

УДК 338.242

DOI: [10.26102/2310-6018/2019.27.4.033](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2019.27.4.033)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛОВ В МОДЕЛЯХ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

И.З. Мустаев¹, М.Б. Гузайров², В.Ю. Иванов³, Н.К. Максимова⁴, Т.И. Мустаев⁵

^{1, 2, 5}Уфимский государственный авиационный технический университет,
Уфа, Российская Федерация

³СП «ДБА-инжиниринг», Уфа, Российская Федерация

⁴ПАО Уфимское моторостроительное производственное объединение,
Уфа, Российская Федерация

¹e-mail: fermi_moustaev@mail.ru

²e-mail: mbguzairov@gmail.com

³e-mail: ivanov.vladimir@mail.ru

⁴e-mail: maksimova@umpo.ru

⁵e-mail: tima.mus.1321@gmail.com

Резюме: В статье описана линейная оптимизационная модель, являющаяся интерпретацией модели линейного программирования Л.В. Канторовича. В роли переменных рассматриваются накопленные потенциалы, краткое описание которых дается в работе. Дополнительно приведены модели прогнозного и полного потенциалов. Использование накопленных потенциалов открывает возможности моделирования объектов с большими длительностями жизненных циклов. Это существенно увеличивает область применения инструментов линейного программирования при исследовании социально-экономических систем. Сказанное проиллюстрировано применительно к предприятию машиностроительной сферы деятельности. В частности, проведено сопоставление результатов, полученных по исходным данным и результатов, полученных путем пересчета потенциалов. Особенности динамики потенциалов позволяют решать вопросы использования оптимизационных подходов в условиях высокой волатильности внешней среды, в условиях развивающихся рынков. Описаны модели эффективности и модели норм времени, играющие вспомогательную роль при формировании модели линейного программирования. Дополнительно формализованы показатели потенциальной нормы времени и потенциалоемкости оборудования, используемые в указанной модели. Приведена итоговая модель расчета производственной программы, записанная с использованием потенциалов. Модель отражает оптимальное использование ресурсов и имеет формы прямой и двойственной задач линейного программирования, переформулированных с применением накопленных потенциалов. Модель включает описание потенциалов целевой функции и уравнения, описывающие ресурсные ограничения.

Ключевые слова: линейное программирование, накопленный потенциал, динамическая модель, социофизический объект.

Для цитирования: Мустаев И.З., Гузайров М.Б., Иванов В.Ю., Максимова Н.К., Мустаев Т.И. Использование потенциалов в моделях линейного программирования. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2019;7(4). Доступно по: https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2019/11/MustaevSoavtori_4_19_1.pdf DOI: 10.26102/2310-6018/2019.27.4.033

USING POTENTIALS IN LINEAR PROGRAMMING MODELS

I.Z. Mustaev¹, M.B. Guzairov², V.Y. Ivanov³, N.K. Maksimova⁴, T.I. Mustaev⁵

^{1, 2, 5}Ufa state aviation technical university, Ufa, Russian Federation

³JV «DBA-engineering», Ufa, Russian Federation

⁴PJSC Ufa Engine-Building Production Association, Ufa, Russian Federation

Abstract: The article describes a linear optimization model, which is an interpretation of the linear

programming model of Kantorovich L. V. The accumulated potentials are considered as variables, a brief description of which is given in the paper. Additionally, models of forecasted and full potentials are given. The use of accumulated potentials opens up possibilities for modeling objects with long life cycles. This significantly expands the scope of the linear programming methodology to study the behavior of socio-economic systems in market conditions. The foregoing is illustrated in relation to an enterprise of the engineering field. In particular, a comparison was made of the results obtained from the initial data and the results obtained by recalculating the potentials. Features of the dynamics of accumulated potentials allow us to solve the problem of using optimization approaches in conditions of the high volatility of the external environment, in the conditions of emerging markets. Efficiency models and models of time norms are described, which play an auxiliary role in the formation of a linear programming model. In addition, indicators of the potential time norm and potential intensity of the equipment used in this model are formalized. The final model for calculating the production program written using potentials is presented. The model reflects the optimal use of resources and takes the form of direct and dual linear programming problem reformulated with the use of accumulated potentials. The model includes a description of the potentials of the objective function and equations reflecting the potentials of resource constraints.

Keywords: linear programming, accumulated potential, forecasted potential, dynamic model, sociophysical object.

For citation: Mustaev I.Z., Guzairov M.B., Ivanov V.Y., Maksimova N.K., Mustaev T.I. Using potentials in linear programming models. *Modeling, optimization and information technology*. 2019;7(4). Available by: https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2019/11/MustaevSoavtori_4_19_1.pdf DOI: 10.26102/2310-6018/2019.27.4.033 (In Russ.).

Введение

Моделирование производства и эксплуатации наукоемкой продукции для поиска путей повышения эффективности требует привлечение оптимизационного подхода. Среди известных оптимизационных методов можно указать на метод линейного программирования, разработанный Л.В. Канторовичем и широко использовавшийся до недавнего времени для решения задач планового хозяйствования. Произошедшие в последнее время изменения, связанные с переходом экономики с плановой на рыночную форму, снизили востребованность метода. В значительной степени это вызвано фактом существенности и неопределенности изменения экономических характеристик предприятий и выпускаемой ими продукции в течение относительно небольших промежутков времени. С математической, формальной, точки зрения это приводит к неопределенности коэффициентов оптимизационной модели и, как следствие, к неверным выводам, сделанным на основании анализа результатов моделирования.

Современные подходы к созданию конкурентоспособной наукоемкой продукции предполагают создание и реализацию систем управления ими на протяжении всего цикла существования – от проектирования до утилизации, включая этапы создания и эксплуатации. Высокая длительность жизненного цикла, достигающая нескольких десятков лет, дополнительно усугубляет проблему неопределенности, поскольку за это время существенно и неопределенным образом изменяются характеристики всех элементов предполагаемой системы управления жизненным циклом – собственно продукции, предприятий и организаций, занимающихся ее проектированием, выпуском и эксплуатацией, внешней среды. Таким образом, существенная волатильность всех свойств и характеристик элементов системы управления жизненным циклом наукоемкого изделия на протяжении всего времени существования является, на наш взгляд одним из препятствий к широкому использованию оптимизационных методов и конкретно, метода линейного программирования.

Решение проблемы может быть связано с реализацией подходов, опирающихся на моделирование формализованного анализируемого объекта – его потенциалов. С точки зрения анализа, моделирование процессов обобщается до моделирования динамики состояния исследуемого объекта. Особенности динамики потенциалов позволяют вернуться к вопросу использования оптимизационных подходов, одним из которых является метод линейного программирования Канторовича, но в терминологии оптимизации потенциалов. Это позволит использовать методологию линейного программирования для решения различных задач анализа и управления поведением объекта в рыночных условиях: оперативного управления инновационными проектами, для анализа поведения социально-экономических систем.

Материалы и методы

Абстрактная модель Канторовича Л.В. об оптимальном управлении ресурсами системы включает прямую и двойственную задачи и формализуется следующим образом (Гизатуллин, 2005). Пусть в производстве применяется m видов ресурсов, используемых для выпуска товаров n видов. Дополнительно предполагаются известными: объёмные ограничения по каждому ресурсу на b_1, b_2, \dots, b_m ; удельные затраты a_{ij} ресурса i на единицу выпуска товара j и стоимость c_j единицы товара.

Формальное представление прямой задачи Канторовича (С) интегрируется системой линейных равенств и неравенств (1). Здесь индекс j используется для обозначения номера производимой компоненты (детали), в которой используется ресурс с номером i в количестве не большем $b_i, i = 1, 2, \dots, m$, Первое из соотношений в системе (1) представляет ограничение на функцию полезности. Интерпретация соотношения сводится к тому, что в качестве цели рассматривается максимально возможная величина стоимости производимой продукции. Поскольку, очевидно, могут быть использованы только наличествующие ресурсы, то это отражается вторым соотношением в (1).

$$(C) \begin{cases} f(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max \\ \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, i = 1, \dots, m \\ x_j \geq 0, j = 1, \dots, n \end{cases} \quad (1)$$

Двойственная модель Канторовича, описываемая сопряженной системой (С*), формализуется в виде следующей системы равенств и неравенств:

$$(C^*) \begin{cases} \varphi(y) = \sum_{i=1}^m b_i y_i \rightarrow \min \\ \sum_{i=1}^m a_{ij} y_i \geq c_j, j = 1, \dots, n \\ y_i \geq 0, i = 1, \dots, m \end{cases} \quad (2)$$

При формулировании системы (2) используется понятие альтернативного использования ресурса. Естественным альтернативным использованием ресурса

является его продажа по рыночной стоимости. Предполагая, что цена продажи равна цене покупки, можно сформулировать условие наименьшей стоимости покупки используемых ресурсов, так что первое соотношение в (2) может интерпретироваться как математическое описание следующего условия наилучшего альтернативного использования ресурсов: общая оценка (цена) используемых в производстве ресурсов должна быть минимальной. Второе выражение в (2), имеющее вид n неравенств отражает результат сравнения применения ресурсов для выпуска товара на предприятии и при реализации на сторону (альтернативного применения): в результате предполагаемая оценка затрат ресурсов на производство единицы продукции $\sum a_{ij}y_i$ не должна быть меньше цены единицы c_j продукции.

Модели потенциалов объекта

Интегральные характеристики и свойства объекта, названные накопленным, прогнозным и полным (собственным) потенциалами и, соответственно, накопленное, прогнозное и собственное состояния объекта формализуются следующим образом (Мустаев, 2013, 2017). Зафиксируем момент времени t . Предполагая в прошлом единственный платёж $q_0 = q(t - \tau)$ можно оценить его текущую стоимость по формуле:

$$X_q^a(t, p) = q(t - \tau) \cdot \psi(\tau, p) = q_0 \cdot \psi(\tau, p). \quad (3)$$

Здесь, ψ – социофизическая функция системы, отражающая не рыночный характер оценки актива. Дополнительно в формуле (3) в явном виде выделена переменная p – обобщенная оценка неопределенности системы оценки. Система оценки включает исследуемый объект как объект управления; субъектом оценки выступает агент стоимости – предприятие, элемент организационной структуры и т. д. Величина X_q^a названа *накопленным потенциалом платежа* и имеет смысл текущей (нефинансовой) оценки единственного платежа, совершенного в прошлом. Величина X_q^a может быть сопоставлена с рыночной оценкой платежа, совершенного в прошлом, если в качестве субъекта оценки рассматривать рынок как абстрактный агент оценки. *Накопленный потенциал потока платежей*, совершенных в прошлом, определяется по формуле:

$$X_q^a(p, t) = \int_{\tau=0}^{\infty} q(t - \tau) \psi(\tau, p) d\tau = \hat{A}q, \quad (3')$$

Формула Ошибка! Источник ссылки не найден. используется для определения накопленного потенциала для произвольной переменной, характеризующей состояние объекта. Все вместе накопленные потенциалы переменных состояния определяют так называемый «потенциальный облик объекта». Кроме этого может быть определена собственная характеристика объекта – собственный накопленный потенциал объекта и *накопленное состояние* объекта. Накопленное состояние объекта может быть сопоставлено с его накопленным потенциалом, так что динамика состояний. К социофизической функции ψ предъявляются следующие требования: $|\psi(t, p)| \rightarrow 0, t \rightarrow \infty$; $\psi(t, p) = 0, t < 0$; норма ограничена $\|\psi\| = 1$; $q \in L^2$.

Прогнозный потенциал определяется следующим образом. Пусть в будущем, прогнозируется платеж $q(t + \tau)$ в момент времени $(t + \tau)$. Нерыночная оценка стоимости платежа определяется из соотношения:

$$X_q^f(t, \alpha, \sigma) = q(t + \tau) \cdot \psi_{\text{ЭК}}(\tau, p). \quad (4)$$

Для потока из произвольного числа платежей $q(t + \tau), \tau \in (0, \infty)$ нерыночная оценка стоимости определяется из соотношения:

$$X_q^f(p, t) = \int_{\tau=0}^{\infty} q(t + \tau) \psi_{\text{ЭК}}(\tau, p) d\tau = \hat{B}q. \quad (5)$$

Формулы приведённых стоимостей денежных потоков (Бейли, 1997) обобщаются на случаи нерыночных нефинансовых оценок произвольных переменных q . Функция дисконтирования обобщается до социофизической функции: $\psi_{эк} \rightarrow \psi$. Прогнозному состоянию соответствует прогнозный потенциал объекта.

Полный (собственный) потенциал потока определяется как сумма накопленного и прогнозного потенциалов:

$$X = X_q^a + X_q^f = \hat{C}q.$$

Полный потенциал соотносится с собственным состоянием объекта.

Результаты моделирования, иллюстрирующие переход от процессной схемы к моделированию состояний с использованием потенциалов приведены на Рисунках 1 и 2. На Рисунке 1 приведены графики активов одного из российских авиационных предприятий, построенные по ежеквартальным 12-летним наблюдениям. На Рисунке 2 показано соотношение накопленных потенциалов, вычисленных по формуле **Ошибка!** **Источник ссылки не найден..**

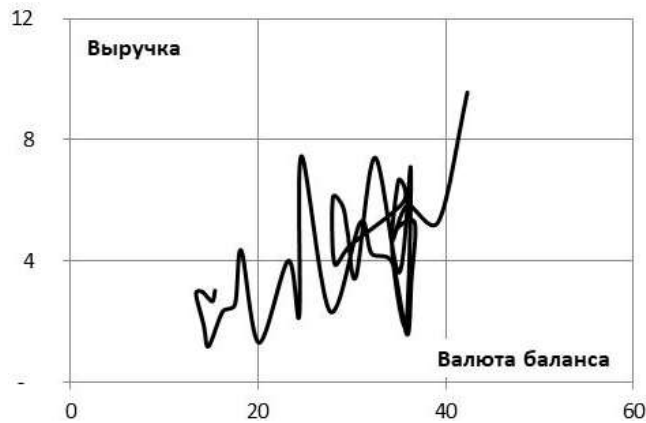


Рисунок 1 – Активы предприятия авиационной сферы деятельности
Figure 1 – Assets of an enterprise in the aviation industry

Для формализации модели Канторовича необходимо предварительно определить ряд моделей, которые опишем их применительно к накопленной форме потенциала.



Рисунок 2 – Накопленные потенциалы предприятия авиационной сферы деятельности
Figure 2 – The accumulated potentials of the enterprise aviation industry

Модель эффективности, формируемая с использованием потенциалов

Пусть предприятием приобретается станок за 15000 усл. ден. ед. Допустим, что известны ежегодные затраты $4\,000 \frac{\text{усл. ден. ед.}}{\text{год}}$, связанные с использованием станка B_i в производстве, и оптовая цена продукции $A_j \, 8\,000 \frac{\text{усл. ден. ед.}}{\text{год}}$. Пусть годовая доходность равна 25%. В течение года производится N , шт. деталей. Оптовая цена продукции, получаемая на станке равна $9\,000 \frac{\text{усл. ден. ед.}}{\text{год}}$. Этого достаточно, чтобы определить эффективность станка r'_{ij} , определяемую как отношение потенциалов продукции $X_{\text{дох}_{ij}}$ и затрат $X_{\text{зат}_{ij}}$ в единицу времени:

$$r'_{ij}(t) = \frac{\Delta X_{\text{дох}_{ij}}(t)}{\Delta X_{\text{зат}_{ij}}(t)}, \quad (6)$$

$$\Delta X_{\text{дох}_{ij}}(t) = X_{\text{дох}_{ij}}(t + \Delta t) - X_{\text{дох}_{ij}}(t),$$

$$\Delta X_{\text{зат}_{ij}}(t) = X_{\text{зат}_{ij}}(t + \Delta t) - X_{\text{зат}_{ij}}(t).$$

Следует обратить внимание на то, что производительность станка, определяемая по (6), отличается от производительности, определяемой как частное величин доходов и затрат. Моделирование показывает, что производительность, определённая по величинам доходов и затрат, отличается от расчётной, определённой по потенциалам, более, чем на 10 %. Фактические поступления и затраты определяют картину потенциалов. Очевидно, что это оказывает влияние на величину производительности $r'_{ij}(t)$. Изменение прибыли и затрат, снимаемых с единицы оборудования может происходить по причинам, не связанным с техническими возможностями оборудования, например, по причине изменения организации труда и т. п. Предположительное снижение прибыли компании на 20 % до $7\,200 \frac{\text{усл. ден. ед.}}{\text{год}}$, приведет к изменению величины показателя производительности $r'_{ij}(t)$ против паспортных значений на 40 % – до 1,7 ед. Использование потенциалов, как следует из примера, позволяет учитывать различные изменения во внешней, по отношению к оборудованию среде.

Кроме показателя производительности $r'_{ij}(t)$ (6) используется показатель потенциальной эффективности. Он определяется как отношение потенциалов чистых доходов и затрат:

$$r_{ij}(t) = \frac{\Delta X_{\text{дох}_{ij}}(t) - \Delta X_{\text{зат}_{ij}}(t)}{\Delta X_{\text{зат}_{ij}}(t)} = r'_{ij}(t) - 1. \quad (7)$$

Информативность показателей эффективности, связана с тем, что учитываются:

- во-первых, реальный выпуск продукции;
- во-вторых, картина внешней среды оборудования.

В качестве примера целесообразности использования модели эффективности, определяемой по потенциалам на Рисунке 3 (а) приведено сопоставление товарного выпуска и фактической себестоимости оборудования на основании 3-летних измерений. График демонстрирует наличие существенной неопределенности в данных. Переход к потенциалам позволяет определить фактические значения коэффициентов $r_{ij}(t)$ с высокой точностью, поскольку, как видно из графиков, неопределенность в потенциалах существенно ниже. Это иллюстрируется Рисунке 3 (б), на котором приведено сопоставление потенциалов величин товарного выпуска и фактической себестоимости оборудования.

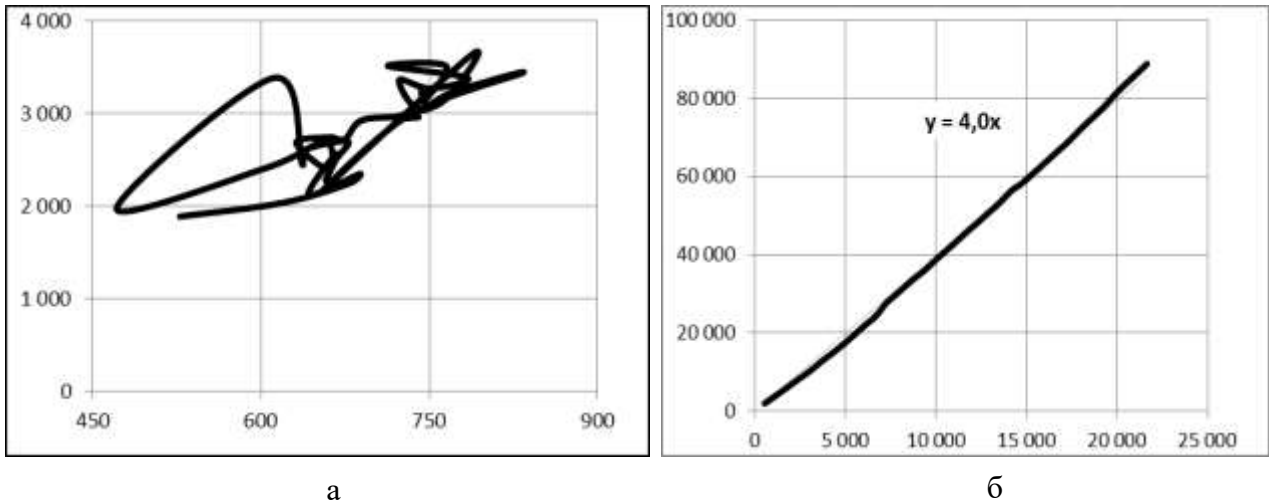


Рисунок 3 – Сопоставление товарного выпуска и фактической себестоимости оборудования в течение 3 лет. По оси ординат – себестоимость, по оси абсцисс – товарный выпуск. (а) – исходные данные, (б) – потенциалы. Данные приведены в относительных единицах

Figure 3 – Comparison of product release and the actual cost of equipment for 3 years. On the ordinate axis – the cost, on the abscissa – the commodity issue. (a) – source data, (b) – potentials. Data are given in relative units

Модель определения потенциальной нормы времени

Использование модели Канторовича требует определения норм времени на производство 1 ед. детали. Оптимизационная модель Канторовича строится с использованием накопленных потенциалов исследуемого объекта. Определяются следующие показатели времени на обработку j – й продукции на i – м станке.

Норма времени, отражающая создание 1 руб. потенциала дохода в течение времени (t_1, t_0) от изготовления j – х деталей на i – м станке, так называемая «потенциальная норма времени» определяется по формуле:

$$a'_{дохij} = \frac{t_0 - t_1}{X_{дохij}(t_1) - X_{дохij}(t_0)}, [\text{руб}^{-1}].$$

Введение показателя потенциальной нормы времени отражает среднюю, эффективность использования станка на предприятии. Она зависит от факторов, не учитываемых в паспортных характеристиках: от организации производства, экономического состояния предприятия в целом и т.д. Коэффициент a'_{ij} связывает приращение потенциала доходов $\Delta X_{дохij} = X_{дохij}(t_1) - X_{дохij}(t_0)$ с потраченным временем

$$\Delta t = a'_{дохij} \cdot \Delta X_{дохij} = a'_{дохij} \cdot [X_{дохij}(t_1) - X_{дохij}(t_0)].$$

Коэффициент $a'_{дохij}$ может быть назван «потенциальной нормой времени доходов». Аналогично коэффициенту потенциальной нормы времени $a'_{дохij}$, можно записать коэффициенты «потенциальных норм» $a'_{затij}$ и a'_{ij} , определяемых для потенциалов расходов и чистых доходов, соответственно:

$$a'_{затij} = \frac{t_0 - t_1}{X_{затij}(t_1) - X_{затij}(t_0)}, [\text{руб}^{-1}],$$

$$a'_{ij} = \frac{t_0 - t_1}{X_{ij}(t_1) - X_{ij}(t_0)}, [\text{руб}^{-1}].$$

Коэффициент $a'_{\text{зат}ij}$ может быть назван «потенциальной нормой времени затрат». Соответственно, коэффициент a'_{ij} может быть назван «потенциальной нормой времени чистых доходов».

Нормативы $a'_{\text{дох}ij}$, a'_{ij} , $a'_{\text{зат}ij}$ используются для определения времени, необходимого для получения требуемых доходов. А именно, для получения φ , руб потенциала доходов в сложившихся организационно-технических условиях затрачивается приблизительно $\Delta T = \varphi \cdot a'_{\text{дох}ij}$ единиц времени, изготавливая j – е детали на i – м станке. Использование коэффициентов $a'_{\text{зат}ij}$ и a'_{ij} позволяет определить это же время через использование потенциалов затрат и чистых доходов:

$$\begin{aligned} \Delta T &= \varphi \cdot a'_{\text{зат}ij}, \\ \Delta T &= \varphi \cdot a'_{ij}. \end{aligned}$$

Если известен норматив времени τ_{ij} , [ед. врем./шт] изготовления, можно определить коэффициент «потенциалоемкости доходов» $p'_{\text{дох}ij}$. Если расчеты осуществляются для потенциалов доходов, тогда:

$$p'_{\text{дох}ij} = \frac{\tau_{ij}}{a'_{\text{дох}ij}} \left[\frac{\text{руб} \cdot \text{ед.врем}}{\text{шт}} \right] = \frac{\tau_{ij}}{a'_{\text{дох}ij}} \left[\frac{\text{ед.потенц}}{\text{шт}} \right]. \quad (8)$$

В формуле (8) учтено, что размерность потенциала равна [ед. потенц] = [руб · ед. врем]. Соответственно, по коэффициентам $a'_{\text{зат}ij}$ и a'_{ij} могут быть определены коэффициенты «потенциалоемкости затрат» $p'_{\text{зат}ij}$, [руб] и «потенциалоемкости чистых доходов» p'_{ij} , [руб]:

$$\begin{aligned} p'_{\text{зат}ij} &= \frac{\tau_{ij}}{a'_{\text{зат}ij}}, \left[\frac{\text{руб} \cdot \text{ед.врем}}{\text{шт}} \right] = \frac{\tau_{ij}}{a'_{\text{зат}ij}}, \left[\frac{\text{ед.потенц}}{\text{шт}} \right], \\ p'_{ij} &= \frac{\tau_{ij}}{a'_{ij}}, \left[\frac{\text{руб} \cdot \text{ед.врем}}{\text{шт}} \right] = \frac{\tau_{ij}}{a'_{ij}}, \left[\frac{\text{ед.потенц}}{\text{шт}} \right]. \end{aligned} \quad (9)$$

Таким образом, например, для получения φ [ед. потенц] потенциала доходов необходимо изготовить на i – м станке j –х деталей в количестве:

$$q_{ij} = \varphi \cdot \frac{a'_{\text{дох}ij}}{\tau_{ij}} = \frac{\varphi}{p'_{\text{дох}ij}}, [\text{шт}]. \quad (10)$$

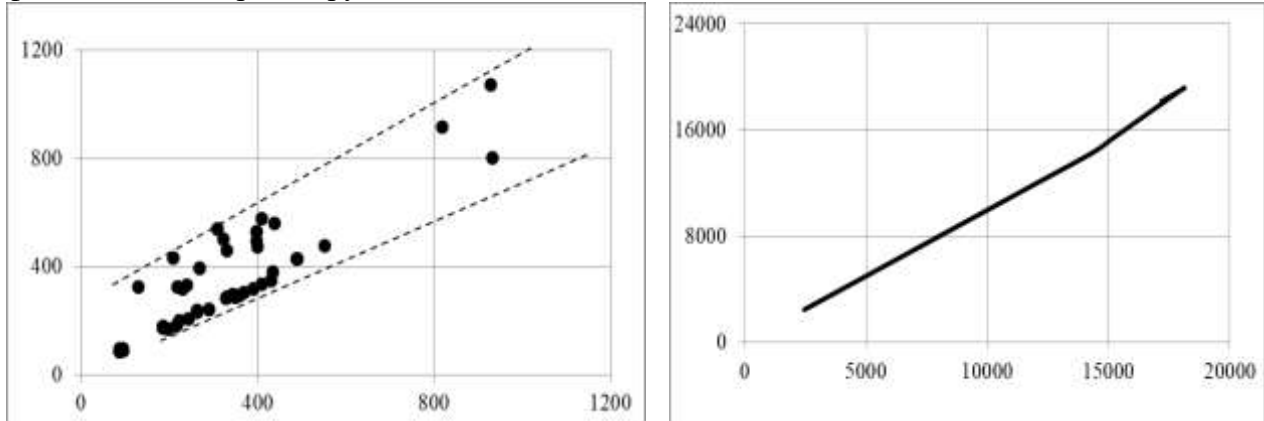
Если, как и выше, через φ обозначить потенциалы затрат или чистых доходов, то формулы для определения числа изготавливаемых деталей через соответствующие коэффициенты «потенциалоемкости» $p'_{\text{зат}ij}$ и p'_{ij} будут выглядеть следующим образом:

$$\begin{aligned} q_{ij} &= \varphi \cdot \frac{a'_{\text{зат}ij}}{\tau_{ij}} = \frac{\varphi}{p'_{\text{зат}ij}}, [\text{шт}], \\ q_{ij} &= \varphi \cdot \frac{a'_{ij}}{\tau_{ij}} = \frac{\varphi}{p'_{ij}}, [\text{шт}]. \end{aligned} \quad (11)$$

Неудобство, связанное с размерностью потенциала [ед. потенц] = [руб · ед. врем] преодолевается, если все расчеты потенциалов проводить в единой временной базе в 1 [ед. врем]. В этом случае численное выражение потенциала будет соответствовать его рублевому выражению. Потенциал продукции, производимой на станке, определяется по величине накопленных потенциалов доходов $X_{\text{дох}ij}(t)$ и затрат $X_{\text{зат}ij}(t)$, связанных с созданием этой продукции. Из соотношений (10) и (11) следует, что прирост потенциала при выпуске q_{ij} единиц продукции составит при использовании различных потенциалов:

$$\varphi = p'_{\text{дох}ij} \cdot q_{ij}, \text{ или } \varphi = p'_{\text{зат}ij} \cdot q_{ij}, \text{ или } \varphi = p'_{ij} \cdot q_{ij}.$$

Иллюстрация неопределенности в определении нормы времени приведена на Рисунке 4, а, на котором показано соотношение фактических затрат и трудоемкости производства сборочной единицы по одной из технологий, применяемой на предприятии. На Рисунке 4, б приведено сопоставление потенциалов величин фактических затрат и трудоемкости.



а

б

Рисунок 4 – Соотношение фактических и нормативных затрат на производство сборочной единицы по одной из технологий, применяемой на предприятии. По оси ординат – фактические затраты, по оси абсцисс – трудоемкость

Figure 4 – The ratio of actual and regulatory costs for the production of an assembly unit according to one of the technologies used at the enterprise. The ordinate axis - the actual costs, the abscissa axis – the complexity

Модель расчета производственной программы по потенциалам

Содержательное описание задачи следующее. На станках $B_i, i = 1, 2, \dots, m$ производится обработка продукции $A_j, j = 1, \dots, n$ с известными штучными нормами a_{ij} затрат времени на создание 1 руб. потенциала чистых доходов. Вводятся следующие обозначения:

i – номер станка, $i = 1, \dots, m$;

j – номер производимой продукции, $j = 1, \dots, n$;

a_{ij} – норма времени для получения 1 руб. потенциала при производстве 1 единицы j –й продукции на i –м станке;

τ_{ij} – норматив времени изготовления j –й детали на i –м станке;

c_i – потенциал чистого дохода при работе i –го станка;

x_j – количество изготавливаемых деталей j –го вида.

В соответствии с (10), производство деталей j –го вида на i –м станке в количестве x_{ij} , [шт] приводит к увеличению потенциала на величину:

$$\varphi = x_{ij} \frac{\tau_{ij}}{a_{ij}}, [\text{руб} \cdot \text{ед. врем}] = x_{ij} \frac{\tau_{ij}}{a_{ij}}, [\text{ед. потенц}]. \quad (12)$$

Ограничения по фонду времени работы станков описываются как ограничение Φ_i на время работы i –го станка. Иными словами, время производства x_{ij} деталей на i –м станке ограничено временем Φ_i :

$$[\Phi_i] = [\text{руб} \cdot \text{ед. врем}] = [\text{ед. потенц}].$$

Целевая функция, записанная с использованием потенциалов в соответствии с (12), имеет следующую интерпретацию: производство должно быть организовано так, чтобы максимизировать получающийся потенциал:

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m x_{ij} \frac{\tau_{ij}}{a_{ij}} \rightarrow \max, [\text{руб} \cdot \text{ед. врем}] = [\text{ед. потенц}]. \quad (13)$$

Увеличение потенциала может быть связано не только с увеличением объемов, но и с уменьшением нормы времени a_{ij} для получения потенциала при производстве продукции на станке. Имея в виду, что этот норматив учитывает не просто организацию производства на самом предприятии, но и внешние условия, оказывается, что критерий (18), как и отмечалось, обеспечивает решение задачи оптимизации при изменяющихся внешних условиях, т.е. в рыночной среде. Дополнительные ограничения связаны с требованием положительности объемов производства:

$$x_{ij} \geq 0, [\text{шт}], i = 1, 2, \dots, n. \quad (14)$$

Уравнения (12) – (14) завершают формирование модели расчета производственной программы предприятия, т. е. модели Канторовича (C'), записанной с использованием потенциалов:

$$\sum_{i,j} x_{ij} \frac{\tau_{ij}}{a_{ij}} \rightarrow \max,$$

при ограничениях

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n \tau_{ij} x_{ij} \leq \Phi_i, i = 1, 2, \dots, m \\ x_{ij} \geq 0, j = 1, \dots, n \end{cases}$$

С учетом введенного обозначения потенциалоемкости получим (C''):

$$\sum_{i,j} p_{ij} x_{ij} \rightarrow \max$$

при ограничениях

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n \tau_{ij} x_{ij} \leq \Phi_i, i = 1, 2, \dots, m \\ x_{ij} \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

или (C''')

$$\sum_j P_j x_j \rightarrow \max$$

при ограничениях

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n \tau_{ij} x_{ij} \leq \Phi_i, i = 1, 2, \dots, m \\ x_{ij} \geq 0, j = 1, 2, \dots, n. \end{cases}$$

Здесь использовано обозначение $P_j = \sum_i p_{ij}$ для определения «потенциалоемкости» всего ряда станков, производящих j -ю деталь. Оптимизационная задача заключается в поиске такой программы выпуска деталей, которая обеспечит наибольший совокупный потенциал продукции.

Заключение

В предлагаемой статье показана возможность использования накопленных потенциалов в модели линейного программирования. Дополнительно описаны вспомогательные модели эффективности использования, определения нормы времени и расчета производственной программы с использованием потенциалов. Общий вывод заключается в том, что совершенствование организации управления производством должно учитывать логику определения потенциалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гизатуллин Х.Н., Ризванов Д.А. Проблемы управления сложными социально-экономическими системами; Под ред. Татаркина А.И.; РАН, УрО, Ин-т экономики. М.: ЗАО Издательство «Экономика». 2005:218.
2. Мустаев И.З. Экономические модели инноватики: Монография. Уфа: РИК УГАТУ. 2013:202.
3. Мустаев И.З. Социофизические модели инноватики: Монография. Уфа: РИК УГАТУ. 2017:174.
4. Брейли Р., Майерс С. Принципы корпоративных финансов. М.: Олимп-бизнес. 1997).

REFERENCES

1. Gizatullin Kh.N., Rizvanov D.A. Problemy upravleniya slozhnymi so-tsial'no-ekonomicheskimi sistemami; Pod red. Tatarkina A.I.; RAN, UrO, In-t ekonomiki. M.: ZAO Izdatel'stvo «Ekonomika». 2005:218.
2. Mustaev I.Z. Ekonomicheskie modeli innovatiki: Monografiya. Ufa: RIK UGATU. 2013:202.
3. Mustaev I.Z. Sotsiofizicheskie modeli innovatiki: Monografiya. Ufa: RIK UGATU. 2017:174.
4. Breyli R., Mayers S. Printsipy korporativnykh finansov. M.: Olimp-biznes. 1997.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATIONS ABOUT AUTHORS

Мустаев Ирек Закиевич, докт. экон. наук, заведующий кафедрой управления инновациями, Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Российская Федерация.

Irek Z. Mustaev, Doctor econ. Sciences, Head of the Department of Innovation Management, Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation.

Гузайров Мурат Бакирович, докт. техн. наук, профессор кафедры вычислительной техники и защиты информации, Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Российская Федерация.

Murat B. Guzairov, Doctor. tech. Sciences, Professor, Department of Computer Engineering and Information Security, Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation.

Иванов Владимир Юрьевич, канд. техн. наук, заместитель директора СП «ДБА-инжиниринг», Уфа, Российская Федерация.

Vladimir Y. Ivanov, Candidate of Engineering Sciences, Deputy Director, JV «DBA-engineering», Ufa, Russian Federation.

Максимова Наталья Константиновна, начальник департамента программно-проектного управления, ПАО Уфимское моторостроительное производственное объединение, Уфа, Российская Федерация.

Natalya K. Maksimova, Head of the Department of Program and Project Management, PJSC Ufa Engine-Building Production Association, Ufa., Russian Federation.

Мустаев Тимур Ирекович, магистр, Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Российская Федерация.

Mustaev Timur Irekovich, master, Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation.