

---

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛЕЙ КОМПЛЕКСОЗНАЧНОЙ ЭКОНОМИКИ**

---

**Асанович Валерий Яковлевич,**

доктор химических наук, профессор кафедры прикладной математики и экономической кибернетики Белорусского государственного экономического университета; asan41@gmail.com

**Самойлов Михаил Владимирович,**

кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии важнейших отраслей промышленности Белорусского государственного экономического университета; kt@bseu.by

**Светуньков Сергей Геннадьевич,**

доктор экономических наук, профессор кафедры организации и управления Национального минерально-сырьевого университета «Горный» (г. Санкт-Петербург); sergey@svetunkov.ru

В статье проанализирована и обоснована возможность исследования динамики развития предприятий промышленного сектора национальной экономики Республики Беларусь с помощью моделей комплексозначной экономики. Приведены результаты такого исследования на примере предприятий машиностроения и металлообработки, химической и нефтехимической, а также легкой и пищевой промышленности.

**Ключевые слова:** промышленность, моделирование, комплексные переменные, модуль и полярный угол комплексной переменной, экономическое развитие.

Как показывает практика, модели действительных переменных не всегда адекватно описывают производственные процессы, что ограничивает возможности их использования для решения практических. Введение в модели дополнительных ограничений и предположений приводит к тому, что зачастую модели начинают обладать свойствами, которых нет в реальных производственных объектах. Поэтому сегодня ощутима потребность в использовании иных принципов исследования и экономико-математического моделирования производственной деятельности, и такие принципы, нам представляется, заложены в теории функций комплексных переменных, ле-

жащей в основе нового научного направления – комплексозначной экономики [1, 2]. В ней рассматриваются комплексные переменные, состоящие из двух действительных частей, отражающих разные стороны одного и того же процесса или объекта, например, комплексный труд представляется в виде двух составляющих – промышленно-производственного персонала и непромышленного персонала, или основные фонды предприятия представимы как основные производственные фонды (действительная часть) и основные непромышленные фонды (мнимая часть) и т.п.

Такое комплексозначное представление множества социально-экономических показателей и факторов позволяет иначе описать сложные экономические взаимосвязи, более точно промоделировать влияние каждого из факторов, и что принципиально важно – промоделировать изменение пары социально-экономических показателей от множества других факторов, например, промоделировать изменение валовой прибыли и валовых издержек, которые представлены как одна комплексная переменная, при изменении труда, капитала и других ресурсов и факторов.

Исследование динамики промышленности Республики Беларусь, проведённое ранее [3], показало перспективность использования данной методологии и для анализа явлений, происходящих в промышленности в целом. Большой интерес вызывает как отдельный анализ динамики ключевых для национальной экономики отраслей промышленности, так и их сопоставление. Именно такую возможность исследователю дает аппарат комплексозначной экономики.

Цель данной статьи – привести результаты исследования динамики ключевых отраслей промышленного комплекса национальной экономики с использованием методологии теории функций комплексных переменных.

В качестве объектов анализа были выбраны четыре отрасли, имеющие большой удельный вес продукции в общем объеме промышленного производства Республики Беларусь: машиностроение и металлообработка, химическая и нефтехимическая промышленность, пищевая промышленность, лёгкая промышленность. Отправные данные для исследования были взяты из официальных статистических сборников [4, 5].

Чтобы использовать аппарат теории функций комплексной переменной, при объединении двух действительных экономических показателей в одну комплексную переменную должно выполняться два условия [1]:

- показатели должны быть характеристиками одного процесса или явления и отражать его разные стороны;
- показатели должны иметь одинаковую размерность.

Основными исходными показателями для анализа являлись:

- объем промышленного производства  $Q$ , млрд. рублей;
- прибыль  $P$  от реализации товаров, продукции, работ, услуг, млрд. рублей;

- рентабельность реализованной продукции, работ, услуг,  $r$  %;
- среднесписочная численность промышленного производственного персонала, тыс. человек;
- реальная начисленная среднемесячная заработная плата промышленного производственного персонала, тыс. рублей;
- износ (амортизация) основных средств промышленности за год, млрд. рублей;
- структура затрат на производство продукции.

Динамика исходных и рассчитанных на их основе показателей анализировалась на протяжении 2004-2010 гг. При этом величины показателей в фактических (действующих) ценах для удобства сопоставления индексировались в цены 2004 года. Годовые затраты  $Z$  на производство и реализацию продукции, работ и услуг рассчитывались на основе сведений о прибыли и рентабельности; годовые затраты труда  $L$  рассчитывались на основе сведений о реально начисленной заработной плате, среднесписочной численности промышленного производственного персонала и фонде рабочего времени; годовые затраты капитала  $K$  брались из баланса основных средств, а также рассчитывались на основе сведений о структуре затрат на производство продукции.

Для наглядности отображения и сопоставления полученной информации, результаты исследования в данной работе представлены графически. При этом запись масштаба производственно-хозяйственной деятельности предприятий  $R$  в виде комплексного числа даёт возможность одновременного исследования динамики двух действительных параметров – прибыли и затрат на производство и реализацию продукции:

$$R = P + iZ, \quad (1)$$

где  $P$  – прибыль;  $Z$  – затраты на производство и реализацию продукции;  $i$  – мнимая единица, число, удовлетворяющее равенству:  $i^2 = -1$ .

Анализируя динамику параметра  $R$ , мы одновременно отслеживаем и динамику прибыли  $P$  (действительная, вещественная, явная часть комплексного числа), и динамику затрат  $Z$  на производство и реализацию продукции (мнимая, неявная, скрытая часть комплексного числа), поскольку показатели  $P$  и  $Z$  являются характеристиками одного и того же комплексного числа (1).

Такой же методологический подход позволяет объединить два фактора производства в одно комплексное число и также его исследовать:

$$W = K + iL, \quad (2)$$

где  $K$  – затраты капитала;  $L$  – затраты труда.

Использование комплексной переменной в качестве модели, объединяющей два взаимосвязанных экономических показателя, позволяет, как получить компактную запись исследуемого экономического явления, так и отразить более полную информацию об исследуемом объекте.

Представление экономических показателей и факторов в форме ком-

плексного числа даёт новые возможности не только для исследования экономических процессов, но и экономико-математического моделирования. Например, производственную функцию комплексных переменных в общем виде можно представить в виде зависимости комплексного производственного результата от комплексной переменной производственных ресурсов:

$$P + iZ = f(K + iL). \quad (3)$$

Графическая интерпретация исследования машиностроительного производства с использованием комплексных переменных (рис. 1) позволяет наглядно изобразить как изменение результата хозяйственной деятельности  $R$  за исследуемый период (рис. 1б), так и выявить характерные участки (периоды) этого развития. Традиционное отображение динамики показателей во временном интервале не позволяет увидеть особенности кризисных явлений в национальной экономике в 2008-2009 г.г., которые особенно четко просматриваются на соотношении факторов производства (рис. 1а).

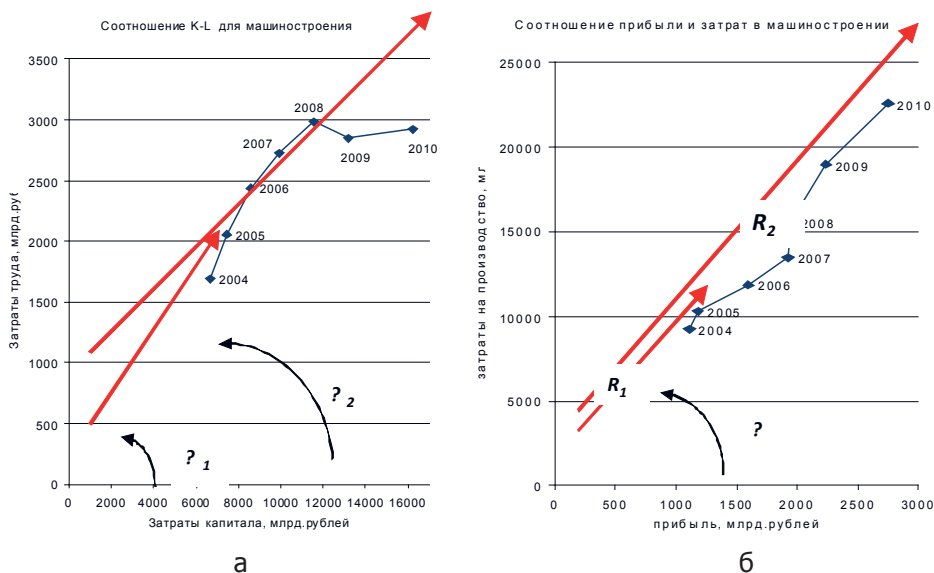


Рис. 1. Графическая интерпретация производственной функции комплексных переменных для машиностроения и металлообработки: а – соотношение факторов производства; б – результат хозяйственной деятельности

Несмотря на существенное увеличение за исследуемый период объемов производства (более чем в 2,5 раза в ценах 2004 года), прибыль предприятий данной отрасли возросла незначительно, что свидетельствует в первую очередь о низкой рентабельности продукции предприятий машиностроения (большая и практически неизменная величина угла  $\varphi$  на рис. 1б) и затратности хозяйственной деятельности (увеличение объемов выпущенной продукции в денежном выражении достигалось в первую очередь за счёт роста затрат на производство).

В целом, за исследуемый период вектор результата хозяйственной деятельности  $R$  (рис. 1б) увеличил свое значение от  $R_1$  до  $R_2$ , практически при

неизменном значении угла  $\phi$  в начальный и конечный годы исследования, что свидетельствует о том, что эффективность машиностроения и металлообработки за исследуемый период практически не повысилась.

Анализ рис. 1, который, по сути, является графической интерпретацией производственной функции белорусского машиностроения и металлообработки в функциях комплексной переменной, показывает, что за исследуемый период рост результата производственно-хозяйственной деятельности  $R$  достигался за счет наращивания затрат труда и капитала, при этом наблюдается больший рост затрат капитала по сравнению с ростом затрат труда (уменьшение значения угла  $\psi$  на рис. 1а от  $\psi_1$  до  $\psi_2$ ), что в целом является положительной тенденцией, однако, не обеспечившей существенный рост эффективности машиностроения и металлообработки за исследуемый период (постоянство угла  $\phi$ ) на рис. 1 б.

Иначе за исследуемый период развивалась химическая и нефтехимическая промышленность (рис.2).

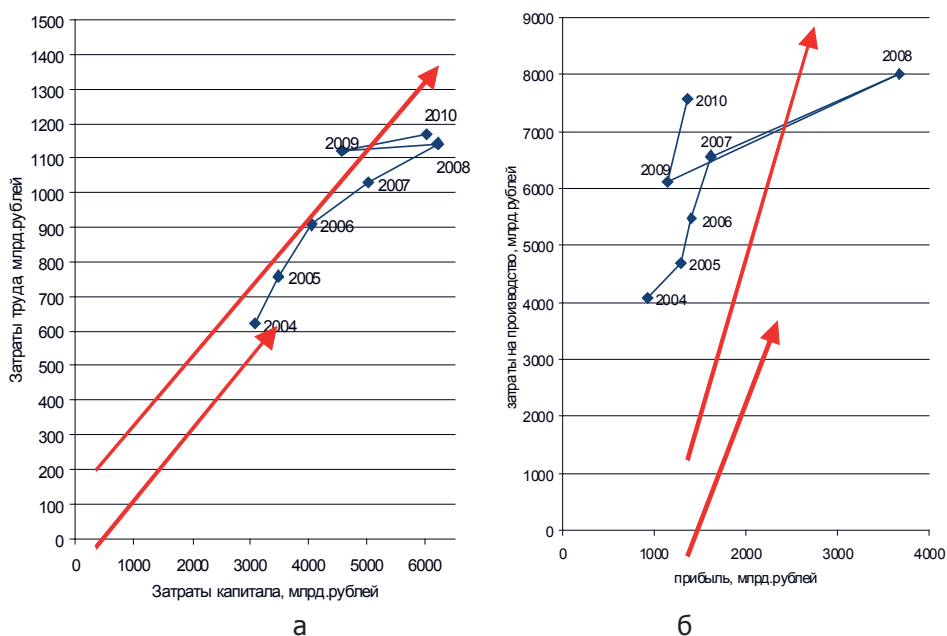


Рис. 2. Графическая интерпретация производственной функции комплексных переменных для химической и нефтехимической промышленности: а – соотношение факторов производства; б – результат хозяйственной деятельности

Во-первых, выразительно просматриваются существенные потери прибыли предприятий отрасли после 2008 года, во-вторых, выход в 2010 году на уровень прибыли 2006 года сопровождался значительным возрастанием затрат на производство и реализацию продукции (рис. 2б), при этом рентабельность продукции в 2010 году стала даже ниже, чем в 2004 году. Тем не менее, анализ динамики затрат труда и капитала (рис. 2а) указывает на небольшое, но уменьшение доли затрат труда в объеме произведенной про-

дукции, что оправдывает те инвестиции, которые привлекались в развитие химической и нефтехимической промышленности.

Что касается пищевой промышленности (рис. 3), то это динамично развивающаяся отрасль белорусской экономики. Именно в этой отрасли наблюдается в большей степени качественный, чем количественный рост: объемы производства за исследуемый период увеличились более чем в два раза, а прибыль в 2010 году по сравнению с 2004 годом в сопоставимых ценах возросла более чем в 4 раза.

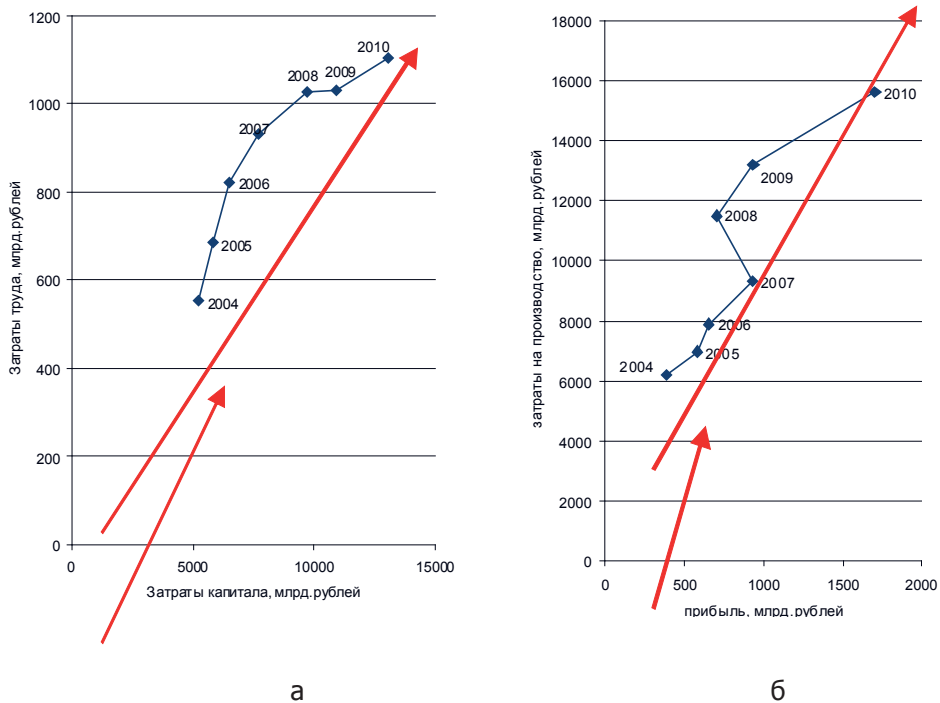


Рис. 3. Графическая интерпретация производственной функции комплексных переменных для пищевой промышленности: а – соотношение факторов производства; б – результат хозяйственной деятельности

Во-первых, четко просматривается возрастающая экономическая эффективность пищевой промышленности. Во-вторых, несмотря на рост закупочных цен на сельскохозяйственное сырье, что сказалось на снижении прибыли предприятий отрасли в 2008 году (рис. 3б), целенаправленно проводимая модернизация производств пищевой промышленности дала свои результаты, что позволило уже к 2010 году выйти на более высокую по сравнению с 2004 годом рентабельность реализованной продукции (уменьшение угла наклона вектора результата хозяйственной деятельности) при улучшении соотношения затрат труда и капитала (рис. 3а).

Наконец, изменения, происшедшие в легкой промышленности за исследуемый период, отражены на рис. 4.

Несмотря на два критических для отрасли года: 2005 г., когда ощущались

проблемы с приобретением сырья и ростом цен на него, и 2009 г., характеризовавшегося общим спадом деловой активности в промышленном секторе белорусской экономики, в целом, легкая промышленность за исследуемый период развивалась поступательно (рис. 4б), как с точки зрения увеличения абсолютного значения величины вектора результата хозяйственной деятельности, так и с точки зрения улучшения соотношения затрат и прибыли. При этом за исследуемый период наблюдается положительная динамика соотношения затрат труда и капитала (рис. 4а), что свидетельствует о техническом перевооружении предприятий отрасли, именно это и позволило обеспечить рост объемов производства при уменьшении среднесписочной численности промышленного персонала в отрасли.

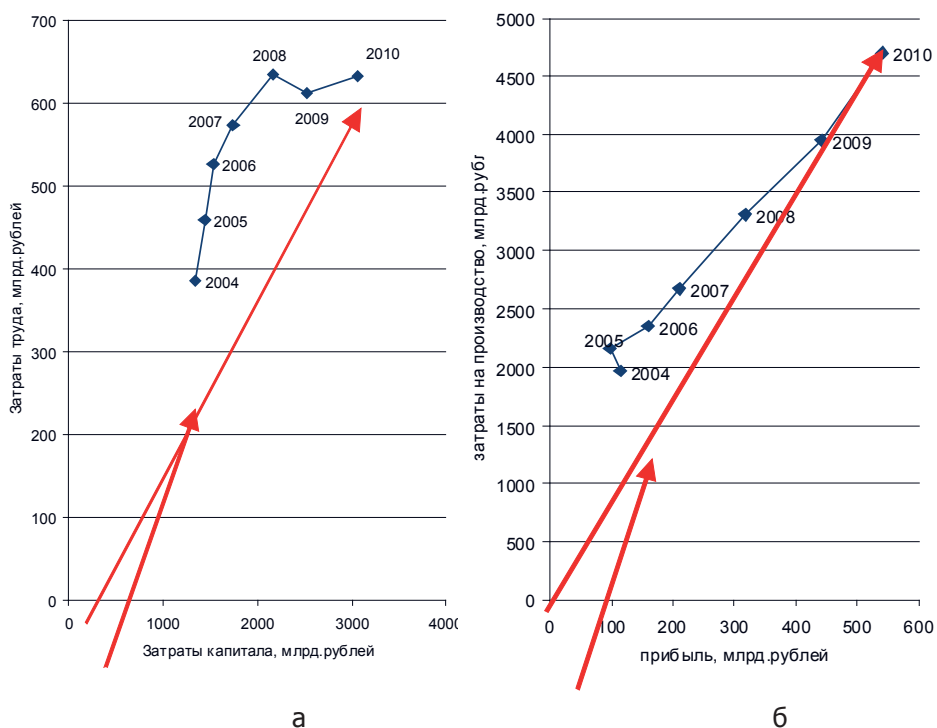


Рис. 4. Графическая интерпретация производственной функции комплексных переменных для легкой промышленности: а – соотношение факторов производства; б – результат хозяйственной деятельности

Ещё более выразительно появляются преимущества использования функций комплексных переменных для анализа тенденций в промышленном секторе белорусской экономики в случае отраслевых сопоставлений, когда предметом анализа являются как факторы производства (рис. 5), так и результаты хозяйственной деятельности (рис. 6), приведенные к удельным показателям (т.е. отнесенные к объему производства), что дает возможность сопоставления динамики различных отраслей на одном графике.

Анализ динамики удельных факторов производства (рис. 5) позволяет выявить как положение отдельных отраслей промышленности по соотно-

шению затрат труда и капитала, так и важнейшие тенденции развития этих отраслей за исследуемый период. Так видно, что машиностроение и металлообработка отличается по сравнению с другими отраслями более высоким потреблением факторов производства.

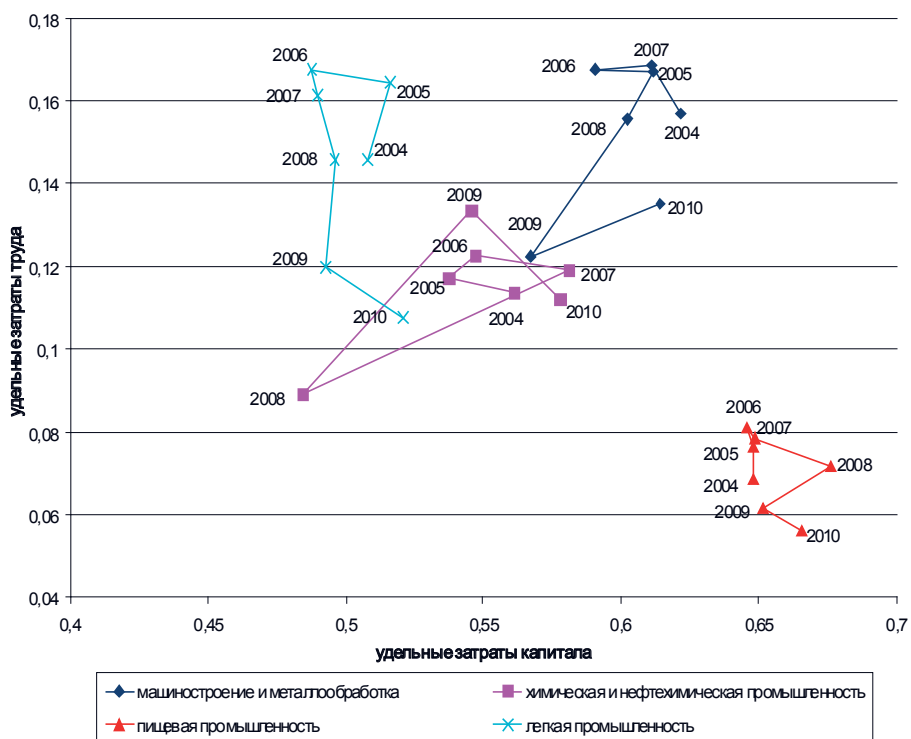


Рис. 5. Динамика удельных факторов производства в графической интерпретации функции комплексных переменных

Высокое потребление труда и капитала на единицу объема производства продукции в целом свидетельствует о технологической неэффективности белорусского машиностроения – ведь именно минимум затрат факторов на единицу объема производства свидетельствует о высоком уровне технологии, т.е. способности используемых технологических методов превращать исходное сырье в качественную продукцию при минимальных затратах.

Анализ динамики удельных факторов производства в химической и нефтехимической промышленности за исследуемый период указывает на то, что предприятия этой отрасли с точки зрения их технологического уровня смотрятся предпочтительнее. Однако существенного снижения удельных затрат труда и капитала в химической и нефтехимической промышленности за исследованный период так и не произошло.

Особенностью предприятий пищевой промышленности является самый высокий уровень потребления капитала и самый низкий по сравнению с другими сопоставляемыми отраслями уровень потребления труда на единицу объема произведенной продукции. Это свидетельствует, в первую очередь,



о более низком уровне оплаты труда работников отрасли и одновременно о сравнительно высоком уровне механизации и автоматизации производств этой отрасли, а также положительной динамике вытеснения человеческого труда машинным за исследуемый период.

Весьма показательна динамика факторов производства в легкой промышленности. Именно здесь с точки зрения динамики потребления труда и капитала просматриваются наиболее положительные тенденции. Действительно, за исследуемый период произошло существенное снижение затрат труда при незначительном увеличении потребления капитала, что свидетельствует о технологическом развитии легкой промышленности (использование менее затратных с точки зрения факторов производства технологических методов и вытеснении человеческого труда машинным).

Не менее интересен анализ развития отраслей с точки зрения результатов их производственно-хозяйственной деятельности (рис. 6). Очевидно, что лучшее положение у отрасли, в которой достигнута максимальная величина вектора результата хозяйственной деятельности  $R$  при минимальном

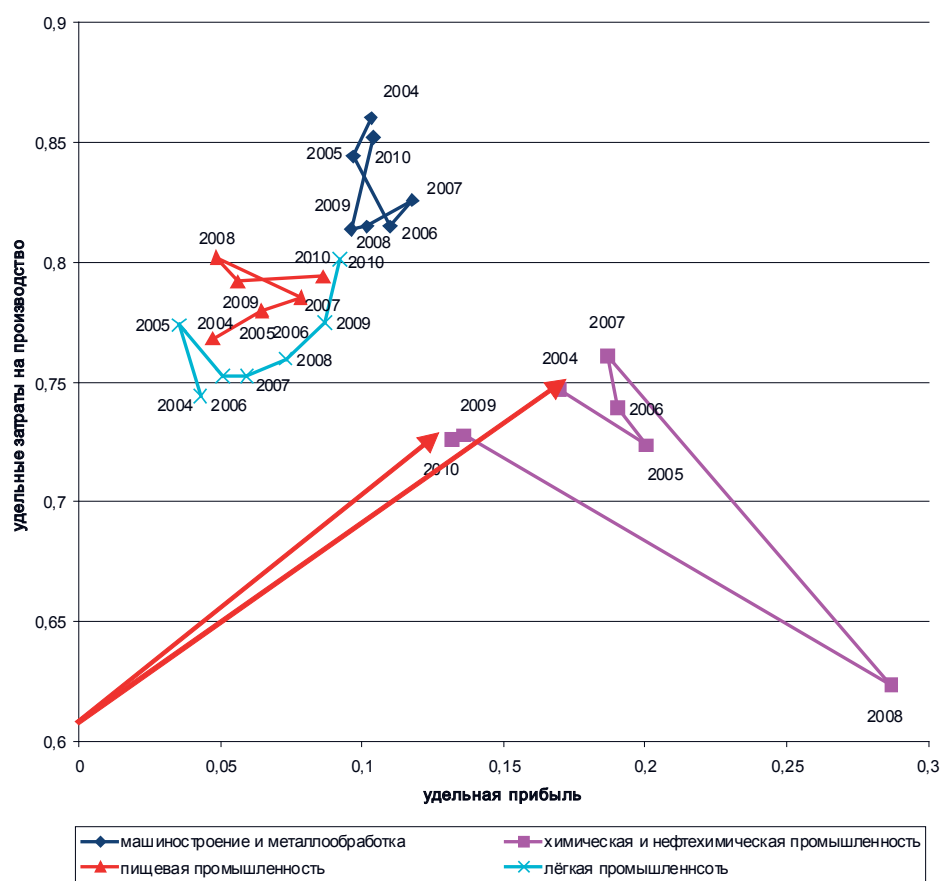


Рис. 6. Динамика удельных прибыли и затрат на производство в графической интерпретации функции комплексных переменных

угле  $\varphi$  его наклона. В наибольшей степени этому критерию соответствует химическая и нефтехимическая промышленность. Однако за исследованный период в целом динамику результата хозяйственной деятельности отрасли нельзя признать положительной: к 2010 году по сравнению с 2004 годом произошло уменьшение величины вектора  $R$  и увеличение значения угла  $\varphi$ .

На втором месте с точки зрения результатов хозяйственной деятельности стоит машиностроение и металлообработка. Однако результативность здесь достигается за счет высокой затратности, что подтверждает сделанный ранее вывод о низком технологическом уровне отечественного машиностроения.

Вывод о поступательном развитии пищевой промышленности находит свое отражение и при отраслевых сопоставлениях (рис. 7). Так, за исследуемый период произошло как значительное увеличение вектора результата хозяйственной деятельности  $R$ , так и осязаемое уменьшение угла его наклона.

Наконец, сопоставление удельных факторов производства и результатов хозяйственной деятельности ключевых отраслей промышленного сектора национальной экономики (рис. 6 и рис. 7) позволяет принимать стратегические решения относительно ориентиров и приоритетности развития, объемов инвестиций, а также прогнозных показателей в ближайшей перспективе. Такое сопоставление наглядно обобщает выводы, сделанные нами ранее по результатам раздельного анализа этих графиков, а также позволяет делать выводы о фактическом состоянии, причинах этого состояния, перспективах и направлениях развития исследованных отраслей. Так, для всех исследованных отраслей магистральным видится технологическое развитие, направленное, в первую очередь, на снижение трудовых и материальных затрат на производство (ресурсосбережение). В частности, необходимо дальнейшая технологическая модернизация белорусского машиностроения с целью уменьшения потребляемых удельных факторов производства.

Сравнительно оптимальное соотношение факторов и результатов производства в химической и нефтехимической промышленности является достаточно прочным фундаментом ее функционирования и развития в обозримом будущем. Наконец, можно спрогнозировать улучшение положения предприятий легкой промышленности благодаря тому заделу, который был обеспечен в результате их развития за исследованный период.

Таким образом, проведенный нами анализ доказывает перспективность использования математического аппарата теории функций комплексной переменной для исследования и анализа реальных явлений, происходящих в промышленности. Более того, видится целесообразным исследование производственных функций, выраженных в комплексных переменных, для принятия стратегических решений относительно ориентиров и приоритетности развития отдельных отраслей промышленного сектора, определения объемов инвестиций, а также формирования прогнозных показателей развития промышленности.

### **Список источников**

1. Svetunkov, S. Complex-Valued Modeling in Economics and Finance [текст] / S. Svetunkov. – Springer Science+Business Media, New York, 2012. – 318 p.
2. Светуныков, С.Г. Производственные функции комплексных переменных. Экономико-математическое моделирование производственной динамики [текст] / С.Г. Светуныков, И.С. Светуныков. – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – 136 с.
3. Самойлов, М.В. Исследование и моделирование производственной деятельности с использованием функций комплексных переменных [текст] / М.В. Самойлов, В.Я. Асанович // Веснік БДЭУ. – 2012. – №4 (93) . – С. 43 – 48.
4. Статистический ежегодник Республики Беларусь. Статистический сборник, 2011 [текст] / Национальный статистический комитет Респ. Беларусь. – Минск: ИВЦ Национального статистического комитета Респ. Беларусь. – 2011. – 634 с.
5. Промышленность Республики Беларусь. Статистический сборник, 2011 [текст] / Национальный статистический комитет Респ. Беларусь. – Минск: ИВЦ Национального статистического комитета Респ. Беларусь. – 2011. – 274 с.

---

## **STUDY THE DYNAMICS OF THE INDUSTRIAL ENTERPRISES OF THE REPUBLIC OF BELARUS WITH THE HELP OF MODELS COMPLEX VALUED ECONOMY**

---

**Asanovic Valery Yakovlevich,**

Dr. Sc. of Chemistry, Professor of the Chair of Applied Mathematics and Economic Cybernetics of Belarusian State Economic University; asan41@gmail.com

**Samoilov Mikhail Vladimirovich,**

Ph. D. of Technical Sciences, Associate Professor, Chief of the Chair of Technology major industries of Belarusian State Economic University; kt@bseu.by

**Svetunkov Sergey Gennadievich,**

Dr. Sc. of Economy, Professor of the Chair of Organization and Management of the National mineral- resources University «Gorniy»; sergey@svetunkov.ru

The possibility of studying the dynamics of the development of enterprises of the industrial sector of the national economy of the Republic of Belarus with the help of models complex valued economy is considered. The results of this study as an example of mechanical engineering and metal working, chemical and petrochemical, as well as the light and food industries are discussed.

**Keywords:** industry, modeling, complex variables, module, and the polar angle of a complex variable, economic development.

---

---

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

---

---

Журнал «Современная экономика: проблемы и решения» принимает к публикации материалы, содержащие результаты оригинальных исследований, оформленных в виде полных статей (до 20 страниц) и кратких сообщений (до 5 страниц).

Опубликованные материалы, а также материалы, представленные для публикации в других журналах, к рассмотрению не принимаются.

Для публикации авторы предоставляют следующие материалы в редакцию журнала (по электронной почте: journal.MEPR@yandex.ru):

1. **Статью**, набранную в текстовом редакторе Microsoft Word и оформленную в соответствии с требованиями: формат А4, шрифт – 14 Times New Roman, интервал – полуторный; поля: левое – 30 мм; верхнее и нижнее – 20 мм; правое – 15 мм.

Не рекомендуется использовать нумерацию страниц и автоматическую расстановку переносов.

Формулы помещаются в текст с использованием редактора формул Microsoft Equation со следующими установками: обычный 14 пт; крупный индекс 9 пт; мелкий индекс 7 пт; крупный символ 18 пт; мелкий символ 12 пт.

Рисунки должны иметь четкое изображение и быть выдержаны, как правило, в черно-белой гамме.

Рисунки и таблицы должны быть пронумерованы и иметь названия; на них должны быть ссылки в тексте.

Таблицы являются частью текста и не должны создаваться как графические объекты.

Обязательным является указание УДК.

Список источников приводится в конце статьи в алфавитном порядке в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

Статья должна носить, по преимуществу, аналитический, а не описательный, характер. В ней должен быть четкое отражение авторский подход к решению исследуемой проблемы.

2. **Аннотацию** (2-3 предложения) на русском и английском языках.

3. **Ключевые слова** на русском и английском языках.

4. **Сведения об авторе** (на русском и английском языках): ФИО полностью, ученая степень, ученое звание, место работы, должность, контактный телефон, адрес электронной почты, адрес для пересылки журнала.

Рукописи всех статей, поступивших в журнал, проходят через институт рецензирования. Максимальный срок рецензирования – от даты поступления до вынесения решения – составляет 1 месяц.

**Плата с авторов за рецензирование статей не взимается. Плата за публикацию взимается в случае положительной рецензии.**

**Плата с аспирантов за рецензирование и публикацию статей (без соавторов) не взимается.**

Авторы имеют право использовать все материалы в их последующих публикациях при условии, что будет сделана ссылка на публикацию в журнале «Современная экономика: проблемы и решения».

**Материалы, не соответствующие указанным требованиям, рассматриваться не будут.**