Инновационный потенциал развития территорий

УДК 338.984
ББК 65.012.1

ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ИННОВАЦИОННОЙ ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

АЛФЕРЬЕВ ДМИТРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ
Институт социально-экономического развития территорий
Российской академии наук
Россия, 160014, г. Вологда, ул. Горького, д. 56а
E-mail: alferev_1991@mail.ru

Инновационная деятельность, прежде всего, связана с производством и выпуском на рынок новой продукции и услуг. В условиях глобализации Российской Федерации, интеграции ее в мировую хозяйственную систему отечественным промышленным предприятиям все чаще приходится сталкиваться с конкуренцией со стороны иностранных компаний. Это подталкивает российские организации своевременно корректировать свою производственную программу. Проблема выпуска и реализации продукции и услуг, в особенности тех, которые носят инновационный характер, на данный момент не имеет единого и четкого решения, что выражается в существовании множества методов и алгоритмов достижения оптимального решения как с использованием математических инструментов, так и чисто теоретического характера. Целью статьи является построение оптимизационной модели производственного процесса инновационной продукции. В статье подробно разобраны математическая модель межотраслевого баланса В.В. Новожилова и производственная задача Л.В. Канторовича. Выделены их особенности, которые в обязательном порядке должны быть заложены в модели управления инновационной деятельностью предприятий. Подробно разобран пример применения данных алгоритмов в производственной деятельности организации, на основании которого рассчитан оптимальный план выпуска инновационной продукции и продукта старого ассортиментного ряда. Полученная производственная программа легла в обоснование издержек по выделенным в задаче ресурсам. Дальнейшими направлениями исследования могут быть поиск дополнительных критериев оптимальности, таких как выручка, себестоимость, рентабельность, а также нахождение компромиссных решений между ними.

Инновации, оптимизация производства, линейное программирование, план выпуска товаров и услуг, инновационная деятельность.

В настоящий момент проблемы инновационного развития и технологий широко освещаются в научной и производственной практике. В различных странах процесс формирования инновационной среды идет с разной степенью интенсивности. Благодаря данному явлению те территориальные образования, которые уделяют значительное внимание подобным проблемам, сумели обеспечить себе экономический рост, повысить отдачу от НИР и смогли сформировать эффективное научно-технологическое пространство (высокая доля инновационной продукции в общем объеме производства, инновационная активность организаций, рост числа научных сотрудников в общей численности активного населения) [7, с. 62; 8, с. 34].

Данная тенденция обусловливает появление на рынке новой продукции и услуг. В странах ОЭСР, куда входит большинство государств ЕС, за последнее десятилетие XX века доля высокотехнологичных товаров в экспорте произведенной продукции составила 20–25%, что в два раза больше значений показателей предыдущих лет. Уровень РФ по данному критерию на 2014 год составляет порядка 10% [14].

В любой экономической системе различные субъекты экономики при создании нового продукта вынуждены соизмерять затраты и результаты своей деятельности, искать способы эффективного использования ресурсов. Проблема аналитического обоснования оптимизации производственной программы не имеет единого решения, что выражается в множественности условий и методов решений. Методология данных процессов подробно рассматривается в теории фирмы, теории стратегического управления, теории отраслевых рынков [13, с. 27].

Данная проблема может быть решена с помощью использования соответствующего математического аппарата. Ввиду необходимости оценки эффективности выпуска новой продукции цель статьи заключается в разработке модели, позволяющей определить оптимальный выпуск инновационной продукции на этапе ее производства.

Задачами исследования являются:

– анализ существующих моделей производственного планирования;

– выявление их ключевых особенностей;

– построение математической модели на примере производства инновационной продукции.

Проектируемая модель по своей природе является схожей с моделью межотраслевого баланса (МОБ) [12, с. 18]. Она позволит рассчитать оптимальный план производства инновационной продукции и затрат первичных ресурсов. В качестве критерия оптимальности производственного процесса в модели может быть использовано условие максимума конечной продукции (максимально эффективный выпуск товаров и услуг инновационного и старого образца). При заданной цене оптимумом могут являться выручка, прибыль и рентабельность.

Для обозначения условий задачи целесообразно ввести следующие параметры и переменные:

1. Экзогенные переменные (их значения задаются независимо от условий модели) [15]:

– $a_{i,js}$ – затраты i-й инновационной продукции, необходимые для производства единицы инновационной продукции j способом производства s. Следует отметить, что подобного рода условие часто встречается в задачах МОБ, когда продукция одной отрасли используется не только для так называемого конечного потребления, но и для создания продукции других отраслей;

– $r_{k,js}$ – количество ресурсов k-го вида, необходимых для производства единицы инновационной продукции j способом s;

– Q_i – доля инновационной продукции i-го вида в расчете на один комплект конечного потребления (или на ед. затрат потребителей продукции);

– R_k –предельно допустимые объемы потребления (использования) первичных ресурсов k-го вида в заданном периоде времени.

2. Эндогенные переменные (рассчитываются исходя из условий математической модели) [15]:

– z – количество комплектов конечной продукции в заданной структуре (количество ассортиментных наборов). Величину z можно измерять в денежном выражении. В этом случае z совпадает с затратами в денежном выражении на покупку продукции для конечного потребления;

– x_{js} – объем производства инновационной продукции j способом s.

Таким образом, в математической записи модели необходимо найти числа z и x_{js} такие что:

$$z \to max, \qquad (1)$$

$$\sum_s x_{is} \geq \sum_{js} a_{i,js} x_{js} + Q_i z, \qquad (2)$$

$$\sum_{js} r_{k,js} x_{js} \leq R_k, \qquad (3)$$

$$x_{js} \geq 0. \qquad (4)$$

Поясним смысл условий задачи и ограничений ((1)-(4)). Условие (1) определяет критерий оптимальности производства. Здесь используется максимум ассортиментных наборов z продукции в заданной структуре, направленной на конечное потребление. Условие (2) представляет собой математическую запись баланса производства и потребления продукции каждого наименования в рассматриваемом периоде. В левой части ограничения (2) записано валовое (суммарное) производство продукции всеми технологическими способами. В правой части – потребление продукции. Первое слагаемое определяет производственное или промежуточное потребление (норматив на изготовление ед. инновационной продукции j), второе – конечное потребление (затраты на сам производственный процесс). Условие (3) представляет собой математическую запись ограничения на предельно допустимые объемы использования первичных ресурсов производства, (4) – условия неотрицательности.

Модель, аналогичную модели (1)-(4), впервые предложил В.В. Новожилов [10] На практике ее можно использовать для обоснования оптимального плана выпуска продукции при условии заданной структуры спроса конечной продукции. Такая модель также может быть использована для планирования экономики на уровне отдельно взятого региона, города, района или страны в целом.

Модель (1)-(4) отражает определенные черты реального производства, тем не менее она сильно идеализирована. В частности, эта модель статическая, т. е. в ней не учитывается фактор времени. Считается, что все необходимые для производства ресурсы в нужный момент времени находятся под рукой. Тем самым в модели не учитывается динамика производства и ритмичность поставок ресурсов и продуктов.

В настоящее время существуют общие динамические многоотраслевые модели общественного производства, в которых в явном виде учитываются фактор времени и динамика экономических процессов [17]. Они также нашли свое применение в практике экономических расчетов. Наиболее известны из них модели экономической динамики Леонтьева и Неймана.

С формальной точки зрения модель (1)-(4) представляет собой задачу линейного программирования. Для ее решения известны эффективные алгоритмы и методы с использованием ЭВМ. Такие модели после их конкретизации можно использовать для практических расчетов планов производства.

Теоретическую основу определения экономической эффективности использования ограниченных ресурсов составляют работы известных математиков: Л.В. Канторовича [5] и упомянутого ранее В.В. Новожилова [10].

Следует отметить, что расчет оптимальной программы (плана) производства представляет собой только один из этапов инновационного процесса. Далее следует процедура ее реализации. Здесь неизбежны отклонения реальных процессов от планируемых. Такие отклонения связаны с возникновением рисков. В связи с этим для управления процессами реализации планов производства необходимо разработать эффективную систему контроля и регулирования экономической деятельности на этапе реализации рассчитанных планов. Такая система подразумевает расчет и обоснование показателей, характеризующих экономическую эффективность фактической деятельности субъектов экономики и использования ресурсов.

Экономический смысл таких нормативов заключается в том, что они определяют приращение оптимального значения целевой функции задачи в расчете на единицу дополнительного прироста привлекаемых ресурсов.

Как известно из теории [3; 6, с. 272-285], при решении задач линейного программирования вместе с переменными исходной задачи можно найти переменные задачи, двойственной к исходной. Количество переменных двойственной задачи определяет предельный прирост значения целевой функции исходной задачи при увеличении на единицу правой части ограничений.

Другими словами, двойственные переменные, соответствующие ограничениям (2), определяют эффективность дополнительного прироста продукции, а двойственные переменные, соответствующие ограничениям (3), определяют эффективность дополнительного вовлечения в хозяйственный оборот первичных ресурсов.

Для определения показателей эффективности использования ограниченных ресурсов рассмотрим задачу, двойственную к задаче (1)-(4). Приведем математическую запись двойственной задачи.

Эндогенные переменные задачи:

p_i – эффективность производства (цена) единицы инновационной продукции i;

q_k – эффективность использования (цена) единицы первичных ресурсов k-го вида.

Математическая постановка задачи заключается в следующем. Требуется найти числа p_i, (i = 1, 2, ..., n) и q_k (k = 1, 2, ..., m), такие что:

$$\sum_k q_k R_k \rightarrow min, \tag{5}$$

$$p_j - \sum_i p_i a_{i,js} - \sum_k q_k r_{k,js} \leq 0, \tag{6}$$

$$\sum_i p_i Q_i = P_j, \tag{7}$$

$$p_j \geq 0,\ q_k \geq 0. \tag{8}$$

Переменные и ограничения прямой и двойственной задач линейного программирования связаны между собой соотношениями двойственности. Эти соотношения представляют собой содержание первой и второй теорем двойственности.

Для задач (1)-(4) и (5)-(8) их можно записать в следующей форме:

$$z = \sum_k q_k R_k, \tag{9}$$

$$q_k \left(\sum_{js} r_{k,js} x_{js} - R_k\right) = 0, \tag{10}$$

$$p_i \left(\sum_s x_{is} - \sum_{js} a_{i,js} x_{js} - Q_i z\right) = 0, \tag{11}$$

$$F_{js} = x_{js} \left(p_j - \sum_i a_{i,js} p_i - \sum_k r_{k,js} q_k\right) = 0, \tag{12}$$

Чтобы пояснить экономическое содержание переменных задачи (5)-(8) и соотношений двойственности рассмотрим следующую модель экономического равновесия.

В этой модели равновесия, с одной стороны, выступает инновационная продукция, с другой – ее потребители. Количество видов инновационной продукции – n. В качестве потребителя продукции в рассматриваемой модели учитывается один субъект.

Переменные p_i и q_k определяют набор цен равновесия этой модели. Инновационную продукцию производят для продажи по цене p_i. При этом организации самостоятельно выбирают объем производства продукции x_{js} разными технологическими способами и покупают необходимые для производства первичные ресурсы по ценам q_k. Способы производства продукции выбираются по критерию максимизации прибыли – F_j.

Левая часть выражения (6) представляет собой прибыль в расчете на единицу производства инновационной продукции j способом s. Из данного условия следует, что для всех способов производства прибыль неотрицательна. При этом из соотношения (12) следует, что прибыль от внедрения инновации равна нулю. Отсюда следует, что для оптимальных способов производства прибыль в расчете на единицу производства достигает максимального значения, равного нулю.

Потребитель продукции продает субъектам производственного сектора имеющиеся у него первичные ресурсы по ценам q_k и покупает в максимальном объеме z продукцию, необходимую ему для потребления. Структура набора инновационных продуктов, покупаемых потребителем, задана числами Q_i (i = 1, 2, ..., n). Цена доли общего объема инновационной продукции равна p_i.

Ограничения (2) и (3) исходной задачи определяют баланс спроса и предложения продуктов и ресурсов в натуральном выражении.

Условие (9) вместе с условием (7) означает, что количество денег, полученных потребителем от продажи ресурсов, достаточно, чтобы купить всю произведенную продукцию. Другими словам, эти условия определяют баланс спроса и предложения в денежном выражении. Важно подчеркнуть, что для выполнения последнего баланса необходимо, чтобы доходы от продажи первичных ресурсов принадлежали потребителям продукции и собственникам первичных ресурсов.

Условия (6) и (12) означают, что прибыль в расчете на единицу производства продукции способом, найденным из решения прямой задачи (1)-(4), равна 0. Для этих способов производства левая часть неравенства (6) равна 0.

При способах производства, для которых левая часть неравенства (6) строго меньше нуля, прибыль инновации в расчете на единицу производства инновационной продукции меньше нуля, и, следовательно, при ценах p_i и q_k производство такими способами недопустимо.

Можно сказать, что производство инноваций в соответствии с планом, найденным из решения задачи (1)-(4), удовлетворяет условиям рыночного равновесия при ценах p_i и q_k.

Это надо понимать так: каждый из субъектов производственного сектора не заинтересован в увеличении или уменьшении производства продукции i-го вида способом по сравнению с планом x_{is}, найденным из решения прямой задачи.

Действительно, при производстве продукции оптимальными способами прибыль равна нулю. При отклонении производства от оптимальных технологических способов прибыль становится меньше нуля. Стабилизация цен продукции и ресурсов на уровне оценок, найденных из решения задачи (5)-(8), стимулирует производить инновационную продукцию оптимальными способами из решения (1)-(4).

Другими словами, цены, найденные из решения задачи (5)-(8), стимулируют эффективные с точки зрения интересов общества способы производства. Анализ модели показывает, что если какой-либо вид продукции производится в оптимальном плане в избытке, то цена этого вида продукции равна нулю. Аналогично: если каких-то ресурсов больше, чем их потребность в производстве, тогда цена этих ресурсов равна нулю. Из всего сказанного выше следует, что цены, найденные из решения задачи (5)-(8), обладают следующими замечательными свойствами.

1. Прибыль каждой инновации в расчете на единицу продукции равна нулю. Это значит, что организация не заинтересована в уменьшении или увеличении объема производства по сравнению со значениями, найденными из решения задачи (1)-(4).

2. Суммарная ценность используемых ресурсов, рассчитанная по этим ценам, равна суммарным затратам потребителя на покупку, т. е. величина внутреннего продукта равна чистым доходам потребителей.

3. Найденные цены стимулируют реализацию плана производства, полученного из решения задачи (1)-(4).

Схожую проблему, подобную задаче МОБ, подробно разобрал в своих работах Л.В. Канторович. Модель производственного планирования Канторовича относится к общим экономико-математическим моделям оптимизации производства, которые используются в практических расчетах таких систем, как предприятие, его отдельно взятый цех или регион, отрасль экономики и страна в целом. Необходимость анализа работ Л.В. Канторовича диктуется и тем, что именно он стоял у истоков применения математических методов в экономике.

В модели предполагается, что действующие и возможные технологические способы производства задаются векторами:

$$r_{k,s} = (r_{1,s}, r_{2,s}, \dots, r_{m,s}, r_{m+1,s}, \dots, r_{m+n,s}), \qquad (13)$$

где:

$r_{k,s}$ – объемы производства или затрат k соответствующих «ингредиентов» при единичной интенсивности использования технологического способа производства s.

– при $r_{k,s} > 0$ имеет место производство k-го «ингредиента»;

– если $r_{k,s} < 0$ – затраты;

– при $r_{k,s} = 0$ – «ингредиент» k не производится и не затрачивается.

Ресурсы труда, природные ресурсы, производственные мощности, сырьевые ресурсы и выпускаемая продукция, которая должна быть произведена в строго фиксированном количестве, задаются вектором ограничений $R_k = (R_1, R_2, \dots, R_m)$.

План организации производства определяется вектором $x_{js} = (x_{11}, x_{12}, \dots, x_{21}, x_{22}, \dots, x_{nw})$ с неотрицательными компонентами, указывающими на интенсивность использования соответствующих способов производства.

При плане $x_{js} = (x_{11}, x_{12}, \dots, x_{21}, x_{22}, \dots, x_{nw})$ различные «ингредиенты» производятся и затрачиваются в количествах:

$$u_k = \sum_{js} r_{k,js} x_{js}.$$

На некоторые «ингредиенты» вводятся ограничения:

$$u_k = \sum_{js} r_{k,js} x_{js} <=> R_k,$$

т. е. для $u_k \le R_k$ затраты не должны превосходить имеющиеся ресурсы (точно так же, как и в задаче МОБ), а для – план по производству инновационной продукции должен быть выполнен.

В качестве критерия оптимальности Л.В. Канторович предложил использовать максимальное число ассортиментных наборов, определяемое величиной

$$F(x) = \frac{\sum_{js} r_{k,js} x_{js}}{k_j} \rightarrow max,$$

где:

k_j – количество «ингредиента» k в одном наборе j.

Таким образом, основную задачу производственного планирования Канторовича можно записать в следующем виде.

Найти числа F и x_{js} такие, что:

$$F(x) \rightarrow max, \quad (14)$$

$$\sum_{js} r_{k,js} x_{js} <=> R_k, \quad (15)$$

$$x_{js} \geq 0, \quad (16)$$

С формальной точки зрения, задача Канторовича представляет собой задачу линейного программирования. Помимо максимизации функции по объему производства в литературе широко используются следующие критерии оптимальности [16, с. 5]:

$$F(x) = \sum_j p_j x_j \rightarrow max, \quad (17)$$

$$F(x) = \sum_j c_j x_j + C \rightarrow min, \quad (18)$$

$$F(x) = \sum_j (p_j - c_j) x_j - C \rightarrow max, \quad (19)$$

$$F(x) = \frac{\sum_j (p_j - c_j) x_j - C}{\sum_j c_j x_j + C} \rightarrow max \quad (20)$$

Условие (17) описывает выручку от реализации инновационной продукции; (18) – минимизацию затрат (переменных и постоянных), необходимых при производстве; (19) – валовую прибыль (выручку за вычетом затрат на производство); (20) – различные виды рентабельности (в данном случае рентабельность продукции).

Из теории линейного программирования известно: чтобы допустимый план задачи линейного программирования был оптимальным, необходимо и достаточно, чтобы существовало решение соответствующей двойственной задачи [3; 19, с. 21–43] и при этом переменные прямой двойственной задачи удовлетворяли соотношениям двойственности.

Двойственная задача и ее условия являются схожими с задачей МОБ. Отличительной особенностью является то, что в задаче Канторовича не учитывается возможность наличия одного инновационного продукта в другом, зато зафиксирован момент выполнения необходимых объемов производства.

Таким образом, в математической модели управления инновационной деятельностью промышленных предприятий будут учтены следующие особенности:

– будет использовано условие, при котором выпускаемые предприятием продукция из обычного ассортиментного ряда и инновационная продукция могут участвовать в производстве друг друга (условие оптимизационной задачи межотраслевого баланса В.В. Новожилова – формула (2));

– будет использовано условие, при котором затраты в зависимости от планируемой цены на инновационный продукт и оптимального выпуска производства продукции распределятся по группам издержек оптимальным образом (условие оптимизационной задачи межотраслевого баланса В.В. Новожилова – двойственная задача (5)-(8));

– будет использовано условие, при котором выпуск инновационной продукции и старого ассортиментного ряда, а также ресурсов, затрачиваемых по ходу производственного процесса, возможно не только ограничить, но и задать необходимый к выполнению объем (условие оптимизационной производственной задачи Л.В. Канторовича – формула (15)).

Рассмотрим на конкретном примере экономическое содержание данной модели.

Предприятие в соответствии с тем оборудованием, которым оно оснащено, может производить 3 вида инновационной продукции – износостойкие ролики с односторонним вращением для наклонных конвейерных систем различного типоразмера: 159×1400 (1), 159×1600 (2), 159×425 (3). Известно также, что любой из данных продуктов будет успешно реализован на рынке в тех объемах, которые способно произвести предприятие (условие может быть откорректировано в зависимости от тех факторов, которые формируют конечный спрос на продукцию рынка). На предприятии имеется цех, производящий продукцию старого ассортиментного ряда, – узел торможения (обойма) для роликов конвейерных систем. Производственные мощности предприятия позволяют произвести ролик типоразмера 159×1400 (1) в количестве 50 ед., 159×1600 (2) – 40 и 159×425 (3) – 100. «Старый» цех за год может выпустить 1000 ед. узлов торможения (обойм). В обязательном порядке необходимо произвести 200 ед. узлов торможения (обойм), согласно заключенным на предприятии договорам, однако данная продукция имеет спрос на рынке и вероятнее всего будет реализована на нем в полном объеме.

Для изготовления инновационной продукции каждого из трех видов задействован условный ресурс (на его месте могут быть металл, топливо, количество работников и т. д.). Его расход на 1 ед. инновационной продукции для 1-го случая – 2 усл. ед., для 2-го – 4, для 3-его – 10 соответственно. Для производства узлов торможения (обойм) расход ресурса составляет 0,5 усл. ед. Суммарные затраты данного ресурса не должны превысить 1000 усл. ед. Подобное условие выставляется в связи с ограниченностью различных ресурсов, производственных мощностей или рабочей силы. Известно также, что при изготовлении единицы каждого инновационного продукта необходимо затратить 2 ед. продукции старого образца (узлов торможения).

Требуется найти оптимальное распределение производства по всей продукции предприятия при максимизации объема произведенной продукции (критерием оптимальности может быть любое из условий (17)-(20)). Полученные значения переменных должны быть целочисленными.

Математическая запись задачи при данных условиях примет следующий вид:

$$z = x_{11} + x_{12} + x_{13} + y_{11} \to max, \qquad (21)$$

$$2x_{11} + 4x_{12} + 10x_{13} + 0{,}5y_{11} \leq 1000, \qquad (22)$$

$$0 \leq x_{11} \leq 50, \qquad (23)$$

$$0 \leq x_{12} \leq 40, \qquad (24)$$

$$0 \leq x_{13} \leq 100, \qquad (25)$$

$$200 \leq y_{11} \leq 1000, \qquad (26)$$

$$2(x_{11} + x_{12} + x_{13}) \leq y_{11} - 200. \qquad (27)$$

Оптимальное решение для задачи (21)-(27) будет выглядеть следующим образом:

– выпуск роликов 1-го вида (159×1400) составит – 50 ед.

– выпуск роликов 2-го вида (159×1600) – 40 ед.

– выпуск роликов 3-его вида (159××425) – 24 ед.

– выпуск узлов торможения (обойм) – 1000 ед.

– ресурс при таком объеме производства будет использован полностью в размере 1000 усл. ед.

– суммарный объем производства продукции составит 1114 ед., из которых 114 ед. – инновационная продукция.

При заданной цене на ролики, скажем условно, в 1 ден. ед. и старую в 0,1 ден. ед. можно составить двойственную задачу к задаче (13)-(17), т. е. задача определения цен имеет вид:

$$1000q_0 + 50q_1 + 40q_2 + 100q_3 + + 1000q_4 + 800q_5 \to min, \quad (28)$$

$$2q_0 + q_1 + 2q_5 \geq 1, \quad (29)$$

$$4q_0 + q_2 + 2q_5 \geq 1, \quad (30)$$

$$10q_0 + q_3 + 2q_5 \geq 1, \quad (31)$$

$$0{,}5q_0 + q_4 \geq 0{,}1, \quad (32)$$

$$q_0 \geq 0,\ q_1 \geq 0,\ q_2 \geq 0,\ q_3 \geq 0,\ q_4 \geq 0,\ q_5 \geq 0. \quad (33)$$

В *таблице* приведены исходные данные для модели оптимизации производства роликов и ее решение, а также решение двойственной к ней задачи.

Оптимальное решение для (18)-(22) примет следующий вид:

– цена использования условного ресурса – 0,1 ден. ед;

– цена производства ролика типоразмера 159×1400 – 0,8 ден. ед.

– цена производства ролика типоразмера 159×1600 – 0,6 ден. ед.

– цена производства ролика типоразмера 159×425 – 0 ден. ед. (т. к. производство продукции не задействует полностью производственные мощности, которыми обладает предприятие);

– цена производства на участке по сборке узлов торможения – 0,05 ден. ед.

– цена использования продукции старого ассортиментного ряда при производстве инновационной – 0 ден. ед. (т. к. ресурсы задействованы не до конца);

– суммарные затраты при таких ценах составят 214 ден. ед.

Интерпретируем результаты проведенных расчетов. Предприятие для реализации максимального количества инновационной продукции (роликов и узлов торможения для них) должно руководствоваться полученным оптимальным решением, при котором общий объем производимой продукции составит 1114 ед. Из них 114 ед. являются инновационными. Производство роликов третьего типоразмера 159×425 не выполнено в полном объеме (100 ед.), так как производственные мощности третьей линии задействованы на 24%. Данное явление обусловлено ограниченностью ресурса, который в большей мере используется при производстве 1-го и 2-го

Таблица. Данные по оптимизационной модели

Наименование ограничения	1 рол.($r_{k,js}$)	2 рол.($r_{k,js}$)	3 рол.($r_{k,js}$)	y_{js}	Фактический расход	Ограничение(R_k)	Цена ($q_j = 1$)
Ресурс (k_0)	2	4	10	0,5	1000	1000	0,1
Первая производственная линия (k_1)	1	0	0	0	50	50	0,8
Вторая производственная линия (k_2)	0	1	0	0	40	40	0,6
Третья производственная линия (k_3)	0	0	1	0	24	100	0
Производств. участок по сборке узлов торможения (k_4)	0	0	0	1	1000	1000	0,05
Использование y_{is} при x_{is}	2	2	2	0	228	800	0
Решение							
Производство (x_{is}; y_{is}; z)	50	40	24	1000	1124	макс.	214 (мин.)

типоразмеров роликов, так как норматив на его использование в данных продуктах наименьший. В связи с этим эффективным управленческим решением будет либо поиск недостающего количества ресурса для расширения границ ограничений, либо сокращение размера 3-ей производственной линии до тех мощностей, которые позволят произвести оптимальное количество роликов 159×425 в размере 24 ед.

Таким образом, применение математических методов линейного программирования на основе классических задач межотраслевого баланса В.В. Новожилова и производственной задачи Л.В. Канторовича позволяет руководителям предприятий принимать эффективное решение касательно выпуска инновационной продукции в ассортиментном ряде общей продукции и услуг, которыми занимается организация. Следует отметить, что предприятия, успешно осуществляющие инновационную деятельность, извлекают дополнительную сверхприбыль и имеют качественные преимущества по отношению к своим конкурентам. Наличие подобных организаций в структуре территориальных субъектов хозяйствования также выводит данные территории на более высокий уровень конкурентоспособности.

Дальнейшими направлениями исследования могут служить поиск остальных критериев оптимальности (выручка, себестоимость, рентабельность), представленных в статье, и определение руководителем организации наиболее эффективных компромиссных решений (планов).

ЛИТЕРАТУРА

1. Алферьев, Д. А. Линейное программирование в инновационной деятельности промышленных предприятий [Текст] / Д. А. Алферьев // Вторая научно-практическая конференция «Молодая экономика: экономическая наука глазами молодых ученых». – М. : ЦЭМИ РАН, 2015. – С. 7–9.
2. Богачев, А. И. Инновационный потенциал и инновационная активность российских предприятий [Текст] / А. И. Богачев, А. А. Полякова // Научный журнал КубГАУ – Scientific Journal of KubSAU. – 2010. – № 64 (10). – С. 156–165.
3. Гасс, С. Линейное программирование [Текст] / С. Гасс. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 1961. – 304 с.
4. Городжий, А. В. Линейное программирование. Проведение анализа устойчивости найденных оптимальных оценок [Текст] / А. В. Городжий, Д. К. Агишева, С. А. Зотова, Т. А. Матвеева // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 5-2. – С. 189–190.
5. Канторович, Л. В. Математико-экономические работы [Текст] / Л. В. Канторович. – Новосибирск : Наука, 2011. – 760 с.
6. Красс, М. С. Математика для экономистов [Текст] / М. С. Красс, Б. П. Чупрынов. – СПб. : Питер, 2010. – 464 с.
7. Кремин, А. Е. Оценка эффективности управленческой деятельности на предприятии ОАО «СКДМ» [Текст] / А. Е. Кремин // Молодые ученые экономике: сб. работ молодежной научной школы. – Вологда : ИСЭРТ РАН, 2015. – Вып. 15. – С. 284–290.
8. Мазилов, Е. А. Развитие промышленного комплекса в контексте модернизации экономики региона [Текст] : монография / Е. А. Мазилов ; под научным руководством д.э.н. К. А. Гулина. – Вологда : ИСЭРТ РАН, 2015. – 164 с.
9. Масленников, М. И. Научно-технологический потенциал и основные факторы, его определяющие, в России и зарубежных странах [Текст] / М. И. Масленников // Журнал экономической теории. – 2015. – № 4. – С. 46–63.
10. Новожилов, В. В. Проблемы измерения затрат и результатов для оптимального планирования [Текст] / В. В. Новожилов. – М. : Наука, 1972. – 432 с.
11. Рахматова, М. У. Проблемы повышения инновационной активности стран ЕАЭС на мировой арене [Электронный ресурс] / М. У. Рахматова, А. К. Бокоева. – Режим доступа : http://arch.kyrlibnet.kg/uploads/KNURAHMATOVAM.U.,BOKOEVAA.K.2015-5.pdf

12. Суровцов, Л. К. Математическая экономика [Текст] : учеб. пособие / Л. К. Суровцов. – М. : Экономика, 2011. – 357 с.
13. Сюлина, С. П. Методология анализа оптимизации ассортимента продукции на долгосрочную перспективу [Текст] / С. П. Сюлина // Экономический журнал. – 2010. – Т. 19. – № 3. – С. 26–36.
14. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru
15. Эконометрика [Текст] : учеб. / под ред. И. И. Елисеевой. – М. : Проспект, 2010. – 288 с.
16. Ярыгина, Л. В. Анализ вариантов производственной программы предприятия при помощи надстройки «Поиск решения» MS Excel» [Текст] / Л. В. Ярыгина, Н. А. Никитина. – Вологда : ВоГТУ, 2013. – 48 с.
17. Aubin, J.-P. Dynamic Economic Theory. A Viability Approach [Text] / J-P. Aubin. – Springer, 1997. – 510 p.
18. Rakesh, V. V. Mechanism Design. A Linear Programming Approach [Text] / V. V. Rakesh. – Cambridge, 2012. – 173 p.
19. Vajda, S. MATHEMATICAL PROGRAMMING [Text] / S. Vajda. – Mineola, N. Y. : DOVER PUBLICATIONS, INC., 2009. – 311 p.
20. Williams, H. P. Model Building in Mathematical Programming [Text] / H. P. Williams. – London School of Economics, UK : WILEY, 2013. – 411 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Алферьев Дмитрий Александрович – инженер-исследователь отдела проблем научно-технологического развития и экономики знаний. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт социально-экономического развития территорий Российской академии наук. Россия, 160014, г. Вологда, ул. Горького, д. 56а. E-mail: alferev_1991@mail.ru. Тел. (8172) 59-78-10.

Alfer'ev D.A.

PLANNING THE PRODUCTION OF INNOVATIVE PRODUCTS BASED ON LINEAR PROGRAMMING

Innovation activity is primarily associated with the production of new products and services and release them in the market. In the context of globalization of the Russian Federation and its integration into the world economic system, domestic industrial enterprises more and more often have to compete with foreign companies. This encourages Russian organizations to adjust their production scheme. The problem of production and sales of products and services, particularly those that are innovative, currently has no single and clear solution, which leads to the existence of many methods and algorithms to achieve optimal solutions using mathematical tools, and those that are purely theoretical. The purpose of this paper is to build an optimization model for the production process of innovative products. The paper discusses in detail the mathematical model of input-output balance developed by V.V. Novozhilov and the industrial task developed by L.V. Kantorovich. The author highlights their features that must be incorporated in the models for managing innovative activity of enterprises. The paper contains a detailed elaboration of the example of application of these algorithms in the production activity of an organization on the basis of which an optimum plan of production of innovative products and products of the old product range is calculated. The production program that was developed substantiated the costs of the resources allocated in the task. Further research directions may include the search for additional optimality criteria such as revenue, cost, profitability, and finding compromises between them.

Innovation, production optimization, linear programming, plan for production of goods and services, innovation activity.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Alfer'ev Dmitrii Aleksandrovich – Research Engineer at the Department for Issues of Scientific and Technological Development and Knowledge Economy. Federal State Budgetary Institution of Science Institute of Socio-Economic Development of Territories of the Russian Academy of Sciences. 56A, Gorky Street, Vologda, 160014, Russian Federation. E-mail: alferev_1991@mail.ru. Phone: +7(8172) 59-78-10.