

УДК 338.45.01

## РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА С АНАЛИЗОМ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПАРАМЕТРОВ

© 2024 Ф.А. Гречников, И.Н. Хаймович

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева,  
г. Самара, Россия

Статья поступила в редакцию 10.04.2024

Целью данного исследования является разработка моделей и методов принятия управленческих решений на основе прогнозирования фактора промышленного производства. К задачам данного исследования относятся: определение параметров развития фактора промышленного производства для конкурентоспособности территорий, разработка модели развития фактора промышленного производства с использованием экспертных оценок, исследование анализа чувствительности данного фактора к эффективности инвестиционных проектов для дальнейшей разработки ПО с применением технологии BIG DATA. К практическим результатам можно отнести повышение качества и своевременности принятия решений по управлению территориями на основе модели управления фактором промышленного производства в модели конкурентоспособности.

*Ключевые слова:* конкурентоспособность, муниципальные образования, регрессионные модели

DOI: 10.37313/1990-5378-2024-26-2-96-102

EDN: IBTOCB

В настоящее время осуществляется переход мировой экономики к многополярному функционированию. Данный переход осуществляется через инвестирование в инновационные проекты, то есть проекты, связанные с развитием российских промышленных предприятий в условиях увеличения конкурентоспособности территорий. Эти проекты должны не только позволить предприятиям развиваться, но и положительно влиять на экономику территорий [1]. Для оценки влияния фактора промышленного производства на конкурентоспособность муниципального образования (МО) была создана модель с набором факторов [2].

В итоге модель конкурентоспособности муниципальных образований выглядит так:

$$KS = \xi_1 * GF + \xi_2 * PRF + \xi_3 * EF + \xi_4 * PPF + \xi_5 * APF + \xi_6 * SF + \xi_7 * FEF + \xi_8 * IfF + \xi_9 * RF + \xi_{10} * IF + \xi_{11} * InF + \xi_{12} * PO,$$

где  $\xi$  – коэффициент значимости фактора (определяется экспертным путем посредством анкетирования);

*GF* – географический фактор;

*PRF* – природно-ресурсный фактор;

*E* – экологический фактор;

*PPF* – фактор промышленного производства;

*APF* – фактор агропромышленного производства;

*SF* – социальный фактор;

*FEF* – финансово-экономический фактор;

*IfF* – инфраструктурный фактор;

*RF* – фактор развития муниципального образования;

*F* – инновационный фактор;

*InF* – инвестиционный фактор,

*PO* – политический фактор.

В данном исследовании проведем моделирование и углубленный анализ данных параметров фактора промышленного производства для оценки и прогнозирования развития территорий при увеличении инвестирования в развитие промышленных предприятий.

Для проведения моделирования зависимости фактора промышленного производства при моделировании конкурентоспособности муниципальных образований применяется частотный анализ анкетных данных по ответам экспертов, но частотный анализ результатов анкеты не позволяет отсеять малозначительные факторы, не устанавливает устойчивые взаимосвязи между ответами анкеты, не раскрывает скрытые зависимости [3-10]. Если анкета сформулирована с большим количеством вопросов (факторов), то частотный анализ размывает и искажает выводы в социологическом исследовании.

Для рассматриваемого исследования потребуется другая методика, которая позволит получить модель, адекватно описывающую экологические факторы для функции конкурентоспособности региона [11-17].

Для дальнейшего исследования рассматриваем модель фактора промышленного производ-

Гречников Федор Александрович, аспирант.

E-mail: fedyagrechnikov@gmail.com

Хаймович Ирина Николаевна, доктор технических наук, профессор кафедры обработки металлов давлением.

E-mail: kovalek68@mail.ru

ства при анализе конкурентоспособности муниципальных образований Самарской области.

Методика моделирования связей заключается в выявлении методом факторного анализа статистически значимых факторов (корреляционно-связанных) и последующего ранжирования этих факторов по степени влияния на отклик – фактор промышленного производства при расчете конкурентоспособности региона.

Базовым фактором является фактор PPF, определяющий оценку экологического фактора конкурентоспособности Самарского региона. Предполагаемыми зависимыми переменными (11 параметров) являются:  $Kp$  – уровень концентрации производства в мо;  $Dp$  – диверсификация структуры промышленности в мо;  $Ks$  – уровень развития существующих отраслей промышленности;  $Mt$  – конкурентоспособность продукции, произведенной предприятием;  $Pt$  – наличие крупных производственных мощностей;  $Kr$  – состояние материально-технической базы промышленного производства;  $Vt$  – производительность труда;  $Tr$  – уровень квалификации работников,  $Pi$  – наличие высокотехнологических секторов производства;  $In$  – уровень развития промышленной инфраструктуры;  $Rp$  – наличие территориального ресурса промышленной зоны.

Факторный анализ был выполнен при помощи статистического пакета SPSS12. В результате были обнаружены связанные параметры, которые можно группировать в наборы факторов, которые имеют разную степень значимости. Статистическая значимость факторов определялась по коэффициентам корреляции Пирсона и ошибке выборки.

В итоге модель экологического фактора конкурентоспособности МО примет вид:

$$PPF = \xi_1 * Kp + \xi_2 * Dp + \xi_3 * Ks + \xi_4 * Mt + \xi_5 * Pt + \xi_6 * Kr + \xi_7 * Vt + \xi_8 * Tr + \xi_9 * Pi + \xi_{10} * In + \xi_{11} * Rp, \quad (1)$$

где  $\xi$  – коэффициент значимости каждого параметра (определяется экспертным путем посредством анкетирования).

Был проведен частотный анализ каждого параметра и в итоге получено экспертное значение для расчета коэффициента значимости. Частотный анализ ответов 15 респондентов-экспертов параметра «уровень концентрации производства» приведен в таблице 1.

По таблице видно, что большинство респондентов оценивают параметр «Уровень концентрации производства» как важный «на 4» (40% опрошенных). Аналогично был проведен анализ остальных параметров фактора промышленного производства. Данные по всем параметрам приведены в таблице 2.

Самыми важными среди группы факторов промышленного производства являются конкурентоспособность продукции, состояние материально – технической базы, а также уровень квалификации работников, наличие высокотехнологичных секторов производства и уровень развития промышленной инфраструктуры (по 5 баллов).

Для дальнейшего исследования рассматриваем модель фактора промышленного производства конкурентоспособности муниципального образования как совокупность трех моделей: для крупных городов (группа 1); для городских округов (группа 2); для муниципальных районов и сельских поселений (группа 3). Методика моделирования связей заключается в выявлении методом факторного анализа статистически значимых параметров (корреляционно-связанных) и последующего ранжирования этих параметров по степени влияния на отклик – фактор промышленного производства конкурентоспособности региона.

Для расчета коэффициентов значимости параметров в регрессионной модели фактора промышленного производства по данным частотного анализа используем формулу:

$$\xi_i = x_{\bar{no}i} / n, \quad (2)$$

где  $x_{\text{ср}i}$  – среднее значение параметра,  $n = 5$  – максимальная оценка параметра в экологическом факторе в рассматриваемом исследовании.

Средние значения параметров для оценки фактора промышленного производства для

Таблица 1 – Уровень концентрации производства

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	неважен 2	3	20,0	20,0	20,0
	важен 3	4	26,7	26,7	46,7
	важен 4	6	40,0	40,0	86,7
	Очень важен 5	2	13,3	13,3	100,0
	Total	15	100,0	100,0	

**Таблица 2 – Факторы промышленного производства**

Фактор влияния	Важность фактора
Уровень концентрации производства	3
Диверсификация структуры промышленности	3
Уровень развития существующих отраслей промышленности	4
Конкурентоспособность продукции, производимой промышленными предприятиями	5
Наличие крупных производственных мощностей	4
Состояние материально-технической базы промышленного производства	5
Производительность труда	4
Уровень квалификации работников	5
Наличие высокотехнологичных секторов производства	5
Уровень развития промышленной инфраструктуры	5
Наличие территориального ресурса промышленной зоны	4

конкурентоспособности крупных городов показаны в таблице 3.

Определяем коэффициенты в математической модели продвижения фактора промышленного производства по данным частотного анализа по формуле 2.

Отсюда определяем значения коэффициентов значимости параметров:

$$\xi_1 = 3,47/5 = 0,69; \quad \xi_2 = 0,65; \quad \xi_3 = 0,83; \quad \xi_4 = 0,97; \\ \xi_5 = 0,77; \quad \xi_6 = 0,85; \quad \xi_7 = 0,89; \quad \xi_8 = 0,89; \quad \xi_9 = 0,80; \\ \xi_{10} = 0,84, \xi_{11} = 0,72.$$

Модель фактора промышленного производства при расчете конкурентоспособности для крупных городов примет вид:

$$PPF = 0,69 * Kp + 0,65 * Dp + 0,83 * Ks + 0,97 * Mt + 0,77 * Pt + 0,85 * Kr + \\ + 0,89 * Vt + 0,89 * Tr + 0,80 * Pi + 0,84 * In + 0,72 * Rp.$$

Для модели крупных городов данные факторного анализа показаны ниже (табл. 4).

По таблице можно видеть, что четыре группы параметров имеют значения, превосходящие единицу. Следовательно, для анализа отобрано 4 группы. Первая группа объясняет 31% суммарной дисперсии, вторая – 19%, третья – 17%, четвертая – 12% суммарной дисперсии.

Далее рассматриваем повернутую матрицу компонент (табл. 5).

Факторные нагрузки есть корреляционные коэффициенты между переменными и параметрами. В итоге эти параметры распределились следующим образом.

Группа параметров 1: уровень концентрации производства, диверсификация структуры промышленности, наличие крупных производственных мощностей, состояние материально-технической базы промышленного производства.

**Таблица 3 - Descriptive Statistics**

	N	Mean
5_1. Уровень концентрации производства (пром. пр-ва ф.)	15	3,47
5_2. Диверсификация структуры пром. (пром. пр-ва ф.)	15	3,27
5_3. Уровень развития сущ. отраслей пром. (пром. пр-ва ф.)	15	4,13
5_4. Конкурентоспособность продукции, произв. предприятием (пром. пр-ва ф.)	15	4,87
5_5. Наличие крупных произв. мощностей (пром. пр-ва ф.)	15	3,87
5_6. Состояние мат. - техн. базы пром. производства (пром. пр-ва ф.)	15	4,27
5_7. Производительность труда (пром. пр-ва ф.)	15	4,47
5_8. Уровень квалиф. работников (пром. пр-ва ф.)	15	4,47
5_9. Наличие высокотехнологичных секторов пр – ва (пром. пр-ва ф.)	15	4,00
5_10. Уровень развития пром. инфраструктуры (пром. пр-ва ф.)	15	4,20
5_11. Наличие террит. ресурса пром. зоны (пром. пр-ва ф.)	15	3,60
Valid N (listwise)	15	

Таблица 4 – Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	3,410	30,996	30,996	3,410	30,996	30,996
2	2,041	18,559	49,555	2,041	18,559	49,555
3	1,861	16,920	66,475	1,861	16,920	66,475
4	1,332	12,105	78,580	1,332	12,105	78,580
5	,986	8,965	87,545			
6	,614	5,580	93,125			
7	,410	3,723	96,849			
8	,167	1,521	98,370			
9	,102	,928	99,297			
10	,070	,633	99,930			
11	,008	,070	100,000			

Таблица 5 - Rotated Component Matrix(a)

	Component			
	1	2	3	4
5_1. Уровень концентрации производства (пром. пр-ва ф.)	,808	-,263	,306	-,086
5_2. Диверсификация структуры пром. (пром. пр-ва ф.)	,440	,356	,374	,041
5_3. Уровень развития сущ. отраслей пром. (пром. пр-ва ф.)	,153	,429	,203	,830
5_4. Конкурентоспособность продукции, произв. Предприятием (пром. пр-ва ф.)	-,670	-,069	,327	-,029
5_5. Наличие крупных произв. Мощностей (пром. пр-ва ф.)	,882	,198	-,114	,078
5_6. Состояние мат. - техн. базы пром. производства (пром. пр-ва ф.)	,709	,276	,253	-,041
5_7. Производительность труда (пром. пр-ва ф.)	,100	,061	,877	-,030
5_8. Уровень квалиф. Работников (пром. пр-ва ф.)	-,072	-,039	,955	,111
5_9. Наличие высокотехнологичных секторов пр – ва (пром. пр-ва ф.)	,079	,943	,036	,032
5_10. Уровень развития промю инфраструктуры (пром. пр-ва ф.)	,116	,898	-,031	,002
5_11. Наличие террит. ресурса пром. зоны (пром. пр-ва ф.)	,153	,531	,111	-,794

Группа параметров 2: наличие высокотехнологичных секторов производства, уровень развития промышленной инфраструктуры, наличие территориального ресурса промышленной зоны.

Группа параметров 3: конкурентоспособность продукции, произведенной предприятием, производительность труда, уровень квалификации работников.

Группа параметров 4: уровень развития существующих отраслей промышленности.

Каждую из этих групп параметров надо рассматривать как набор связанных параметров и продвигать для повышения фактора промышленного производства в конкурентоспособности региона только совместно. Важность каждой группы параметров показана в таблице 6.

1 группа имеет коэффициент важности 0,716; 2 группа -0,695; 3 группа - 0,914, 4 группа - 0,158.

Первой надо продвигать группу с максимальным коэффициентом важности, то есть механизм продвижения фактора промышленного производства должен проходить по следующему алгоритму: группа 3, группа 1, группа 2, группа 4.

Далее рассмотрим формирование коэффициентов значимости для оценки фактора промышленного производства в конкурентоспособности городских округов (табл. 7).

Определяем коэффициенты в математической модели продвижения фактора промышленного производства по данным частотного анализа по формуле 2. Отсюда определяем значения коэффициентов значимости параметров:

$$\begin{aligned} \xi_1 &= 3,45/5 = 0,69; \quad \xi_2 = 0,69; \quad \xi_3 = 0,81; \\ \xi_4 &= 0,90; \quad \xi_5 = 0,82; \quad \xi_6 = 0,82; \quad \xi_7 = 0,83; \\ \xi_8 &= 0,87; \quad \xi_9 = 0,85; \quad \xi_{10} = 0,78; \quad \xi_{11} = 0,67. \end{aligned}$$

**Таблица 6 – Component Transformation Matrix**

Component	1	2	3	4
1	,716	,621	,317	,022
2	-,096	-,362	,914	,158
3	-,691	,695	,195	,044
4	-,030	-,014	,162	-,986

**Таблица 7 - Descriptive Statistics**

	N	Mean
1. Уровень концентрации производства (пром. пр-ва ф.)	33	3,45
2. Диверсификация структуры пром. (пром. пр-ва ф.)	33	3,45
3. Уровень развития сущ. отраслей пром. (пром. пр-ва ф.)	33	4,06
4. Конкурентоспособность продукции, произв. предприятием (пром. пр-ва ф.)	33	4,48
5. Наличие крупных произв. мощностей (пром. пр-ва ф.)	33	4,09
6. Состояние мат. - техн. базы пром. производства (пром. пр-ва ф.)	33	4,12
7. Производительность труда (пром. пр-ва ф.)	32	4,13
8. Уровень квалиф. Работников (пром. пр-ва ф.)	33	4,36
9. Наличие высокотехнологичных секторов пр – ва (пром. пр-ва ф.)	33	4,24
10. Уровень развития пром. инфраструктуры (пром. пр-ва ф.)	33	3,91
11. Наличие террит. ресурса пром. зоны (пром. пр-ва ф.)	33	3,33
Valid N (listwise)	32	

**Таблица 8 – Descriptive Statistics**

	N	Mean
1. Уровень концентрации производства (пром. пр-ва ф.)	58	2,98
2. Диверсификация структуры пром. (пром. пр-ва ф.)	55	2,80
3. Уровень развития сущ. отраслей пром. (пром. пр-ва ф.)	59	3,66
4. Конкурентоспособность продукции, произв. предприятием (пром. пр-ва ф.)	58	3,60
5. Наличие крупных произв. Мощностей (пром. пр-ва ф.)	57	3,63
6. Состояние мат. - техн. базы пром. производства (пром. пр-ва ф.)	58	3,95
7. Производительность труда (пром. пр-ва ф.)	58	3,69
8. Уровень квалиф. Работников (пром. пр-ва ф.)	57	3,75
9. Наличие высокотехнологичных секторов пр – ва (пром. пр-ва ф.)	57	3,49
10. Уровень развития пром. инфраструктуры (пром. пр-ва ф.)	56	3,41
11. Наличие террит. ресурса пром. зоны (пром. пр-ва ф.)	57	2,93
Valid N (listwise)	52	

Модель фактора промышленного производства в конкурентоспособности для городских округов примет вид:

$$PPF = 0,69 * Kp + 0,69 * Dp + 0,81 * Ks + 0,90 * Mt + 0,82 * Pt + 0,82 * Kr + 0,83 * Vt + 0,87 * Tr + 0,85 * Pi + 0,78 * In + 0,67 * Rp.$$

Средние значения параметров для оценки фактора промышленного производства в конкурентоспособности городских округов показаны в таблице 8.

Определяем коэффициенты в математической модели продвижения фактора промышленного производства по данным частотного анализа по формуле 2. Отсюда определяем значения коэффициентов значимости параметров:

$$\xi_1 = 2,98/5 = 0,60; \quad \xi_2 = 0,56; \quad \xi_3 = 0,73; \\ \xi_4 = 0,72; \quad \xi_5 = 0,73; \quad \xi_6 = 0,79; \quad \xi_7 = 0,74; \\ \xi_8 = 0,75; \quad \xi_9 = 0,70; \quad \xi_{10} = 0,68; \quad \xi_{11} = 0,59.$$

Модель фактора промышленного производства в конкурентоспособности для сельских поселений примет вид:

$$PPF = 0,60 * Kp + 0,56 * Dp + 0,73 * Ks + 0,72 * Mt + 0,73 * Pt + 0,79 * Kr + 0,74 * Vt + 0,75 * Tr + 0,70 * Pi + 0,68 * In + 0,59 * Rp.$$

Чем выше коэффициент значимости параметра в расчете фактора промышленного производства, тем сильнее влияет этот параметр на фактор. Чем больше значение коэффициента значимости параметра в моделях для различных групп исследования, тем сильнее в этой

группе влияние этого параметра на фактор промышленного производства в конкурентоспособности территории.

Рекомендации по анализу модели фактора промышленного производства в конкурентоспособности для МО следующие.

1) В группе фактора промышленного производства важными являются: конкурентоспособность продукции, состояние материально – технической базы, а также уровень квалификации работников, наличие высокотехнологичных секторов производства и уровень развития промышленной инфраструктуры.

2) Чтобы повысить значимость фактора промышленного производства для крупных городов в первую очередь при ограниченном инвестиционном потенциале надо продвигать группу параметров 3, состоящую из следующего набора: конкурентоспособность продукции, произведенной предприятием, производительность труда, уровень квалификации работников.

При дальнейших исследованиях для разработки модели прогнозирования развития фактора промышленного производства в конкурентоспособности территорий должны использоваться большие объемы потоковых данных в режиме реального времени. Цель данного исследования, связанная с разработкой моделей и методов принятия управленческих решений на основе прогнозирования фактора промышленного производства была достигнута. Задачи данного исследования, к которым относились: определение параметров развития фактора промышленного производства в модели конкурентоспособности территорий, разработка модели развития фактора промышленного производства с использованием экспертных оценок, исследование анализа чувствительности данного фактора к эффективности инвестиционных проектов для дальнейшей разработки ПО с применением технологии BIG DATA, были выполнены. К практическим результатам можно отнести повышение качества и своевременности принятия решений по управлению территориями на основе модели управления фактором промышленного производства в модели конкурентоспособности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *B.N. Gerasimov, V.A. Vasyaycheva, K.B. Gerasimov.* Identification of the factors of competitiveness of industrial company based on the module approach // *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, vol.2, pp. 677-691, 2018.
2. *Ramzaev, V.M., Khaimovich, I.N., Chumak P.V.* Modeling and Data Analysis for Assessing the Sensitivity of Competitive Performance of Territories in the Implementation of Investment Projects // *V.M. Ramzaev, I.N. Khaimovich, P.V. Chumak // IEEE Xplore. ITNT-2021.* – 2021. – DOI: 10.1109/ITNT52450.2021.9649302.
3. *V.M. Ramzaev, I.N. Khaimovich, P.V. Chumak.* Use of big data technology in public and municipal management // *CEUR Workshop Proceedings*, vol. 1638, pp. 864-872, 2016.
4. *V.M. Ramzaev, I.N. Khaimovich, P.V. Chumak.* Big data analysis for demand segmentation of small business services by activity in region // *CEUR Workshop Proceedings*, Vol. 1903, pp. 48-53, 2017.
5. *V.M. Ramzaev, I.N. Khaimovich, P.V. Chumak.* Data modeling for analysis of readiness of municipal education in industry 5.0 // *CEUR Workshop Proceedings*, vol.2667, pp. 1-4, 2020.
6. *M. Geraskin, E. Rostova.* Model and algorithm of industrial risk control at regional level // *CEUR Workshop Proceedings*, vol. 2667, pp. 5-10, 2020.
7. *M. Geraskin, O. Kuznetsova.* Analysis of monopolistic competition in consumer goods markets with credit sales // *CEUR Workshop Proceedings*, vol.2667, pp. 80-84, 2020.
8. *M. I. Geras'kin, A. G. Chkhartishvili.* Analysis of Game-Theoretic Models of an Oligopoly Market under Constrains on the Capacity and Competitiveness of Agents // *Automation and Remote Control*, vol. 78(11), pp.2025-2038, 2017.
9. *O.O. Komarevtseva.* Simulation of data for determining the readiness of municipalities to implement smart city technologies // *Proceedings of the DAMDID/RCDL, Moscow*, pp. 167-177, 2017.
10. *I.N. Khaimovich.* Computer-aided design of blank forging production facilities for aircraft engine compressor blades // *Russian Aeronautics*, vol. 57(2), pp.169-174, 2014.
11. *I.N. Khaimovich. A.I. Khaimovich.* Computer-aided engineering of the process of injection molding articles made of composite materials // *Key Engineering Materials*, vol. 746, pp. 269-274, 2017.
12. *A.I. Khaimovich. I.N. Khaimovich.* Methods and Algorithms for Computer-aided Engineering of Die Tooling of Compressor Blades from Titanium Alloy // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 302 (1), pp. 012062, 2018.
13. *I.N. Khaimovich.* CAD system of design and engineering provision of die forming of compressor blades for aircraft engines // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 87, pp. 082024, 2017.
14. *F.V. Grechnikov. Ya.A. Erisov. S.E. Alexandrov.* Effect of anisotropic yield criterion on the springback in plane strain pure bending // *CEUR Workshop Proceedings*, vol. 1638, pp.569-577, 2016.
15. *F.V. Grechnikov, Y.A. Erisov, S.V. Surudin, V.V. Tereshchenko.* Theoretical and experimental study of plastic anisotropy of Al-1Mn alloy taking into account the crystallographic orientation of the structure // *Materials Physics and Mechanics*, vol. 40(2), pp. 274-284, 2018.
16. *F.V. Grechnikov, Y.A. Erisov.* Virtual material model with the given crystallographic orientation of the structure // *Key Engineering Materials*, vol. 684, pp.134-142, 2016.
17. *Kazanskiy N.L., Stepanenko I.S., Khaimovich A.I. etc.* Injectional multilens molding parameters optimization // *Computer Optics*, vol. 40 (2), pp. 203-214, 2016.

**DEVELOPMENT OF AN INDUSTRIAL PRODUCTION MODEL  
WITH SENSITIVITY ANALYSIS OF PARAMETERS**

© 2024 F.A. Grechnikov, I.N. Khaimovich

Samara National Research University, Samara, Russia

The purpose of this study is to develop models and methods for making management decisions based on forecasting industrial production factors. The objectives of this study include: determining the parameters for the development of the industrial production factor for the competitiveness of territories, developing a model for the development of the industrial production factor using expert assessments, studying the analysis of the sensitivity of this factor to the effectiveness of investment projects for further software development using BIG DATA technology. Practical results include improving the quality and timeliness of decision-making on territory management based on the model of industrial production factor management in the competitiveness model.

*Keywords:* competitiveness, municipalities, regression models.

DOI: 10.37313/1990-5378-2024-26-2-96-102

EDN: IBTOCB

---

*Fedor Grechnikov, Postgraduate Student.*

*E-mail: fedyagrechnikov@gmail.com*

*Irina Khaimovich, Doctor of Technical Sciences, Professor at  
the Department of Metal Forming.*

*E-mail: kovalek68@mail.ru*