

МОДЕЛЬ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ РИСКОВ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ (НА ПРИМЕРЕ ПФО)

Иванов Д.Ю., Клёвина М.В.

*Российская Федерация, г. Самара,
Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева*

Аннотация. Данная статья посвящена статистическому анализу показателей объёма производства промышленных предприятий, затрат на предупредительные мероприятия и материального ущерба от возникновения рисков события на промышленных предприятиях Приволжского федерального округа. На основе проведённого анализа разработана модель взаимосвязи основных показателей, характеризующих промышленные риски, в условиях неопределённости.

Ключевые слова: промышленные риски, условия неопределённости, функция распределения, статистический анализ, ПФО.

В современном мире в условиях кризиса промышленные предприятия сталкиваются с рядом вызовов, поэтому управление рисками в ряде отраслей выходит на первый план. Развитие и внедрение новых технологий требует от организаций модификации существующих способов идентификации и оценки риска. Отсюда возникает необходимость совершенствования моделей, позволяющих выявлять риски, исследовать их, а также прогнозировать последствия в случае наступления рисков ситуации. В этом заключается актуальность работы.

Цель работы состоит в том, чтобы предложить модель анализа основных показателей, характеризующих промышленные риски, в условиях неопределённости для организаций ПФО. Под основными показателями подразумеваются объём производства промышленных предприятий (млн руб.), затраты на предупредительные мероприятия (млн руб.) и материальный ущерб от возникновения рисков события на промышленном предприятии (млн руб.).

Приволжский федеральный округ занимает 6,1% территории России. В состав округа входят 14 регионов. В 2021 году доля округа в общероссийском ВВП составляет 15%. На территории округа осуществляют деятельность треть инновационно-активных предприятий, приносящего около половины объема российского экспорта технологий. В ПФО высокая доля обрабатывающих отраслей – 24,5% (по России – 19,3%), а также добычи полезных ископаемых – 13,7% (по России – 10,5%) [1].

В условиях нестабильности и неопределённости предприятиям необходимо обладать конкурентными преимуществами. Особенностью деятельности организации в условиях неопределённости является то, что необходимо иметь стратегию развития предприятия на несколько лет вперёд, а не только в краткосрочном периоде [2].

Результаты анализа влияния изменчивости рынка на деятельность организаций продемонстрировали неготовность отечественных компаний к решению проблем, связанных с модификацией системообразующих отраслей региональной экономики из-за разобщенности интересов бизнеса, власти и сотрудников. Факторная модель формирования и реализации программы позволит провести модернизацию промышленности в экономике региона [3].

Разработка модели состояла из трёх этапов на основе данных, опубликованных в официальных источниках [4-10]. Исходные данные для дальнейшего исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1. Показатели, характеризующие промышленное производство в ПФО, 2021 год

Показатель/Регион ПФО	Объём производства промышленных предприятий, млн руб.	Затраты на предупредительные мероприятия, млн руб.	Размер материального ущерба, млн руб.	Количество промышленных предприятий, шт.
Республика Башкортостан	2162200	7780	2431	5018
Республика Марий Эл	190189	563	46	820
Республика Мордовия	307534	949	98	794
Республика Татарстан	4005901	9052	28065	4920
Удмуртская Республика	762929	2536	2	2082
Чувашская Республика	281842	1167	172	1393
Пермский край	1861299	6421	625	2943
Кировская область	403840	1603	163	2475
Нижегородская область	1502548	5639	407	3885
Оренбургская область	1282797	4342	2977	2272
Пензенская область	349631	1045	1	1449
Самарская область	2037377	5947	16	3796
Саратовская область	766951	2892	23	3131
Ульяновская область	392533	1447	22	1879

Анализируя полученную таблицу, можно сделать вывод о том, что размер материального ущерба сравнительно небольшой относительно затрат на предупредительные мероприятия. Затраты на предупредительные мероприятия (млн руб.) представляют собой расходы предприятий субъектов РФ, направляемые на создание средств, позволяющих снизить ущерб в случае наступления рискованных событий. Размер материального ущерба (млн руб.) – показатель, характеризующий размер расходов, которые возник у предприятий субъектов в случае наступления рискованного события.

Расчёты исследования выполнены в программном продукте Microsoft Excel. На первом этапе исследования выполнен корреляционный анализ основных показателей, характеризующих промышленные риски в 2021 году. Результат представлен в таблице 2.

Таблица 2. Результаты расчётов коэффициентов корреляции между показателями, характеризующими промышленные риски для ПФО, 2021 год

Показатель	Объём производства промышленных предприятий, млн руб.	Затраты на предупредительные мероприятия, млн руб.	Размер материального ущерба, млн руб.	Количество промышленных предприятий, шт.
Объём производства промышленных предприятий, млн руб.	1			
Затраты на предупредительные мероприятия, млн руб.	0,95	1		
Размер материального ущерба, млн руб.	0,80	0,60	1	
Количество промышленных предприятий, шт.	0,86	0,92	0,52	1

Анализируя полученную таблицу, можно сделать вывод о том, что наиболее сильная связь между объёмом производства и затратами на предупредительные мероприятия, другие показатели также зависят от объёма производства. Для проверки, насколько сильно они взаимосвязаны, а также расчёта уравнений, входящих в окончательную модель на втором этапе исследования выполнен регрессионный анализ, по итогам которого рассчитаны критерий Фишера и Стьюдента для проверки полученных результатов. Коэффициент корреляции зависимости размера материального ущерба от затрат на предупредительные мероприятия составляет 0,60. Это демонстрирует слабую связь, тем самым можно сделать вывод о том, что дальнейшее вычисление регрессии между данными показателями нецелесообразно.

На втором этапе исследования выполнен регрессионный анализ. Выполнялся расчёт как линейных видов регрессии, так и нелинейных. Результаты регрессионного анализа представлены в таблице 3. Условные обозначения переменных, использованных в уравнениях следующие:

U – размер материального ущерба, млн руб.

Q – объёма производства предприятий, млн руб.

Z – затраты на предупредительные мероприятия, млн руб.

Перед вычислениями выдвинута гипотеза о том, что в модель следует включать уравнения линейной и степенной регрессии. Для того, чтобы выявить, какие именно следует использовать в дальнейшем, произведено сравнение показателей, характеризующих качество уравнения регрессии. Анализировалось значение коэффициента детерминации, критерия Фишера и критерия Стьюдента, вычисленных по формулам (1-3) [11].

$$D = r_{xy}^2, \quad (1)$$

$$F_{\text{факт}} = \frac{r_{xy}^2}{1-r_{xy}^2} (n-2), \quad (2)$$

$$t_{\text{факт}} = r_{xy} \sqrt{\frac{n-2}{1-r_{xy}^2}}. \quad (3)$$

где D – коэффициент детерминации

r_{xy} – коэффициент парной корреляции

$F_{\text{факт}}$ – критерий Фишера

$t_{\text{факт}}$ – критерий Стьюдента

n – число исследуемых объектов

Анализируя полученную таблицу 3, можно сделать вывод о том, что наилучшее значений оценок у уравнения парной линейной и степенной регрессий. Причём у зависимости размера материального ущерба от объёма производства предприятий ПФО наилучшая регрессия – линейная (вывод сделан на основе анализа коэффициента детерминации и критериев Фишера и Стьюдента), а у зависимости размера затрат на предупредительные мероприятия от объёма производства предприятий ПФО наилучшая регрессия – степенная.

Таблица 3. Результат регрессионного анализа показателей, характеризующих промышленные риски для ПФО, 2021 год

Вид зависимости/вид уравнения регрессии		Парная линейная регрессия	Парная степенная регрессия	Парная экспоненциальная регрессия	Табличные значения
Зависимость размера материального ущерба от объёма производства предприятий ПФО	Уравнение	$U = -3888,14 + 0,01Q$	$U = 5,08E - 09Q^{1,76}$	$U = 14,562e^{2E-06Q}$	
	Коэффициент детерминации	0,634	0,336	0,4553	[0;1]
	Критерий Фишера	20,798	6,085	10,031	4,75
	Критерий Стьюдента	4,560	2,467	3,167	1,782
Зависимость размера затрат на предупредительные мероприятия от объёма производства предприятий ПФО	Уравнение	$Z = 747,44 + 0,003Q$	$Z = 0,007Q^{0,94}$	$Z = 1128,9e^{7E-07Q}$	
	Коэффициент детерминации	0,910	0,973	0,749	[0;1]
	Критерий Фишера	121,090	427,095	-5,967	4,75
	Критерий Стьюдента	11,004	20,666	5,983	1,782
Зависимость размера материального ущерба от затрат на предупредительные мероприятия	Уравнение	$U = 1,5763Z - 3282$	$U = 6E - 05Z^{1,8342}$	$U = 9,5537e^{0,0,0007Z}$	

На основе выбранных наилучших уравнений регрессий выполнены расчёты прогнозных значений размера материального ущерба и затрат на предупредительные мероприятия и построены графики (рисунки 1-2).

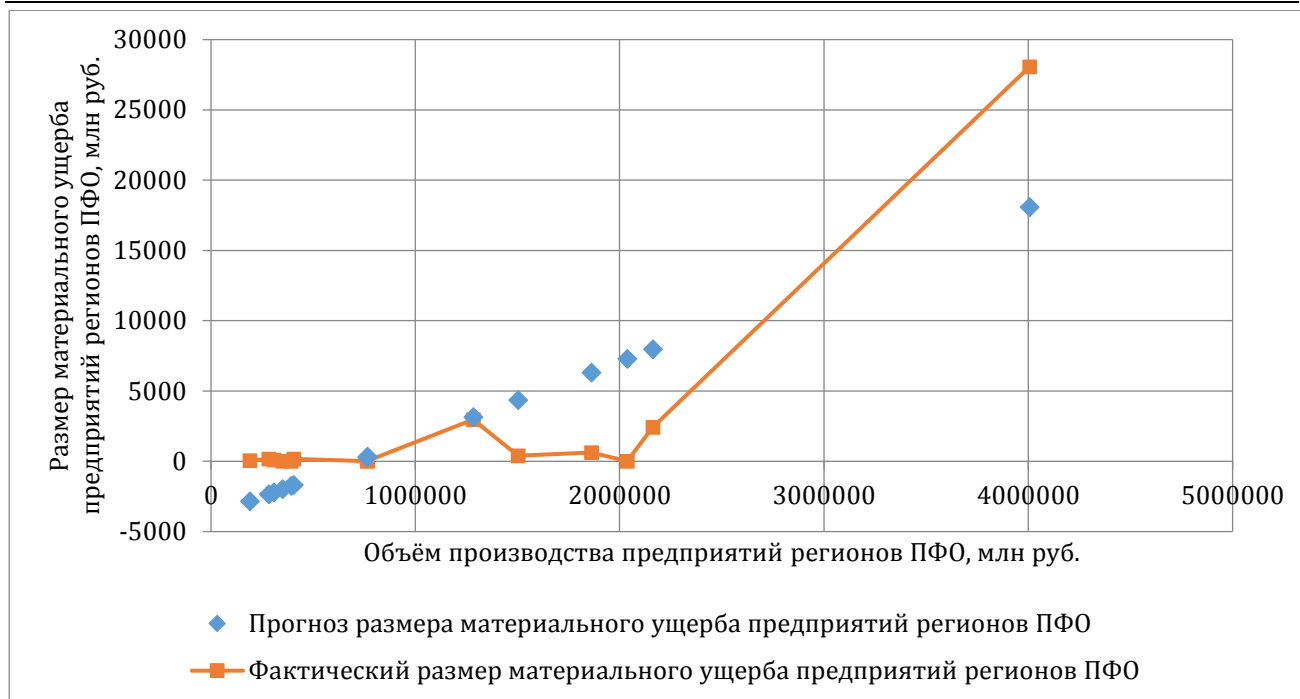


Рисунок 1. Прогнозные значения размера материального ущерба предприятий регионов ПФО, рассчитанные с помощью уравнения линейной регрессии, млн руб. за 2021 год

Анализируя полученный график, можно сделать вывод о том, что прогнозное значение линейной регрессии приблизительно совпадает в некоторых точках, но также наблюдаются отклонения.

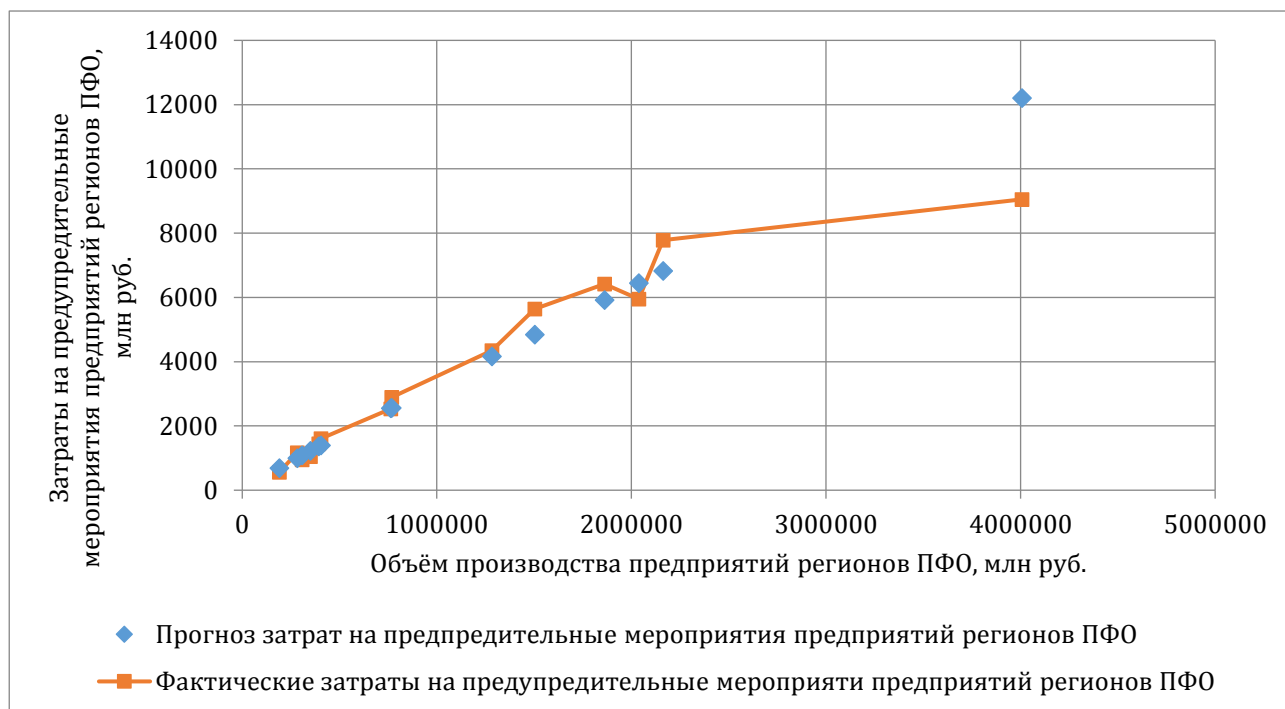


Рисунок 2. Прогнозные значения затрат на предупредительные мероприятия предприятий регионов ПФО, рассчитанные с помощью уравнения линейной регрессии, млн руб. за 2021 год

Анализируя полученный график, можно сделать вывод о том, что прогнозное значение степенной регрессий в больших точках совпадают с фактическими значениями, чем на предыдущем графике.

Таким образом, на основе результатов, представленных в таблице 3 и на рисунках 1 и 2, можно сделать вывод о том, что наиболее подходящие уравнения регрессии для модели являются линейное и степенное. Линейное - для отражения взаимосвязи материального ущерба и объёма производства, степенное - для отражения взаимосвязи затрат на предупредительные мероприятия и объёма производства. Модель анализа основных показателей, характеризующих промышленные риски, в условиях неопределённости для организации для ПФО, следующая (4):

$$\left\{ \begin{array}{l} U = -3888,14 + 0,01Q, \\ Z = 0,007Q^{0,94}, \\ Q \geq Q_{min}, \\ U \leq Z, \\ U \rightarrow \min. \end{array} \right. \quad (4)$$

Предложенную модель можно адаптировать под показатели других федеральных округов Российской Федерации, а также использовать в качестве основополагающей для компаний, занимающихся утилизацией последствий материального ущерба, то есть прогнозировать размер выручки, полученной от ПФО в случае ликвидации последствий ЧС на предприятиях. Дальнейшее направление исследования будет посвящено разработке моделей для предприятий, утилизирующих ущерб с учётом специфики данного ущерба.

Список литературы

1. Официальный сайт полномочного представителя Президента Российской Федерации в Приволжском федеральном округе – URL: <http://pfo.gov.ru/district/>(дата обращения 21.04.2022).

2. Юцис А.Э. Эффективный метод стратегического планирования как фактор, влияющий на устойчивое развитие промышленного предприятия // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 8 (110). С. 145-150.

3. Щепакин М.Б., Губин В.А., Хандамова Э.Ф. К разработке программы структурной модернизации промышленности региона // Экономика, предпринимательство и право. 2020. Т. 10. № 8. С. 2199-2218.

4. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2021 году» / - М.: МЧС России. ФГБ-ВОУ ВО «АГЗ МЧС России», 2022 - 264 с.

5. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2017 году» / – М.: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2018 - 376 с.

6. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2018 году» / М.: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2019 - 344 с.

7. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2019 г. : государственный доклад. – М. : МЧС России; ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2020. – 259 с.

8. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2020 году» / - М.: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2021 - 264 с.

9. Федеральная служба государственной статистики – URL: https://rosstat.gov.ru/working_conditions?print=1 (дата обращения 21.04.2022).

10. Федеральная служба государственной статистики. Промышленное производство https://rosstat.gov.ru/enterprise_industrial (дата обращения 21.04.2022).

11. Котенко А.П., Кузнецова О.А. Эконометрика. Множественная регрессия: Метод. указания к лабораторным работам по направлениям «Экономика», «Менеджмент», «Бизнес-информатика» / сост. А.П. Котенко, О.А. Кузнецова. Самара, 2016. 32с.

**THE MODEL OF STATISTICAL ANALYSIS OF THE MAIN INDICATORS OF
INDUSTRIAL RISK ASSESSMENT IN CONDITIONS OF UNCERTAINTY
(ON THE EXAMPLE OF THE VOLGA FEDERAL DISTRICT)**

D.Y. Ivanov, M.V. Klyovina

*Samara University,
Samara, Russian Federation*

Abstract. This article is devoted to the statistical analysis of indicators of the volume of production of industrial enterprises, the costs of preventive measures and material damage from the occurrence of a risk event at industrial enterprises of the Volga Federal District. Based on the analysis, a model of the relationship of the main indicators characterizing industrial risks in conditions of uncertainty has been developed.

Key words: industrial risks, uncertainty conditions, distribution function, statistical analysis, VFD.