

УДК 336.6
ББК 65.05
Р 69

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНЦЕПЦИИ «ЗАТРАТЫ-ВЫПУСК» ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ГРУППЫ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Романов Б.А.¹

*МАИ (Национальный исследовательский университет),
г. Москва*

В статье на основе концепции «затраты-выпуск» В. Леонтьева разработана интегрированная модель взаимодействия группы предприятий, совместно производящих промышленную продукцию в которую синтезирована модель отдельного предприятия (любого) из этой группы. Интегрированная модель позволяет наряду с анализом структуры и взаимодействия предприятий группы, выполнять анализ внутренней структуры и взаимодействия цехов и подразделений отдельного предприятия, а также взаимосвязь этих цехов и подразделений с остальными предприятиями группы взаимодействующих предприятий.

Ключевые слова: Промышленное производство, модель «затраты-выпуск», взаимосвязь предприятий, цехов, подразделений, структура промышленного производства.

1. Введение

Модель «затраты-выпуск» В. Леонтьева [1] представляет собой развитие системы уравнений баланса затрат и распределения продукции экономики государства, разделенной на ряд отраслей [2].

¹ Романов Борис Александрович, доцент, кандидат технических наук (boris094@mail.ru)

Одним из первых балансов экономики государства был разработанный в СССР баланс народного хозяйства за 1923/1924 г. Как указано в [3], В. Леонтьев соединил баланс межотраслевых пропорций народного хозяйства с математической моделью, характеризующей взаимосвязи между затратами на производство и выпуском продукции различных отраслей.

Модель «затраты-выпуск» может использоваться не только для описания экономики государства в целом, но и в качестве модели производственного плана на отдельном предприятии, что и было выполнено уже в 1961 г. в [4] на примере составления производственного плана (техпромфинплана) завода по производству синтетического каучука.

Из современных исследований, посвященных использованию модели межотраслевого баланса применительно к отдельному предприятию можно указать работу [5]. Однако по содержанию эта работа мало чем отличается от работы [4], опубликованной еще в 1961 г. В других современных исследованиях по использованию модели «затраты-выпуск» анализируются различные аспекты оценки функционирования отдельных предприятий и промышленных комплексов.

Так работе [6] для формирования показателя общественной стоимости промышленного производства вводится понятие матрицы влияния (воздействия) предприятия i на функционирование предприятия j . Эта матрица определяется как произведение матрицы коэффициентов прямых затрат на величину H_i , которая в свою очередь определяется как индекс монополизации рынка производителями товара i . В качестве индекса монополизации рынка используется индекс Херфиндаля-Хиршмана, определяемый как сумма квадратов долей рынка, занимаемых производителями товара i . Вводимая матрица очевидно имеет весьма малое отношение к модели межотраслевого баланса (модели «затраты-выпуск» в западной терминологии), в полном понимании этой модели, если не считать таким отношением использование матрицы коэффициентов прямых затрат

для формирования достаточно субъективного показателя общественной стоимости промышленного производства.

В работе [7] в простейшую двухпродуктовую модель «затраты-выпуск» включены параметры, характеризующие субъективную ценность производимой продукции. Эта модифицированная модель «затраты-выпуск», по мнению ее автора, является дискуссионной, с чем нельзя не согласиться, поскольку вводимые параметры достаточно сложно определять практически. В статье [8] исследуется задача оптимизации функционирования многоотраслевого промышленного комплекса в условиях неплатежей предприятий на основе динамической модели межотраслевого баланса. Отдельная отрасль интерпретируется как отдельное предприятие, выпускающее один вид продукции. Последнее обстоятельство существенно ограничивает возможности использования этой модели в практическом применении для управления промышленным комплексом.

В книге [9] формулируется модель фирмы на основе концепции «затраты-выпуск» В. Леонтьева. В этой работе модель сформулирована в однопродуктовом представлении, что не позволяет раскрыть всю мощь концепции «затраты-выпуск».

В отличие от [4-9] в данной статье разработана интегрированная модель «затраты-выпуск», содержащая синтез модели «затраты-выпуск» отдельного предприятия (любого) из группы взаимодействующих предприятий с моделью «затраты-выпуск» всей группы взаимосвязанных предприятий. Предлагаемая интегрированная модель позволяет анализировать внутреннюю структуру отдельного предприятия и ее взаимосвязь со структурой взаимосвязи группы взаимодействующих предприятий.

2. Модель группы взаимодействующих предприятий

Модель «затраты-выпуск» для описания взаимодействия группы предприятий в многопродуктовом представлении можно записать в виде системы уравнений:

$$(1) \ x_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j + y_i, \ i=1, \dots, n,$$

где x_i – валовой выпуск продукции предприятия i ;

a_{ij} – коэффициент прямых внешних затрат на предприятии j продукции, работ или услуг предприятия i ;

y_i – выпуск конечной продукции на предприятии i ;

n – количество предприятий.

Модель «затраты-выпуск» (1) записана в стоимостном выражении, как и ниже сформулированная модель «затраты-выпуск» с разбивкой по цехам отдельного предприятия. Недостаток модели (1), которая является полной аналогией модели «затраты-выпуск» В. Леонтьева для экономики государства, для целей моделирования взаимодействия производственных предприятий, заключается в том, что в этой модели предполагается, что каждая отрасль выпускает только один продукт. Отрасль соответствует в модели (1) одному предприятию. Обобщение модели В. Леонтьева на случай многопродуктового представления можно выполнить, если предприятие, выпускающее несколько видов продукции, разделить на нескольких «условных» предприятий, каждое из которых выпускает только один вид продукции. Под «условным» предприятием будем понимать производственную линию, сборочную площадку и т.п. и другие подразделения выпускающие конечную продукцию. Ниже такое обобщение для группы взаимодействующих предприятий будет выполнено.

Управление группой предприятий включает составление производственных планов по выпуску продукции. Допустим, что в составе группы взаимодействующих предприятий имеются две группы. Первая группа в основном выпускает продукцию для конечного потребления, а вторая группа в основном выпускает промежуточную продукцию, которая поступает на предприятия первой группы, обеспечивая таким образом выпуск конечной продукции этой группы. Такой состав взаимодействующих предприятий можно наблюдать, например, в авиастроении. В первую группу входят сборочные предприятия, а во вторую группу пред-

приятия, поставляющие на предприятия первой группы материалы, детали, комплектующие изделия и пр.

Для рассматриваемой группы взаимодействующих предприятий производственные планы сначала устанавливаются для предприятий, выпускающих конечную продукцию. Исходя из планов предприятий, выпускающих конечную продукцию, составляются производственные планы предприятий, выпускающих промежуточную продукцию для обеспечения выпуска этой конечной продукции.

3. Модель группы» взаимодействующих «условных» предприятий

Рассмотрим одно из реальных предприятий с индексом i , $i=1,...,n$. Допустим, что производство на этом предприятии с индексом i осуществляется как взаимодействие k цехов (площадок, производственных линий и т.д.), $k=m_1,...,m_i$, количество которых на предприятии i обозначим m_i . Будем рассматривать эти цеха как «условные» предприятия, из которых составлено реальное предприятие i

В цеха этого предприятия кроме продукции других цехов этого же предприятия, поступает промежуточная продукция от других предприятий множества с индексами $i=1,...,n$. Предприятие i в свою очередь поставляет промежуточную продукцию другим предприятиям множества с индексами $i=1,...,n$. Поскольку реальное предприятие i представляется в виде группы «условных» предприятий, то поставка промежуточной продукции предприятия i другим предприятиям множества с индексами $i=1,...,n$ осуществляется «условными» предприятиями, которые будем обозначать индексом i_k , $i=1,...,n$, $k=m_1,...,m_i$.

Соответственно промежуточная продукция «условных» предприятий i_k будет поступать в «условные» предприятия j_k реального предприятия j множества $j=1,...,n$.

Введем матрицу прямых затрат продукции «условных» предприятий в виде $a_{i_k j_k}$, $i, j=1, \dots, n$, $k=m_1, \dots, m_i$. Тогда можно записать систему уравнений производства и распределения продукции «условных» предприятий аналогично системе уравнений (1):

$$(2) \quad x_{i_k} = \sum_{k=m_1}^{m_i} \sum_{j=1}^n a_{i_k j_k} x_{j_k} + y_{i_k}, \quad i, j=1, \dots, n, k=m_1, \dots, m_i,$$

где x_{i_k} – валовой выпуск продукции «условного» предприятия

i_k ;

y_{i_k} – выпуск конечной продукции «условного» предприятия

i_k .

Матрица $a_{i_k j_k}$, $i, j=1, \dots, n$, $k=m_1, \dots, m_i$ квадратная размерностью $\sum_{i=1}^n m_i$ и рассчитывается на основе анализа данных

по производству и распределению (поставках) промежуточной продукции «условных» предприятий, т.е. цехов, производственных линий, площадок и т.п., входящих в состав реального предприятия.

Система уравнений (2) для описания взаимодействия «условных» предприятий является обобщением системы уравнений (1) для группы взаимодействующих реальных предприятий с учетом детализации производственной деятельности каждого из предприятий (любого) посредством выделения в его составе «условных» предприятий, т.е. цехов, производственных линий, сборочных площадок и т.п. Тем самым оказывается возможным описать выпуск каждым реальным предприятием нескольких видов продуктов, что было практически невозможно сделать в рамках классической модели В. Леонтьева «затраты-выпуск».

1. Расчет производственной программы. Решение прямой задачи

Расчет производственной программы группы рассматриваемых взаимодействующих «условных» предприятий начинается с задания вектора производства конечной продукции, который обозначим y_{i_k} , $i=1,...,n$, $k=m_1,...,m_i$. Далее рассчитываются требуемые объемы валового выпуска «условных» предприятий. Эти объемы, обозначаемые x_{i_k} , определяются решением системы уравнений (1) относительно заданного вектора y_{i_k} :

$$(5) \quad x_{i_k} = \sum_{k=m_1}^{m_i} \sum_{j=1}^n b_{i_k j_k} y_{j_k},$$

где $b_{i_k j_k}$ – элементы матрицы, обратной к матрице

$(\delta_{i_k j_k} - a_{i_k j_k})$, $i, j=1,...,n$, $k=m_1,...,m_i$;

$\delta_{i_k j_k}$ – символ Кронекера ($\delta_{i_k j_k} = 1$ при $i_k = j_k$, $\delta_{i_k j_k} = 0$ при $i_k \neq j_k$).

Для системы уравнений (1) принято допущение, что матрица $(\delta_{i_k j_k} - a_{i_k j_k})$ продуктивная, т.е. обратная матрица существует и доставляет для системы уравнений (3) такое решение, что $x_{i_k} \geq 0$.

Для расчета производственной программы по «условным» предприятиям, т.е. величины x_{i_k} , $i=1,...,n$, $k=m_1,...,m_i$ по цехам, производственным линиям, сборочным площадкам и т.п. реального предприятия, полагаем, что в системе уравнений (2) вектор y_{i_k} задан и обозначим его $\hat{y}_{i_k}$. Подставив в систему

уравнений (2) вектор $\hat{y}_{i_k}$, получим:

$$(6) \hat{x}_{i_k} = \sum_{k=m_1}^{m_i} \sum_{j=1}^n b_{i_k j_k} \hat{y}_{j_k}, \quad i, j=1, \dots, n, \quad k=m_1, \dots, m_i,$$

где $\hat{x}_{i_k}$ - требуемые валовые выпуски «условных» предприятий для обеспечения производства конечной продукции в объеме $\hat{y}_{i_k}$.

Решение прямой задачи можно использовать для решения задачи управления по развитию производственных мощностей предприятия и цехов реальных предприятий.

2. Расчет производственной программы. Решение обратной задачи

Полученное выше решение представляет собой прямую задачу, когда для заданных векторов выпуска конечной продукции рассчитываются требуемые объемы валового производства продукции предприятий и цехов. В обратной задаче для исходных данных валовых выпусков продукции предприятий и цехов (заданных мощностей) требуется определить выпуск конечной продукции. Решение обратной задачи можно получить, решая систему уравнений (2) относительно заданных величин валовых выпусков продукции (заданных мощностей) предприятий и цехов x_{i_k} . $i=1, \dots, n$, $k=m_1, \dots, m_i$. Это оптимизационная задача, поскольку существуют различные варианты выпуска конечной продукции и решение в общем случае можно получить, используя стандартные методы решения задач линейного программирования.

Однако практически всегда известно, в каких пропорциях требуется выпускать конечную продукцию. Естественно, что эти пропорции зависят от различных условий постановки задачи. В данном случае конкретная постановка не важна, а важен сам принцип, что конечная продукция выпускается в заданных про-

порциях.

Допустим, что общий объем выпуска конечной продукции всех реальных предприятий, обозначаемый Y , распределяется по предприятиям в пропорциях, определяемых вектором ε_i :

$$(7) \varepsilon_i = \frac{y_i}{Y}, \quad i=1, \dots, n, \quad Y = \sum_{i=1}^n y_i,$$

где ε_i пропорции выпуска продукции между реальными предприятиями.

Введем коэффициенты φ_{ik} , которые представляют собой долю конечной продукции «условного» предприятия k (цеха, производственной линии, сборочной площадки в реальном предприятии с индексом i) в общем объеме выпуска конечной продукции y_i реального предприятия i :

$$(8) \varphi_{ik} = \frac{y_{ik}}{y_i}, \quad i=1, \dots, n, \quad k=m_1, \dots, m_i, \quad \text{где } y_i = \sum_{k=1}^{m_i} y_{ik}.$$

Из соотношений (7) и (8) получаем выражения для векторов y_i и y_{ik} : $y_i = \varepsilon_i Y$ и $y_{ik} = \varphi_{ik} y_i$, $y_{ik} = \varphi_{ik} \varepsilon_i Y$, $i=1, \dots, n$, $k=m_1, \dots, m_i$.

Рассмотрим систему уравнений (5), в которую вместо x_{ik} подставлены фиксированные мощности «условных» предприятий, обозначаемые p_{ik} . Поскольку в этих уравнениях величина p_{ik} , а величина y_{jk} свободная, то равенства выполняться не будут. Они превратятся в неравенства вида

$$p_{ik} \geq \sum_{k=m_1}^{m_i} \sum_{j=1}^n b_{ikjk} y_{jk}. \quad \text{Докажем, что неравенства вида}$$

$p_{i_k} < \sum_{k=m_1}^{m_i} \sum_{j=1}^n b_{i_k j_k} y_{j_k}$ не могут выполняться. Выполним

это доказательство от противного. Допустим, что эти неравенства выполняются. Обозначим вектор y_{j_k} , удовлетворяющий

этим неравенствам $\hat{y}_{j_k}$. Поскольку вектор $\hat{y}_{j_k}$ может принимать

любые значения, а вектор $p_{i_k} \geq 0$, то можно подобрать

столь малые его значения вектора $\hat{y}_{j_k}$, что неравенства

$p_{i_k} < \sum_{k=m_1}^{m_i} \sum_{j=1}^n b_{i_k j_k} y_{j_k}$ не будут выполняться. Поскольку

получено противоречие, то остается принять, что выполняются

неравенства $p_{i_k} \geq \sum_{k=m_1}^{m_i} \sum_{j=1}^n b_{i_k j_k} y_{j_k}$.

Подставив в эти неравенства вместо y_{j_k} величину

$\varphi_{i_k} \varepsilon_i Y$, получаем систему неравенств:

$$p_{i_k} \geq \sum_{k=m_1}^{m_i} \sum_{j=1}^n b_{i_k j_k} y_{j_k} = Y \sum_{k=m_1}^{m_i} \sum_{j=1}^n b_{i_k j_k} \varphi_{i_k} \varepsilon_i.$$

Из этих неравенств получаем систему неравенств для неизвестной величины Y :

$$Y \leq \frac{p_{i_k}}{\sum_{k=m_1}^{m_i} \sum_{j=1}^n b_{i_k j_k} \varphi_{i_k} \varepsilon_i}, \quad i=1, \dots, n, \quad k=m_1, \dots, m_i.$$

Величины в правой части этих равенств представляют собой компоненты вектора, которые обозначим g_{i_k} , $i=1, \dots, n$,

$$k = m_1, \dots, m_i.$$

Поскольку величина Y должна быть меньше или равна любой компоненте вектора g_{i_k} , то получаем, что величина

$$Y \text{ точно равна: } Y = \min_{i_k} g_{i_k}.$$

Решение обратной задачи, как и прямой, можно использовать для составления программ развития производственных мощностей отдельных предприятий и всего комплекса промышленного производства.

3. Числовые примеры

Приведем числовые примеры формирования производственных планов группы взаимодействующих предприятий и отдельного предприятия из этой группы. В качестве прообраза группы взаимодействующих предприятий будем рассматривать условный пример группы взаимодействующих «условных» предприятий авиастроения. Всего в группу входят три реальных предприятия. Первое предприятие – это сборочное предприятие, состоящее из одного сборочного цеха. Второе предприятие включает два цеха, а третье – три цеха.

В этом примере $i=1,2,3$, $k=m_1, m_2, m_3$, $m_1=1$, $m_2=2$, $m_3=3$.

Таким образом в группу взаимодействующих «условных» предприятий 6 предприятий, первое из которых представляет собой предприятие (цех, производственную линию, сборочную площадку и т.п.) конечной сборки самолета, а остальные предприятия обеспечивают предприятие конечной сборки материалами, деталями, комплектующими изделиями и пр. Все исходные данные условные, но соответствуют качественной картине параметров реальных предприятий.

В соответствии с заданными условиями второе и третье реальные предприятия трансформируются в 2 и 3 «условных» предприятий по числу входящих в их состав цехов (производственных линий, сборочных площадок и т.п.). Первое реальное

предприятие, представляющее собой один сборочный цех, превращается в одно «условное» предприятие. В итоге получаем систему «затраты-выпуск» «условных» предприятий из 6 уравнений:

$$\begin{aligned}x_{11} &= a_{111} x_{11} + a_{112} x_{21} + a_{112} x_{22} + a_{113} x_{31} + a_{112} x_{32} + a_{113} x_{33} + y_{11}; \\x_{21} &= a_{211} x_{11} + a_{212} x_{21} + a_{212} x_{22} + a_{213} x_{31} + a_{212} x_{32} + a_{213} x_{33} + y_{21}; \\x_{22} &= a_{221} x_{11} + a_{221} x_{21} + a_{222} x_{22} + a_{223} x_{31} + a_{222} x_{32} + a_{223} x_{33} + y_{22}; \\x_{31} &= a_{311} x_{11} + a_{312} x_{21} + a_{312} x_{22} + a_{313} x_{31} + a_{312} x_{32} + a_{313} x_{33} + y_{31}; \\x_{32} &= a_{321} x_{11} + a_{321} x_{21} + a_{322} x_{22} + a_{323} x_{31} + a_{322} x_{32} + a_{323} x_{33} + y_{32}; \\x_{33} &= a_{331} x_{11} + a_{331} x_{21} + a_{332} x_{22} + a_{333} x_{31} + a_{332} x_{32} + a_{333} x_{33} + y_{33}.\end{aligned}$$

В табл. 1 представлены коэффициенты прямых затрат «условных» предприятий a_{ijk} . $i, j=1,2,3$, $k=m_1, m_2, m_3$, $m_1=1$, $m_2=2$, $m_3=3$. В табл. 2 представлена матрица коэффициентов b_{ijk} , обратных к матрице коэффициентов $(\delta_{ijk} - a_{ijk})$.

При решении прямой задачи для группы «условных» предприятий задается вектор $\hat{y}_{i_k}$ выпуска конечной продукции «условными» предприятиями в виде только одного компонента $\hat{y}_{11}$, т.к. предполагается, что остальные «условные» предприятия выпускают только промежуточную продукцию (табл. 3).

Исходя из вектора $\hat{y}_{i_k}$ и матрицы коэффициентов b_{ijk} по формуле (6) вычисляется вектор $\hat{x}_{i_k}$ требуемого валового выпуска продукции «условных» предприятий (табл. 4).

При решении обратной задачи задаются:

- пропорции выпуска конечной продукции реальных и «условных» предприятий, т.е. величины $\varepsilon_1=1$, $\varepsilon_2=0$, $\varepsilon_3=0$, $\varphi_{11}=1$, $\varphi_{ik}=0$, $i=2,3$, $k=m_2, m_3$, $m_2=2$, $m_3=3$;
- мощности «условных» предприятий p_{i_k} (табл. 5).

Вычисляются значения величин g_{i_k} , $i=1,2,3$, $m_1=1$, $m_2=2$, $m_3=3$ минимальное значение которых определяет максимальный общий объем выпуска конечной продукции первого «условного» (т.е. реального) предприятия.

Таблица 1. Матрица коэффициентов $a_{i_k j_k}$, $i, j = 1, 2, 3$,

$k=m_1, m_2, m_3$, $m_1=1$, $m_2=2$, $m_3=3$.

№ «Усл.» предпр.	1 ₁	2 ₁	2 ₂	3 ₁	3 ₂	3 ₃
1 ₁	0	0,03	0,02	0,04	0,05	0,03
2 ₁	0,05	0	0,04	0,03	0,02	0,01
2 ₂	0,04	0,03	0	0,02	0,03	0,04
3 ₁	0,03	0,02	0,01	0	0,05	0,08
3 ₂	0,06	0,07	0,06	0,05	0	0,02
3 ₃	0,03	0,02	0,01	0,03	0,05	0

Таблица 2. Матрица $b_{i_k j_k}$, обратная матрице коэффициентов

$(\delta_{i_k j_k} - a_{i_k j_k})$, $i, j = 1, 2, 3$, $k=m_1, m_2, m_3$, $m_1=1$, $m_2=2$, $m_3=3$.

№ «Усл.» предпр.	1 ₁	2 ₁	2 ₂	3 ₁	3 ₂	3 ₃
1 ₁	1,009	0,037	0,026	0,046	0,056	0,036
2 ₁	0,055	1,006	0,043	0,035	0,027	0,017
2 ₂	0,046	0,036	1,005	0,026	0,037	0,045
3 ₁	0,038	0,028	0,016	1,008	0,058	0,084
3 ₂	0,07	0,077	0,066	0,058	1,011	0,03
3 ₃	0,036	0,026	0,015	0,035	0,055	1,006

Таблица 3. Векторы $\hat{y}_{i_k}$ и $\hat{x}_{i_k}$ млрд. руб.

№ «Усл.» предпр.	1 ₁	1 ₁	2 ₁	2 ₂	3 ₁	3 ₂	3 ₃
$\hat{y}_{i_k}$	5 000	0	0	0	0	0	0
$\hat{x}_{i_k}$	5045	275	230	268	190	3509	180

Таблица 4. Решение обратной задачи. млрд. руб.

№ «Усл.» предпр.	1 ₁	2 ₁	2 ₂	3 ₁	3 ₂	3 ₃
p_{i_k}	6000	200	300	300	500	300
g_{i_k}	5946	3636	6521	7894	7142	8333

Результаты решения прямой задачи представлены в табл. 3, а обратной задачи в табл. 4. Минимальное значение g_{i_k} равно 3636 млрд руб. Эта величина представляет собой общий объем выпуска конечной продукции группы предприятий. Конечную продукцию выпускает первое «условное» оно же и реальное предприятие. При этом лимитирующей мощностью является мощность второго «условного» предприятия.

4. Заключение

В статье разработана интегрированная математическая модель взаимодействия группы предприятий, совместно выпускающих производственную продукцию на основе концепции В. Леонтьева «затраты-выпуск». В этой модели осуществлен синтез модели «затраты-выпуск» группы взаимодействующих реальных предприятий и группы «условных» предприятий, в которую трансформируются реальные предприятия посредством выделения из них «условных» предприятий, представляющих собой отдельные цеха (производственные линии, сборочные

площадки и т.п.) реального предприятия. Интегрированная модель позволяет более детально анализировать как работу отдельного предприятия, так и его взаимодействие с остальными предприятиями группы.

Разработаны алгоритмы решения задач управления промышленным производством группы взаимодействующих предприятий, включая задачу определения необходимых производственных мощностей предприятий и цехов и подразделений внутри них (прямая задача) и задачу определения максимально возможного объема конечной продукции на имеющихся мощностях (обратная задача).

Приведены числовые примеры решения задач управления промышленным производством на примере авиастроения. В этих примерах в состав группы взаимодействующих предприятий входит предприятие конечной сборки самолетов и предприятия, поставляющие на сборочные предприятия отсеки самолетов, материалы, детали, узлы и комплектующие изделия.

Литература

1. ЛЕОНТЬЕВ В.В. *Избранные произведения в 3-х томах.* – М.: ЗАО «Издательство «Экономика», 2006 г.
2. *Моделирование народно-хозяйственных процессов* / Под ред. Дадаева В.С. - М.: Экономика, 1973.- 479 с.
3. НЕМЧИНОВ В.С. *Избранные произведения: в 6 т.* М.: «Наука», 1967-1969, т. 5, с. 192-194.
4. ФЕДОРОВИЧ М.М., ЧЕРЕЙСКАЯ Н.Н., СОКОЛОВА Л.В., ТОБЕЛКО И.Л. *Математический метод составления тех-промфинплана завода.* / В кн. Применение математики в экономических исследованиях. Под редакцией академика В.С. Немчинова, т. 2, М.:Соцэкгиз, 1961, с.248-295.
5. КУЗНЕЦОВА Т.И., БЕЛОУСОВА О.Н. *Использование матричных моделей на машиностроительном предприятии в условиях кризиса.* / Гуманитарный вестник, 2013, вып. 8. URL:<http://hmbul.bmstu.ru/catalog/econom/hidden/100.html>

6. ВОЛОЩУК С.Д. *Оценка эффективности управления объектами оборонно-промышленного комплекса на основе показателя общественной стоимости*. М.: Наука, 2009.
7. КУРЫШЕВ Н.И. *Модель «затраты-выпуск»: количественный и ценностный анализ производства* // Вестник кибернетики. 2013. № 12.
8. ФЕДОРОВ В.В., КАТУЛЕВ А.Н., КОЛЕСНИК А.Н. *Оптимальный режим функционирования промышленного комплекса в условиях финансового кризиса* // Мат. моделирование. 2001. № 10.
9. ШИРЯЕВ В.И., ШИРЯЕВ Е.В. *Принятие решений. Динамические задачи управления фирмой*. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2016. -192 с.

Романов Борис Александрович

Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет)

Москва Волоколамское шоссе дом 4

Доцент, кандидат технических наук

E-mail boris094@mail.ru Моб. тел. 910-453-7756

Докторант ИПУ РАН, научный руководитель Цвиркун А.Д.