

УДК 338.27
ББК 65.054.3

DOI: 10.25683/VOLBI.2020.53.455

Stoyanova Margarita Vasilievna,
Candidate of Economics,
Assistant of the Lecturer,
Department of Industrial Logistics,
Bauman Moscow State
Technical University,
Russian Federation, Moscow,
e-mail: mstoyanova@bmstu.ru

Brom Alla Efimovna,
Doctor of Engineering,
Professor of the Department of Industrial Logistics,
Bauman Moscow State
Technical University,
Russian Federation, Moscow,
e-mail: allabrom@bmstu.ru

Snigur Angelina Romanovna,
Student of the Master's Program,
Department of Industrial Logistics,
Bauman Moscow State Technical University,
Russian Federation, Moscow,
e-mail: Lina.snigur.97@mail.ru

Стоянова Маргарита Васильевна,
канд. экон. наук,
ассистент преподавателя,
кафедра промышленной логистики,
Московский государственный технический
университет имени Н. Э. Баумана,
Российская Федерация, г. Москва,
e-mail: mstoyanova@bmstu.ru

Бром Алла Ефимовна,
д-р техн. наук,
профессор кафедры промышленной логистики,
Московский государственный технический
университет имени Н. Э. Баумана,
Российская Федерация, г. Москва,
e-mail: allabrom@bmstu.ru

Снигур Ангелина Романовна,
магистрант кафедры промышленной логистики,
Московский государственный технический
университет имени Н. Э. Баумана,
Российская Федерация, г. Москва,
e-mail: Lina.snigur.97@mail.ru

ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ОСНОВЕ РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА

TRENDS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF THE METALLURGICAL INDUSTRY BASED ON REGRESSIONAL ANALYSIS

08.00.05 — Экономика и управление народным хозяйством
08.00.05 — Economics and management of national economy

Статья посвящена анализу зависимости объемов производства от численности трудовых ресурсов.

Цель исследования — установить зависимость между двумя обусловленными аргументами и на основании этой зависимости дать оценку развития на будущий период. Основываясь на существующих данных об отраслевых объемах производства и численности работников металлургической промышленности, авторами выполнен регрессионный анализ. Установлена линейная форма зависимости, определена функция регрессии в виде математического уравнения, проведена оценка неизвестных значений зависимой переменной. На основе проведенного анализа построена линия тренда для прогнозирования объемов производства.

В результате проведенного анализа установлена зависимость между объемами производства и численностью трудовых ресурсов. Это позволило авторам предположить, что снижение численности трудовых ресурсов определенным образом влияет на повышение объемов производства. Данный феномен обусловлен высоким уровнем автоматизации процессов в современной металлургии. В связи с этим, даже несмотря на уменьшение численности работников, объем производства будет увеличиваться, что свидетельствует о необходимости расширения масштабов автоматизации производственных процессов в российской металлургии.

Такой взгляд будет интересен отраслевым специалистам в области стратегического менеджмента и управления трудовыми ресурсами, поскольку показателями

экономической эффективности мероприятий по рационализации рабочих мест являются относительное сокращение численности работников, включая полное их высвобождение, увеличение производительности труда, экономия от снижения себестоимости продукции (работ, услуг). Достигается все это благодаря экономии труда, уменьшению количества низкоквалифицированных рабочих мест, высвобождению оборудования и производственных площадей, увеличению фондоотдачи и коэффициента сменности оборудования, приросту числа рабочих мест, автоматизированных и усовершенствованных до высшей степени современных требований к цифровизации процессов, и численности работников, занятых на таких рабочих местах.

The article analyzes the dependence of production volumes on the number of labor resources.

The purpose of the study is to establish the relationship between the two conditioned arguments and based on this dependence to assess the future development. Based on existing data on sectoral production volumes and the number of employees in the metallurgical industry, a regression analysis was performed. Namely, a linear form of dependence is established, a regression function in the form of a mathematical equation is determined, and unknown values of the dependent variable are estimated. As a result of the analysis, a trend line was built for the projected production volume.

As a result of the analysis, the dependence between the volume of production and the number of labor resources is established.

This allowed the authors to assume that the decrease in the number of labor resources in a certain way affects the increase in production volumes. This phenomenon is due to the high level of automation of processes in modern metallurgy. In this regard, even though the number of employees is decreasing, the volume of production will increase, which indicates the need to expand the scale of automation of production processes in the Russian metallurgy.

Such a view will be of interest to specialists in the field of labor resources assessment, since the indicators of the economic efficiency of measures to rationalize jobs are the relative reduction in the number of employees, including their full release, increase in labor productivity, and savings from lower costs of products (works, services). All this is achieved due to labor saving, reduction in the number of jobs, the release of equipment and floor space, an increase in capital productivity and equipment shift ratio, as well as the quality of products, work, services, an increase in the number of jobs upgraded to the highest degree of progressive requirements, and the number of employees, employed in such jobs.

Ключевые слова: металлургическая промышленность, регрессионный анализ, тренд, трудовые ресурсы, объем производства, линейная модель, прогнозирование, автоматизация, повышение производительности, корреляция.

Keywords: metallurgical industry, regression analysis, trend, labor resources, production volume, linear model, forecasting, automation, increased productivity, correlation.

Введение

Металлургическая отрасль является одной из важнейших в экономике любого государства, так как она выступает драйвером развития машиностроения и строительства [1]. В России металлургическая отрасль, согласно Торгово-промышленной палате Российской Федерации (ТПП РФ), является второй по значимости после нефтегазовой промышленности [2].

Многие металлургические компании вынуждены были остановить производственные мощности из-за нерентабельности [3], в силу того, что цены на мировых рынках металлов показали значительное снижение, а ряд металлов достиг ценового дна. Это, в свою очередь, повлияло на сырьевые рынки, которые также показали отрицательную динамику [4].

Вся эта ситуация непосредственно оказала влияние на российские металлургические компании, самое главное, на операционные и финансовые результаты [5], которые отразились на стоимости компаний и динамике их котировок на фондовой бирже.

В связи с этим становится **актуальной** задача оценки ресурсов, необходимых для достижения целей в области экономического развития металлургической отрасли промышленности.

Целью статьи является установление и анализ взаимосвязи между двумя величинами с применением методов регрессионного анализа.

Для достижения поставленной в работе цели необходимо решить следующие **задачи**:

- выявить основные тенденции и перспективы развития металлургической отрасли в России;
- выбрать конкретные методы прогнозирования;
- выявить основные факторы, определяющие изменение объемов производства металлургических предприятий;
- разработать экономико-математические модели для оценки влияния факторов и прогнозирования объемов;
- дать оценку роста объемов на будущий период.

Изученность и разработанность проблемы. Значительный вклад в разработку методов, нацеленных на прогнозирование экономических процессов, был сделан Дж. Ханком, А. Райтсом, Д. Уичерном, Ф. Адамсом, М. Барроном, Д. Таржеттом, Дж. Боксом, Г. Дженкинсом, Д. Амстронг, А. И. Орловым, Ю. В. Сидельниковым, Дж. Мартино, А. А. Горчаковым, И. В. Орловой.

Дж. Ханк, А. Райтс, Д. Уичерн, А. И. Орлов, Д. Амстронг, Р. Клемен в первую очередь показывают проблему построения прогнозов по принципу комбинирования статистических методов и методов экспертных оценок.

Главное место в развитии прогнозирования занимают прикладные исследования Т. А. Баландиной, Ю. В. Сидельникова, А. В. Танасовой, В. С. Муравьевой, В. А. Цыбатова, В. И. Тиняковой, подтверждающие регулярный поиск новых подходов. Анализ этих работ дал возможность создать прогнозирование в отрасли металлургии.

Целесообразность разработки темы и прогнозирования результата развития металлургической промышленности были проверены на данных, взятых из российских статистических ежегодников за 2017 г. (табл.).

Практическая значимость, т. е. вероятность применения экономических методов и моделей для осуществления прогнозных расчетов во время выработки и обоснования управленческих решений, показывает, что использование произведенных разработок даст возможность руководству промышленных отраслевых компаний разумно отвечать на рыночные изменения, увеличивая объемы и оптимизируя трудовые ресурсы.

Научная новизна заключается в разработке моделей прогнозирования роста объема производства, а также в установлении и анализе зависимости объемов производства от трудовых ресурсов. Основные результаты исследования, обладающие научной новизной, состоят в следующем:

1. Рост объемов производства по результатам регрессионного анализа можно объяснить сокращением численности работников. Но на самом деле сокращение происходит из-за ряда причин, важнейшей из которых является повышение уровня автоматизации.

2. Любой вид математического анализа требует корректной интерпретации результатов. Иначе можно было бы прийти к выводу, что можно было бы сократить персонал, что могло бы приводить к негативным социальным эффектам.

3. Применены экономико-математические методы прогнозирования и разработаны модели для решения задачи прогнозирования объемов производства, позволяющие эффективно управлять процессом оптимизации трудовых ресурсов.

Теоретическую основу исследования составляют научные труды отечественных и зарубежных авторов в области экономики, математического моделирования и организации производства, прогнозирования, стратегического планирования развития предприятий.

Основная часть

Методология. Выбор метода решения основывается на простоте вычислительных алгоритмов, наглядности и интерпретируемости результатов (для линейной модели). Исходя из этого задача анализа будущих объемов производства продукции металлургической промышленности может решаться с применением регрессионного анализа. Линейная модель множественной регрессии имеет вид [6]:

$$Y_i = a_0 + a_1 x_{i1} + a_2 x_{i2} + \dots + a_m x_{im} + \varepsilon_i \quad (1)$$

Анализ уравнения (1) и методика определения его параметров становятся более наглядными, а расчетные процедуры существенно упрощаются, если воспользоваться матричной формой записи этого уравнения [6]:

$$Y = Xa + \varepsilon, \quad (2)$$

где Y — вектор зависимой переменной размерности $(n \times 1)$, представляющий собой n наблюдений значений y_i ; X — матрица независимых переменных, элементы которой суть $n \times m$ наблюдения значений m независимых переменных X_1, X_2, \dots, X_m , размерность матрицы X равна $(n \times m)$; a — подлежащий оцениванию вектор неизвестных параметров размерности $(m \times 1)$; ε — вектор случайных отклонений (возмущений) размерности $(n \times 1)$.

Модель линейной регрессии, в которой вместо истинных значений параметров подставлены их оценки (а именно такие регрессии и применяются на практике), имеет вид [6]:

$$Y = Xa + \varepsilon = \check{Y} + e, \quad (3)$$

где a — вектор оценок параметров; e — вектор «оцененных» отклонений регрессии, $e = Y - Xa$ — остатки регрессии; \check{Y} — оценка значений Y , равная Xa .

Таким образом,

$$Y = [y_1 y_2 \dots y_n],$$

$$X = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & \dots & x_{1m} & 1 \\ x_{21} & \dots & x_{2m} & \dots & \dots & \dots & 1 \\ & & & x_{n1} & \dots & x_{nm} & \dots & 1 \end{bmatrix}, \quad (4)$$

$$a = [a_0 a_1 \dots a_m].$$

Для оценивания неизвестного вектора параметров воспользуемся методом наименьших квадратов (МНК) [7]. Формула для вычисления параметров регрессионного уравнения имеет вид

$$a = (X^T X)^{-1} X^T Y. \quad (5)$$

В случае зависимости переменной Y от одного фактора X имеем:

$$\check{Y} = a_0 + a_1 X. \quad (6)$$

Для количественной оценки существования связи между изучаемыми совокупностями случайных величин используется специальный статистический показатель — коэффициент корреляции r . Если предполагается, что эту связь можно описать линейным уравнением типа, то принято говорить о существовании линейной корреляции.

Существуют различные аналитические приемы определения коэффициента r [7], в общем виде формула для подсчета коэффициента корреляции такова:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (7)$$

где x_i — значения, принимаемые переменной X ; y_i — значения, принимаемые переменной Y ; n — объем выборки; \bar{x} — средняя по X ; \bar{y} — средняя по Y .

Для составления прогнозов на основе статистических данных построим график аппроксимирующей функции,

линию тренда, характеризующего прогноз развития исследуемого процесса в динамике. С этой целью необходимо продлить линию и определить ее значения.

В качестве исходных данных, необходимых для построения тренда и осуществления регрессионного анализа, выбраны совокупный объем производства в металлургической отрасли и количество занятого в отрасли кадрового персонала.

Необходимая для анализа информация содержится в российских статистических ежегодниках, публикуемых с 2003 г. [8]. Данные, использованные в дальнейших расчетах, представлены в табл. Объем анализируемой выборки — 15 элементов.

Исходные данные для построения тренда и осуществления регрессионного анализа

Год	Выпуск в номинальных ценах, млрд руб.	Численность работников отрасли, тыс. чел.
2003	1224	1217
2004	2141	1191
2005	1903	1072,6
2006	2416	1046,3
2007	2953	995,2
2008	3295	964,9
2009	2393	846,5
2010	3424	823,3
2011	4045	850,4
2012	4010	846
2013	3955	838,8
2014	4565	811,8
2015	5730	788,5
2016	5631	765,9
2017	6387	750,6

Результаты. На основании располагаемых данных получена следующая регрессионная модель:

$$y = -8,474x + 11\,406. \quad (8)$$

Полученная регрессия представлена на рис. 1 в графическом виде.

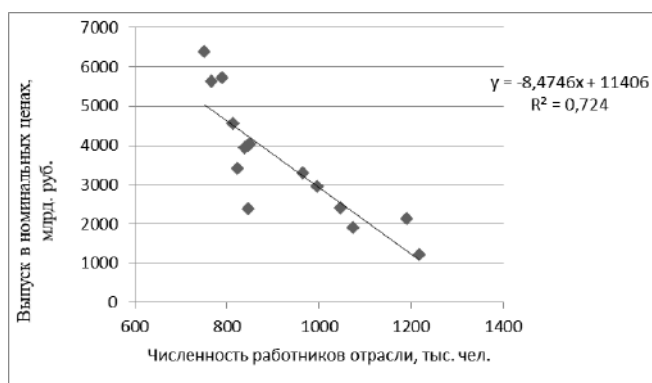


Рис. 1. Линия тренда для металлургической промышленности России

С экономической точки зрения сформулируем выводы относительно исследуемой связи.

Полученное уравнение регрессии показывает взаимосвязь между выпуском и численностью работников.

Коэффициент $-8,474$ показывает весомость переменной X на Y [9]. То есть численность работников в пределах данной модели влияет на выпуск с весом $-8,474$ (и это достаточно большая степень влияния). Знак « $-$ » указывает на отрицательное влияние [10]: из уравнения видно, что с ростом числа работников уменьшается выпуск.

Как известно, развитие производства может осуществляться экстенсивным и интенсивным путем. Так, увеличение производства за счет увеличения численности работников относится к экстенсивному пути развития производства. Такое развитие является неэффективным, увеличивающим расходы производства.

Увеличение объемов производства за счет повышения производительности труда, достигаемое внедрением средств автоматизации и совершенствованием методов организации производства, относится к интенсивному пути развития и является наиболее прогрессивным путем развития, повышающим эффективность производства в целом [11].

Исходя из полученных результатов, можно сказать о прогрессивном пути развития и о высокой степени механизации и автоматизации процессов, а также о высокой производительности труда в отрасли.

В нашем случае модель является статистически значимой, так как R -квадрат равен $0,724$. Это означает, что расчетные параметры модели на $72,4\%$ объясняют зависимость между изучаемыми параметрами.

На основании линии тренда и регрессионной модели можем спрогнозировать объем производства на 2021 г. (рис. 2).

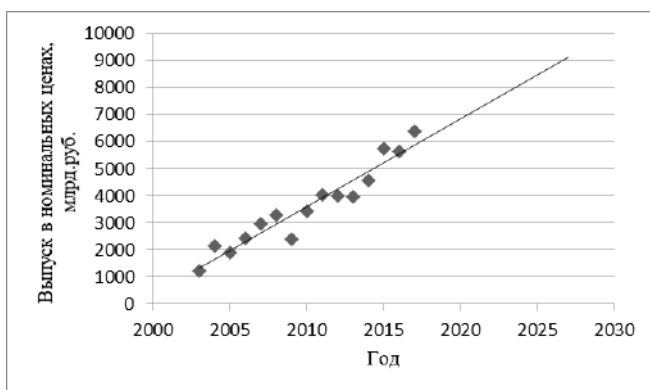


Рис. 2. Линия тренда для металлургической промышленности на 2021 г.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Харченко И. С., Харченко Л. И. Промышленное производство в России : стат. сб. М. : Росстат, 2016. 347 с.
2. Brom A., Maslennikova Y. Cognitive model of digital production development // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 630. No. 1. P. 6. DOI: 10.1088/1757-899X/630/1/012011.
3. Стоянова М. В. Управление организационно-технологическим уровнем как основа стратегического развития инжиниринговых компаний // Проблемы теории и практики управления. 2018. № 3-4. С. 69—73.
4. Кремер Н. Ш. Высшая математика для экономистов. М. : Юнити, 2016. 439 с.
5. Бром А. Е., Стоянова М. В. Управление компетенциями как основа стратегического развития инжиниринговых компаний // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2018). 2018. Т. 1. С. 91—93.
6. Горидько Н. П., Нижегородцев Р. М. Современный экономический рост: теория и регрессионный анализ : моногр. М. : Инфра-М, 2017. 444 с.

Выводы

Повышение производительности труда имеет существенное значение как фактор увеличения выпуска, снижения издержек и повышения нормы прибыли, обеспечение благосостояния работников, повышение конкурентоспособности компании [12], а на макроуровне — как определяющий фактор экономического роста и повышения уровня жизни населения.

Основополагающая роль в повышении производительности труда отводится научно-техническому прогрессу, который, в свою очередь, оказывает значительное влияние на сложившиеся структуры трудовых коллективов. Современные трудовые коллективы должны характеризоваться способностью постоянно осваивать новые технологии и выпускать новые виды продукции, умением создать атмосферу сплоченности и сотрудничества [13]. Происходит определенная трансформация требований к компетенциям кадрового персонала: теперь на первый план выходят обучаемость сотрудников, способность к саморазвитию, готовность постоянно повышать собственный профессиональный уровень [14].

Рост объемов производства по результатам регрессионного анализа можно объяснить сокращением численности работников. Но на самом деле сокращение происходит из-за ряда причин, важнейшей из которых является повышение уровня автоматизации. Любой вид математического анализа требует корректной интерпретации результатов. Иначе можно было бы прийти к выводу, что можно было бы сократить персонал, что могло бы приводить к негативным социальным эффектам.

В результате проведенного анализа установлена зависимость между объемами производства и численностью трудовых ресурсов. Это позволило авторам предположить, что снижение численности трудовых ресурсов определенным образом влияет на повышение объемов производства. Данный феномен обусловлен высоким уровнем автоматизации процессов в современной металлургии. В связи с этим, даже несмотря на уменьшение численности работников, объем производства будет увеличиваться, что свидетельствует о необходимости расширения масштабов автоматизации производственных процессов в российской металлургии [15].

В перспективе на 2021 г. ожидается рост объемов производства в металлургии. Построенный авторами прогноз показывает, что этот процесс будет сопровождаться уменьшением численности работников в связи с ростом уровня автоматизации производственных процессов и повышением производительности труда в отрасли.

7. Соколов Г. А., Сагитов Р. В. Введение в регрессионный анализ и планирование регрессионных экспериментов в экономике : учеб. пособие. М. : Инфра-М, 2016. 352 с.
8. Российский статистический ежегодник 2019. URL: <https://www.gks.ru/folder/210/document/12994>.
9. Карлберг К. Регрессионный анализ в Microsoft Excel / Пер. с англ. и ред. А. Г. Гузиковича. М. : Диалектика, 2019. 400 с.
10. Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ / Пер. с англ. М. : Вильямс И. Д., 2019. 912 с.
11. Прудковский Б. А. Зачем металлургу математические модели? М. : ИЛ, 2018. 277 с.
12. Басовский Л. Е. Экономическая теория : учеб. М. : ИНФРА-М, 2016. 224 с.
13. Бевентер Э. Основные знания по рыночной экономике в восьми лекциях / Пер. с нем. М., 2016. 224 с.
14. Бондарь А. В. Экономическая теория. Минск : БГЭУ, 2017. 477 с.
15. Мамаева Л. Н. Экономическая теория : учеб. Ростов н/Д. : Феникс, 2017. 352 с.

REFERENCES

1. Kharchenko I. S., Kharchenko L. I. *Industrial production in Russia. Statistical guide*. Moscow, Rosstat, 2016. 347 p. (In Russ.)
2. Brom A., Maslennikova Y. Cognitive model of digital production development. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019, vol. 630, no. 1, p. 6. DOI: 10.1088/1757-899X/630/1/012011.
3. Stoyanova M. V. Management of the organizational and technological level as the basis of strategic development of engineering companies. *Problems of management theory and practice*, 2018, no. 3-4, pp. 69—73. (In Russ.)
4. Kremer N. Sh. *Higher mathematics for economists*. Moscow, Unity, 2016. 439 p. (In Russ.)
5. Brom A. E., Stoyanova M. V. Competency management as the basis of strategic development of engineering companies. *Large-scale Systems Development Management (MLSD'2018)*, 2018, vol. 1, pp. 91—93. (In Russ.)
6. Goridko N. P., Nizhegorodtsev R. M. *Modern economic growth: theory and regression analysis. Monograph*. Moscow, Infra-M, 2017. 444 p. (In Russ.)
7. Sokolov G. A., Sagitov R. V. *Introduction to regression analysis and planning of regression experiments in the economy. Textbook*. Moscow, Infra-M, 2016. 352 p. (In Russ.)
8. *Russian statistical yearbook 2019*. (In Russ.) URL: <https://www.gks.ru/folder/210/document/12994>.
9. Karlberg K. *Regression analysis in Microsoft Excel*. Translation from English by A. G. Guzikovich. Moscow, Dialectics, 2019. 400 p. (In Russ.)
10. Draper N. *Applied regression analysis*. Translation from English. Moscow, Williams I. D., 2019. 912 p. (In Russ.)
11. Prudkovsky B. A. *Why does metallurgist need mathematical models?* Moscow, IL, 2018. 277 p. (In Russ.)
12. Basovsky L. E. *Economic theory. Textbook*. Moscow, INFRA-M, 2016. 224 p. (In Russ.)
13. Beventer E. *Basic knowledge of a market economy in eight lectures*. Translation from German. Moscow, 2016. 224 p. (In Russ.)
14. Bondar A. V. *Economic theory*. Minsk, BSEU, 2017. 477 p. (In Russ.)
15. Mamayeva L. N. *Economic theory. Textbook*. Rostov-on-Don, Phoenix, 2017. 352 p. (In Russ.)

Как цитировать статью: Стоянова М. В., Бром А. Е., Снигур А. Р. Тенденции и перспективы развития металлургической промышленности на основе регрессионного анализа // Бизнес. Образование. Право. 2020. № 4 (53). С. 41–45. DOI: 10.25683/VOLBI.2020.53.455.

For citation: Stoyanova M. V., Brom A. E., Snigur A. R. Trends and prospects of development of the metallurgical industry based on regression analysis. *Business. Education. Law*, 2020, no. 4, pp. 41–45. DOI: 10.25683/VOLBI.2020.53.455.