопределенность ситуации, в которой находится лицо, принимающее управленческое решение. Посредством правильно выбранной стратегии на дистанции, являющейся совокупностью последовательно реализуемых мер, может быть получен регулярный стабильный экономический эффект, выраженный в виде роста, используемого в процессе оптимизации, капитала.

Для оптимизации производственного плана по нескольким критериям сразу введем обозначение *f*, которое будет указывать на вес каждого из производственных планов, полученных при наличии единственного целевого критерия оптимальности:

$$\sum_j f_j = 1 \text{, при } f_j \geq 0. \tag{3}$$

В одном из вариантов оптимизации по единственному целевому критерию в обязательном порядке получится его максимально возможное или минимальное значение. Соответственно, при выборе другого производственного плана значение оптимального критерия сместится в сторону ухудшения. При выборе компромиссного варианта можно попробовать данное отклонение минимизировать, в связи с чем может быть сформулирована задача минимизации максимально возможного отклонения лучшего результата от других полученных локальных оптимальных планов производственной программы.

$F_{\max}^p - \sum_j F_j^p f_j$ – отклонение максимизированного значения целевой функции по локальному критерию *p* при его альтернативных *j*-х вариантах; $\sum_j F_j^p f_j - F_{\min}^p$ – отклонение от минимального значения целевой функции по локальному критерию *p* при его альтернативных *j*-х вариантах.

Если максимальное из возможных отклонений равно *e*, то:

$$\begin{cases} \left[\begin{array}{l} F_{\max}^p - \sum_j F_j^p f_j \leq e, \\ \sum_j F_j^p f_j - F_{\min}^p \leq e, \end{array}\right. \\ \ldots \\ p = \overline{1,\varphi}; \varphi \in N, \end{cases} \tag{4}$$

где φ – количество локальных критериев, включенных в оптимизацию по минимизации максимального отклонения от оптимальных значений.

В этой связи за новый локальный целевой критерий оптимизации, полученной системы можно принять *e,* стремящееся к своему наименьшему значению ($e \to \min$).

В итоговом варианте (5) получаем новую задачу линейного программирования, которая может быть успешно решена при помощи классического метода оптимизации подобных систем, разработанного Л. В. Канторовичем и именуемого в научной литературе как симплекс-метод:

$$F(f,e) = e \to \min,$$

$$\begin{cases} \left[\begin{array}{l} \sum_j F_j^p f_j + e \geq F_{\max}^p, \\ \sum_j F_j^p f_j - e \leq F_{\min}^p, \end{array}\right. \\ \ldots \\ e \geq 0, \end{cases} \tag{5}$$

$$p = \overline{1,\varphi}; \varphi \in N$$

$$\sum_j f_j = 1, \text{ при } f_j \geq 0.$$

Так как используемые в социально-экономической системе (5) показатели *j* зачастую разнородны (денежные единицы, проценты, нормированные единицы), для ее решения необходимо привести их к единой безразмерной базе измерения:

$$\left.\begin{array}{l} F(f^{н}, e^{н}) = e^{н} \to \min, \\ \begin{cases} \left[\begin{array}{l} \sum\limits_{j} \dfrac{F_j^p}{F_{\max}^p} f_j^{н} + e^{н} \geq 1, \\ \sum\limits_{j} \dfrac{F_j^p}{F_{\min}^p} f_j^{н} - e^{н} \leq 1, \end{array}\right. \\ \ldots \\ e^{н} \geq 0, \end{cases} \\ \qquad p = \overline{1, \varphi}; \varphi \in N, \\ \sum\limits_{j} f_j = 1, \text{ при } f_j \geq 0. \end{array}\right| \Rightarrow x_i = \sum_j x_{ij} f_j^{н}, \tag{6}$$

где x_i – целочисленные значения переменных задачи (1) при реализации компромиссного плана по методу минимизации максимального отклонения при найденных нормированных весах ($f_j^н$) каждого из возможных планов при едином локальном целевом критерии оптимизации (j); x_{ij} – целочисленное значение переменной i при реализации оптимального плана j.

Таким образом, может быть найден компромиссный вариант решения оптимизационной задачи выпуска продукции при условии наличия нескольких целевых показателей эффективности, которые лицо, принимающее управленческие решения, стремится достигнуть и реализовать.

Пример решения подобной дилеммы рассмотрен в одной из работ по линейному программированию [1]. Положительным моментом подобного варианта решения является то, что мы не отдаем приоритет какому-либо из целевых критериев, а, следовательно, снижаем долю субъективизма в рассчитываемой оценке. Но при наличии большого числа целевых показателей может возникнуть ситуация, когда один из критериев компенсирует положительный эффект другого. Для экономических систем это особенно характерно, когда руководитель стремиться снизить производственные издержки. В этой связи возникает ситуация, когда идеальным вариантом оптимальности рассматриваемой системы будет наличие факта отсутствия производства, так как при этом не будет затрачено каких-либо ресурсов, а следовательно, что-либо произведено. Но с точки зрения экономической целесообразности такой вариант не имеет смысла. Поэтому данный критерий должен использоваться отдельно при жесткой ограниченности ресурсов и строгих детерминированных нормативных показателях, выполняемого плана.

Из данной работы можно видеть, что два критерия (выручка и прибыль), хоть они были и заложены в начальный вариант моделируемого компромисса, в итоговый вариант все же не вошли. При этом минимальное отклонение по четырем критериям одновременно также показало довольно большой результат, равный 71,07 %. В связи с этим стоит рассмотреть формирование компромисса с меньшим количеством локальных критериев (табл. 1).

Таблица 1

Интерпретация оптимального плана выпуска продукции при наличии единственного локального целевого критерия оптимизации либо их попарного включения в компромиссный план

Показатель	Пояснение
Наличие единого целевого критерия оптимизации	
Выручка	Необходимо использовать при возможности допущения экономических потерь в краткосрочной перспективе с условием выхода в будущем на более рациональное и устойчивое производство
Затраты	Использовать в случае первостепенного выполнения установленного норматива или детерминированного ограничения на условия выполнения работы

Окончание табл. 1

Показатель	Пояснение
Наличие единого целевого критерия оптимизации	
Прибыль	Использовать в случае большого количества ресурсов, находящихся в обороте или доступных к использованию при условии устойчивой системы производства и сбыта продукции, когда значительный эффект может быть достигнут при увеличении масштабов реализации
Рентабельность	Использовать в случае небольшого количества ресурсов, находящихся в собственном распоряжении, ограничениях в точках сбыта своей продукции, наличии большого количества рыночных барьеров
Использование попарного сопоставления целевых критериев оптимизации	
Выручка + затраты	Наличие выполнения обязательных первостепенных задач с дальнейшей свободой действия, подразумевающей как попытки расширения рынков сбыта, так и улучшение имеющихся на производстве технологий с учетом рисков, компенсирующих потенциальную неудачу от реализации новых методов хозяйствования
Выручка + прибыль	Наращивание объемов производства и выход на новые рынки сбыта без потери качества продукции и сильного изменения их условий реализации
Выручка + рентабельность	Увеличение объемов производства за счет первостепенного улучшения имеющихся в производстве технологий, внедрения в деятельность компании современных средств и методов рационализации управленческих решений
Затраты + прибыль	Первоочередная необходимость выполнения какого-либо норматива с последующей ведением устоявшей апробированной хозяйственной деятельности
Затраты + рентабельность	Первоочередная необходимость выполнения какого-либо норматива с последующей введением в хозяйственную и управленческую практику современных методов, инструментов и технологий производства, способных сократить организационные и производственные затраты
Прибыль + рентабельность	Одновременное масштабирование хозяйственной деятельности предприятия, расширение имеющихся рынков сбыта наряду с внедрением в производство передовых технологий способных сократить издержки производства или повлиять на отдачу от единицы затрат

Составлено авторами по материалам исследования

Помимо перечисленных вариантов также могут быть составлены неповторяющиеся сочетания из троек в совокупном количестве, равном четырем ($C_3^4 = \frac{4!}{3!(4-3)!} = 4$). Этими вариантами являются: «выручка + затраты + прибыль», «выручка + затраты + рентабельность», «выручка + прибыль + рентабельность» и «затраты + прибыль + рентабельность». Хоть их существование и возможно, оно слабо подается какому-либо логическому смысловому описанию. Тем не менее, для извлечения большей информации о происходящей на предприятии ситуации данные варианты могут быть просчитаны и учтены при принятии итогового плана по производству и реализации продукции.

Также стоит отметить, что чем больше условий и ограничений включены в итоговую оценку, тем сложнее найти и реализовать необходимое нам решение. При чем на больших данных добавление их даже небольшого количества может на несколько порядков изменить итоговый ответ, тем самым на практике делая его недостижимым. В этой связи при реализации деятельности, сопряженной с высоким риском неопределенности, стоит учитывать действительно весомые критерии и условия, чтобы обеспечить достижение поставленных целей и задач.

В соответствии с данными, полученными в результате расчета различных вариантов производственного плана (табл. 2), могут быть выбраны более подходящие их интерпретации, которые в большей мере будут успешно реализованы при их непосредственном выполнении. Следует обратить внимание на два следующих момента:

– производственный план, оптимизированный по двум целевым критериям: прибыль и рентабельность. Данная производственная программа имеет второй наилучший результат рентабельности из всех возможных вариантов комбинаций планов (15 штук), оптимизированных по принципу минимизации максимального отклонения от идеально возможных значений. В случае с прибылью она дублирует максимально возможное значение по производственной программе, оптимизированной в соответствии с локально-целевым

критерием прибыли. По сути, она полностью дублирует данный план и имеет минимальное совокупное отклонение от оптимальных программ выпуска продукции, построенных в соответствии с единичными целевыми критериями, включенными в данную совокупную модель. Так как данная программа повторяется дважды, то ее выполнение имеет определенные уступки, и она может быть рассмотрена как реальный положительный сценарий, который действительно может быть реализован в случае соответствующей самоотдачи от рабочего и управляющего персонала, а также своевременного выполнения необходимых работ;

– производственные планы, полученные в соответствии со включением в них в виде целевых функций «затрат и прибыли», «затрат и рентабельности», «выручки, затрат и рентабельности» и «затрат, прибыли и рентабельности», полностью дублируют компромиссную программу выпуска продукции, построенную на основании включения в оптимизационную модель всех возможных локальных целевых критериев. В соответствии с этим, можно выделить данный вариант как наиболее возможный и успешный к реализации (5 совпадений из 15 возможных – 33,(3) %) и ориентироваться на него как на тот вариант, который должен быть выполнен при любых стечениях обстоятельств.

Таблица 2

Компромиссные планы производственной программы промышленного предприятия при включении в них различных вариантов локальных целевых критериев

Комбинация	**выручка + затраты**	**выручка + прибыль**	**выручка + рентабельность**	**затраты + прибыль**	**затраты + рентабельность**	**прибыль + рентабельность**	**выручка + затраты + прибыль**	**выручка + затраты + рентабельность**	**выручка + прибыль + рентабельность**	**затраты + прибыль + рентабельность**
Производство продукции, тыс. шт.										
Ролики	1	4	4	2	2	6	4	2	5	2
Ролики (модификация)	0	4	3	1	1	5	3	1	4	1
Шестерни	4	6	6	2	2	3	6	2	5	2
Объем использования ресурсов										
Трудовые, чел.-год	12	36	34	14	14	40	34	14	38	14
Фторопласт, тыс.кг	9	20	19	7	7	17	19	7	19	7
Станки, станко-смен	11	28	27	11	11	29	27	11	29	11
Результативные показатели										
Выручка, тыс. руб.	82 000	222 000	206 000	78 000	78 000	215 000	206 000	78 000	219 000	78 000
Затраты, тыс. руб.	76 000	189 500	177 500	70 500	70 500	181 250	177 500	70 500	186 750	70 500
Прибыль от реализации, тыс. руб.	6 000	32 500	28 500	7 500	7 500	33 750	28 500	7 500	32 250	7 500
Рентабельность, %	7,89	17,15	16,06	10,64	10,64	18,62	16,06	10,64	17,27	10,64

Окончание табл. 2

Комбинация	**выручка + затраты**	**выручка + прибыль**	**выручка + рентабельность**	**затраты + прибыль**	**затраты + рентабельность**	**прибыль + рентабельность**	**выручка + затраты + прибыль**	**выручка + затраты + рентабельность**	**выручка + прибыль + рентабельность**	**затраты + прибыль + рентабельность**
Минимальное совокупное отклонение от оптимальных планов при едином целевом критерии оптимизации, доли ед.										
$e^н$	0,648	0,0615	0,1071	0,719	0,628	0,0127	0,1071	0,638	0,0705	0,711

Составлено авторами по материалам исследования

Помимо этого стоит в целом отметить оптимизационные модели, которые в своей структуре имеют порядка трех локальных целевых. Заметим, что хоть в итоговой оценке учтено большее количество условий и в соответствии с этим полученный результат будет отвечать одновременно большему числу критериев. Но возможно возникновение следующей ситуации: в каждом из вариантов трех элементных комбинаций выпадает учет одного из планов, составленного по задаче с одноцелевым локальным критерием. В этой связи их дополнительный расчет целесообразен лишь с точки зрения получения совокупной оценки отклонения, которая будет показывать, какой из планов меньше всего будет отклоняться от большего числа оптимальных производственных программ, построенных по одному единственному критерию.

Согласно полученным данным можно смоделировать сценарный прогноз вариативности выполнения оптимальной производственной программы предприятия (табл. 3).

Таблица 3

Сценарии выполнения оптимальной производственной программы предприятия

Продукция	**Обязательный план к выполнению**	**Реальный оптимистичный план**	**Наилучший сценарий**
Производство продукции			При условии внедрения в производство новых технологий, расширения рынков сбыта, сотрудничество с новыми агентами имеющиеся планы могут быть расширены и дополнены новыми условиями в связи с чем могут быть произведены аналогичные расчеты и найдены новые оптимальные варианты решений.
Ролики, тыс. шт.	2	6	
Ролики (модификация), тыс. шт.	1	5	
Шестерни, тыс. шт.	2	3	
Объем использования ресурсов			
Трудовые, чел.-год	14	40	
Фторопласт, тыс.кг	7	17	
Станки, станко-смен	11	29	
Результативные показатели			
Выручка, тыс. руб.	78 000	215 000	
Затраты, тыс. руб.	70 500	181 250	
Прибыль от реализации, тыс. руб.	7 500	33 750	
Рентабельность, %	10,64	18,62	

Составлено авторами по материалам исследования

При наличии эмпирических данных некоторые из критериев могут на основании опыта, полученного в прошлом, либо при реализации аналогичных, схожих проектов, рассматриваться как нормативы (формируются на основе опыта предыдущих лет, либо в виде небольшого числового шага, составляющего процентную

долю от решений, полученных при оптимизации задачи по единственному критерию), а что-то из них может являться доминирующим приоритетом, который необходимо на регулярной основе улучшать (один из целевых локальных критериев оптимизации – j). Таким образом, можно сформулировать еще один вариант компромиссного решения и обозначить его через выделение главенствующего приоритетного критерия:

$$F_{[j]}(X) \to \max | \min,$$

$$\begin{cases} \sum_{i=1} a_{ik} x_i <=> b_k, \\ x_i \geq Q_i + \sum_{z=1}^{l} \alpha_z x_z, \\ X \geq 0, \\ ... <=> F_{\{j\}}(X), \end{cases} \tag{7}$$

где [j] – целевой критерий оптимизируемой системы, который определен как приоритетный и требующий постоянного улучшения; {j} – множество локальных целевых критериев оптимизируемой системы, обозначенных в виде необходимого заданного норматива (на основе эмпирических данных по аналогичным проектам или статистике, собранной в ходе ведения хозяйствующей деятельности экономического субъекта).

Рассмотрим пример, построенный по данным из нашей задачи, где будет максимизирована рентабельность, а остальные критерии оптимизации переместятся в ограничения системы и будут должны быть реализованы хотя бы на 60 % от возможного идеального варианта. В случае с затратами возьмем их на уровне, равном минимально возможному значению, полученному при оптимизации программы по минимизации производственных затрат. В данном примере нормативы условны. Как вариант, могут быть опробованы совокупные минимальные отклонения, полученные в решенной задаче выше (табл. 2).

$$F_{[4]}(X) = \frac{2000x_1 + 4000x_2 + 2250x_3 - 5000}{12000x_1 + 12000x_2 + 14750 + 5000} \to \max,$$

$$\begin{cases} 4x_1 + 2x_2 + 2x_3 \leq 48, \\ x_1 + x_2 + 2x_3 \leq 45, \\ 3x_1 + x_2 + 2x_3 \leq 30, \\ x_1 \geq 1, \\ x_2 \leq 25, \\ 2 \leq x_3 \leq 15, \\ x_1 - 1 \geq x_2, \\ X \geq 0, \\ \\ 14000x_1 + 16000x_2 + 17000x_3 \geq 0.6 \times 235000, \\ 12000x_1 + 12000x_2 + 14750x_3 + 5000 \geq 46500, \\ 2000x_1 + 4000x_2 + 2250x_3 - 5000 \geq 0.6 \times 33750. \end{cases} \tag{8}$$

Решением данной системы будет следующий вариант оптимального плана:

– производство продукции: ролики – 6; ролики (мод.) тыс. шт. – 5; шестерни – 2 тыс. шт.;
– ресурсы: трудовые – 38 чел.-год; фторопласт – 15 тыс. кг; станки – 27 ст.-смен;
– выручка, затраты и прибыль: 198, 166,5 и 31,5 млрд руб. соответственно; рентабельность: 18,92 %.

Недостатком подобного подхода является то, что нормативы могут быть установлены нереализуемыми. Это может быть обусловлено тем, что решение по их ограничению опиралось на экспертное мнение лица, которое имеет недостаточно опыта по изучаемой проблеме.

Данная дилемма может быть решена путем использования алгоритма последовательной уступки при котором в дополнение к определению приоритетного целевого локального критерия оптимальности системы необходимо ранжировать последовательность оставшихся индикаторов в порядке снижения их приоритета по отношению друг к другу. В этом случае в первую очередь необходимо найти оптимальный план при самом

важном целевом критерии. Затем определяется «уступка» Δ, которой необходимо пожертвовать, чтобы оптимизировать план по следующему локальному целевому критерию и так до итогового целевого показателя.

$$F_{[j]}(X) \to \max | \min,$$

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{n} a_{ik} x_i <=> b_k, \\ x_i \geq Q_i + \sum_{z=1}^{l} \alpha_z x_z, \\ X \geq 0, \\ ... <=> F_{\{j\}}(X) - \Delta F_{\{j\}}(X), \end{cases} \quad (9)$$

где $F_{\{j\}}(X)$ – значение целевой функции, которой необходимо пренебречь для реализации оптимального плана по локальному целевому критерию, стоящему в приоритете [j] над данным.

Таким образом, в рамках исследования создан подход к разработке программы выпуска продукции, позволяющий определить варианты решения, которые могут быть использованы как отдельно взятые готовые средства оптимизации производственных процессов компаний, и являются последовательностью уточняющих дополнений, которые при их обязательном использовании смогут снизить риски невыполнения запланированных мероприятий или позволят гибко и оперативно реагировать на сильно изменившиеся экономические условия рынка, на котором производится определенный продукт или выводится какая-либо услуга. Современная экономическая практика при решении сложных социально-экономических проблем эмпирически определяет комплексный подход к решению многовариативных исходов явления. В этой связи в дальнейших исследованиях может найти отражение проработка дополнительных критериев оптимизации (исследования в области теории игр) многокритериальных систем для моделирования еще более гибкой и менее зависимой системы планирования хозяйственных процессов предприятия.

Данная публикация может быть полезна руководящим лицам промышленных предприятий, занимающихся проблемами оптимизации социально-экономических и производственных систем, а также ученым и исследователям по направлению экономико-математического моделирования.

Библиографический список

1. Алферьев, Д. А. Оптимизация производственной программы выпуска инновационной продукции промышленного предприятия//Проблемы развития территории. – 2017. – № 6 (92). – С. 83-93.
2. Алферьев, Д. А. Планирование производства инновационной продукции на основе линейного программирования//Проблемы развития территории. – 2017. – № 2 (88). – С. 165-176.
3. Гасс, С. Линейное программирование (методы и приложения) / Пер. с англ. Е. Г. Гольштейна и М. И. Сушкевича; под ред. Д. Б. Юдина. – М.: Физматлит, 1961. – 304 с.
4. Городжий, А. В., Агишева, Д. К., Зотова, С. А, Матвеева, Т. А. Линейное программирование. Проведение анализа устойчивости найденных оптимальных оценок//Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 5-2. – С. 189-190.
5. Ерохина, О. С., Федорович, Т. В. Обоснование метода учета затрат на производство и калькулирование себестоимости продукции в системе управления затратами//Проблемы учета и финансов. – 2012. – № 2. – С. 51-58.
6. Зак, Ю. А. Прикладные задачи многокритериальной оптимизации. – М.: Экономика, 2014. – 455 с.
7. Канторович, Л. В. Математико-экономические работы. – Новосибирск: Наука, 2011. – 760 с.
8. Лукин, Е. В. О роли межотраслевого баланса в государственном регулировании экономики//Экономические и социальные перемены: факты тенденции, прогноз. – 2017. – Т. 10. – № 3. – С. 41-58. DOI: 10.15838/esc.2017.3.51.2
9. Новожилов, В. В. Проблемы измерения затрат и результатов для оптимального планирования. – М.: Наука, 1972. – 432 с.
10. Ногин, В. Д. Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход. – М.: Физмалит, 2005. – 176 с.
11. Прищенко, Е. А., Низовкина, Н. Г. Совершенствование системы учета затрат и калькулирования себестоимости//Мир экономики и управления. – 2018. – Т. 18. – № 2. – С. 120-131. DOI:10.25205/2542-0429-2018-18-2-120-131
12. Шляга, А. Ю. Многокритериальная оптимизация//Вестник МГУП. – 2016. – № 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/mnogokriterialnaya-optimizatsiya (дата обращения: 19.10.2019).
13. Ярыгина, Л. В., Никитина, Н. А Анализ вариантов производственной программы предприятия при помощи надстройки «Поиск решения» MS Excel. – Вологда: ВоГТУ, 2013. – 48 с.

14. Heifetz, A. Game theory: Interactive Strategies in Economics and Management. – Cambridge University Press, 2012. – 447 p.
15. Kaisa, M. Nonlinear Multiobjective Optimization. – Boston: Kluwer Academic Publishers, 1999. – 299 p.
16. Karloff, H. Linear Programming. – Birkhäuser: Boston, Basel, Berlin, 1991. – 141 p.
17. Rakesh, V. V. Mechanism Design. A Linear Programming Approach. – Cambridge, 2012. – 173 p.
18. Trott, P. Innovation management and new product development. – Prentice Hall, Financial Times, 2008. – 589 p.
19. Vaida, S. Mathematical programming. – N.Y.: Dover publications, Inc., 2009. – 311 p.

References

1. Alfer'ev D. A. Optimizatsiya proizvodstvennoi programmy vypuska innovatsionnoi produktsii promyshlennogo predpriyatiya [*Optimization of the production program for the release of innovative products of an industrial enterprise*], Problemy razvitiya territorii [*Problems of the development of the territory*], 2017, I. 6 (92), pp. 83-93.
2. Alfer'ev D. A. Planirovanie proizvodstva innovatsionnoi produktsii na osnove lineinogo programmirovaniya [*Production planning of innovative products based on linear programming*], Problemy razvitiya territorii [*Problems of Territory`s Development*], 2017, I. 2 (88), pp. 165-176.
3. Gass, S. Lineinoe programmirovanie [*Linear programming*], Moscow, Fizmatlit, 1961, 304 p.
4. Gorodzhii A. V., Agisheva D. K., Zotova S. A, Matveeva T. A. Lineinoe programmirovanie. Provedenie analiza ustoichivosti naidennykh optimal'nykh otsenok [*Linear programming. Stability analysis of the found optimal estimates*], Sovremennye naukoemkie tekhnologii [*Modern High Technologies*], 2014, I. 5-2, pp. 189-190.
5. Erokhina O. S., Fedorovich T. V. Obosnovanie metoda ucheta zatrat na proizvodstvo i kal'kulirovanie sebestoimosti produktsii v sisteme upravleniya zatratami [*Substantiation of the method of cost accounting for production and calculation of production costs in the cost management system*], Problemy ucheta i finansov [*Problems of Accounting and Finance*], 2012, I. 2, pp. 51-58.
6. Zak Yu. A. Prikladnye zadachi mnogokriterial'noi optimizatsii [*Applied problems of multicriteria optimization*], Moscow, Ekonomika, 2014, 455 p.
7. Kantorovich L. V. Matematiko-ekonomicheskie raboty [*Mathematical and economic work*], Novosibirsk, Nauka, 2011, 760 p.
8. Lukin E. V. O roli mezhotraslevogo balansa v gosudarstvennom regulirovanii ekonomiki [*On the role of interindustry balance in state regulation of the economy*], Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty tendentsii, prognoz [*Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*], 2017, Vol. 10, I. 3, pp. 41-58. DOI: 10.15838/esc.2017.3.51.2
9. Novozhilov V. V. Problemy izmereniya zatrat i rezul'tatov dlya optimal'nogo planirovaniya [*Problems of measuring costs and results for optimal planning*], Moscow, Nauka, 1972, 432 p.
10. Nogin V. D. Prinyatie reshenii v mnogokriterial'noi srede: kolichestvennyi podkhod [*Decision making in a multi-criteria environment: a quantitative approach*], Moscow, Fizmalit, 2005, 176 p.
11. Prishchenko E. A., Nizovkina N. G., Sovershenstvovanie sistemy ucheta zatrat i kal'kulirovaniya sebestoimosti [*Improving the system of cost accounting and costing*], Mir ekonomiki i upravleniya [*World of Economics and Management*], 2018, Vol. 18, I. 2, pp. 120-131. DOI :10.25205/2542-0429-2018-18-2-120-131
12. Shlyaga A. Yu. Mnogokriterial'naya optimizatsiya [*Multicriteria optimization*] Vestnik MGUP. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/mnogokriterialnaya-optimizatsiya (accessed 19.10.2019).
13. Yarygina L. V, Nikitina N. A. Analiz variantov proizvodstvennoi programmy predpriyatiya pri pomoshchi nadstroiki "Poisk resheniya" MS Excel [*Analysis of the options for the production program of the enterprise using the add-on "Solution Search" MS Excel*], Vologda, VSTU, 2013, 48 p.
14. Heifetz A. Game theory: Interactive Strategies in Economics and Management, Cambridge University Press, 2012, 447 p.
15. Kaisa M. Nonlinear Multiobjective Optimization, Boston, Kluwer Academic Publishers, 1999, 299 p.
16. Karloff H. Linear Programming, Birkhäuser, Boston, Basel, Berlin, 1991, 141 p.
17. Rakesh V. V. Mechanism Design. A Linear Programming Approach, Cambridge, 2012, 173 p.
18. Trott P. Innovation management and new product development, Prentice Hall, Financial Times, 2008, 589 p.
19. Vaida S. Mathematical programming, New York, Dover publications, Inc., 2009, 311 p.